

SOMMAIRE

<i>INTRODUCTION GENERALE</i>	14
<i>PREMIERE PARTIE. L'ESPACE DANS LA MODELISATION DES TRANSPORTS DURABLES DE FRET</i>	20
<i>INTRODUCTION : L'ORGANISATION TERRITORIALE DE LA FAÇADE MEDITERRANEEENNE ESPAGNOLE, FRANÇAISE ET ITALIENNE ET LES ECHANGES MARITIMES.....</i>	22
<i>CHAPITRE I. LA DIMENSION SPATIO-TEMPORELLE DANS LA DURABILITE DES TRANSPORTS PAR AUTOROUTE DE LA MER « ADM ».....</i>	38
<i>INTRODUCTION.....</i>	38
<i>Section I. AdM et transport routier de fret dans la modélisation du transfert modal : théories et concepts</i>	39
<i>Section II. L'espace et le temps dans le transport de fret.....</i>	50
<i>Section III. Les espaces logistico-portuaires dans la durabilité des transports de fret</i>	76
<i>CONCLUSION.....</i>	82
<i>CHAPITRE II. INTERACTIONS ET POTENTIEL SPATIAL DANS LES TERRITOIRES DES FLUX INTERNATIONAUX DU FRET.....</i>	84
<i>INTRODUCTION.....</i>	84
<i>Section IV. Principales données socio-économiques du transport international de fret : Niveau local et global.....</i>	87
<i>IV. 2. Principales données socio-économiques du transport international de fret : au niveau externe</i>	101
<i>Section V. Potentiel global dans le commerce international : Conceptualisation et méthodologie d'évaluation</i>	108
<i>CONCLUSION.....</i>	121
<i>DEUXIEME PARTIE. MODELISATION SPATIALE DE LA DURABILITE DES TRANSPORTS PAR AUTOROUTES DE LA MER</i>	124
<i>INTRODUCTION : DEUXIEME PARTIE</i>	126

<i>CHAPITRE III. MODELISATION SPATIALE DU CHOIX ET DU TRANSFERT MODAL: DU TRANSPORT ROUTIER VERS LES AUTOROUTES DE LA MER</i>	130
<i>INTRODUCTION.....</i>	130
<i>Section I. Le choix et le partage modal : Théories et conceptualisation d'un modèle de choix modal</i>	131
<i>Section II. Application du modèle sur les flux internationaux de fret</i>	183
<i>CONCLUSION.....</i>	213
<i>CHAPITRE IV. IMPACT DES AUTOROUTES DE LA MER SUR LA RESTRUCTURATION ET LA RECOMPOSITION SPATIO-TEMPORELLE DES AIRES D'ENTREPOT A L'HORIZON 2020.....</i>	216
<i>INTRODUCTION.....</i>	216
<i>Section III. Localisation des services de la logistique et des espaces à enjeux dans le transport international de fret</i>	217
<i>Section IV. Accessibilité spatiale dans le transport international de fret : Les Autoroutes de la Mer</i>	227
<i>Section V. Impacts environnementaux des restructurations spatiales du transport de fret....</i>	248
<i>Section VI. Propositions théoriques et méthodologiques des apports des dimensions géographiques dans le transport par AdM.....</i>	254
<i>Section VII. Propositions pour une mise en place d'une base de données sur le transport international des AdM</i>	260
<i>Section VIII. Politiques de promotion des modes alternatifs au transport routier : Rôle des acteurs et de la connaissance spatiale</i>	265
<i>CONCLUSION.....</i>	266
<i>CONCLUSION GENERALE</i>	269
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	294
<i>LISTES DES FIGURES.....</i>	307
<i>LISTES DES TABLEAUX.....</i>	312
<i>TABLE DES MATIERES</i>	315

SIGLES ET ABBREVIATIONS

ACA : Analyse Coûts Avantages

AdM : Autoroute de la Mer

ASRDLF : Association de Science Régionale de Langue Française

CBA : Cost Benefit Analysis

CEMT : Commission Européenne des Ministères de Transport

CGPC : Conseil Général des Ponts et Chaussées

CNR : Comité National Routier

CO₂ : Dioxyde de Carbone

DET : Distances Équivalentes de Transport.

DETCCM : Distances Équivalentes des Transports pour le Choix de Chaînes Multimodales.

DSS : Deep Sea Shipping

ESRI : Environmental Systems Research Institute

FNEM : Freight Network Equilibrium Model

INE : Instituto Nacional de Estadística

Inras : Input Raster

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economie

ISTAT : Istituto Nazionale di Statistica

LGV : Ligne à Grande Vitesse

NST : Nomenclature pour les Statistiques de Transport de marchandises

OCDE: Organisation de Coopération et de Développement Economiques

OD : Origine / Destination

Outras : Output Raster

PACA : Provence Alpes Côte d'Azur

P.E.I (E) : Potentiel Extérieur à l'Importation (ou à l'Exportation)

PGE : Potentiel Global à l'Exportation

PGI : Potentiel Global à l'Importation

P.I : Potentiel Interne

PIB : Produit Intérieur Brut

PREDIT : Programme de Recherche et d'Innovation dans les Transports terrestres

Reru : Revue d'Economie Régionale et Urbaine

Ro-Ro : Roll on - Roll off

Ro-pax : Roll – passengers

RTE-T : Réseau transeuropéen de transport

SEMA : la Société d'Economie Montagnarde de l'Ain

Sit@del : Système d'Information et de Traitement Automatisé des Données Élémentaires sur les Logements et les locaux.

SitraM : Système d'information sur les transports de Marchandises

SPE : Spatial Price Equilibrium Model

SSS : Le Short Sea Shipping

INTRODUCTION GENERALE

Les ports de Gênes et de Marseille, comme l'ensemble des ports méditerranéens, ont connu une croissance maritime essentiellement due à l'introduction du mode de transport conteneurisé. Cette évolution a placé le port de Gênes parmi les hubs portuaires -portes d'entrée de l'Europe- vers lesquels convergent les gros navires de transport de marchandises conteneurisées. Le port de Marseille-Fos, quant à lui, est devenu le deuxième port français, après le Havre, dans les liaisons maritimes par le transport à courte distance, dont la part des trafics qui passent par la voie du cabotage, est de 69% , comparativement à 31% de tonnes échangées par la voie des Deep Sea Shipping « DSS » (Transport maritime à longue distance). (Observatoire des Politiques et des Stratégies de Transport en Europe, 2013).

Les deux ports sont connectés à leur arrière-pays par les grands axes de communication, qui connaissent souvent des problèmes de congestion dus aux trafics de marchandises transportées par les poids lourds. Plusieurs solutions ont été mises en place, pour pallier la saturation des *grands corridors* de fret: une recherche menée aux Etats-Unis sur les côtes de la Californie a notamment démontré une réduction de 20% des congestions routières par l'installation du système de « *Pier Pass Policy* », qui est une régulation de mouvements d'entrée et de sortie de poids lourds aux heures de pointe sur les grands axes d'entrée des villes. D'autres solutions sont par ailleurs proposées pour diminuer ou dévier les trafics routiers vers les modes de transport alternatifs, mais leur impact reste limité et entravé par de nombreux problèmes liés à la continuité des services fournis par le transport routier et aux hésitations des chargeurs et des transporteurs à adopter les modes alternatifs qui leur sont proposés.

Parmi ces solutions, les AdM nous semblent être l'une des plus pertinentes pour réduire les problèmes de congestion et de pollution liés au trafic routier des régions côtières de la méditerranée. Les lignes maritimes proposées suivent un tracé parallèle aux tracés routiers. La grande différence réside dans le mode et le type de transport. Le transport par navire Ro-Ro est un mode de transport groupé dont la capacité de charge moyenne par navire peut atteindre ou dépasser 150 véhicules lourds par bateau. Mais il convient de toujours comparer ce mode de transport groupé, avec le transport routier, qui est, actuellement, le mode le plus convoité, par sa flexibilité et son niveau élevé de réponse aux attentes des usagers. L'enjeu est de taille car il s'agit d'un transfert modal et d'une réduction des flux routiers vers les AdM. Toutefois, pour parvenir à convaincre les transporteurs et les chargeurs, d'abandonner ce moyen de transport habituel, dont l'intérêt réside davantage dans sa flexibilité en matière de fréquences et dans sa fiabilité, que dans les coûts de transport, il faut parfaire la connaissance des systèmes d'échanges par AdM.

Le tableau 1 indique l'importance du trafic routier dans les échanges des territoires du sud de la France avec l'Italie et l'Espagne. Ces chiffres sur le potentiel de transfert modal et l'importance que revêtent les autoroutes de la mer dans les échanges méditerranéens de fret sont éloquents. Les avantages offerts par les nouveaux modes de transport dans les ports de

Gênes et de Marseille, comme celui des *Ferries* de marchandises et les navires *Ro-Ro* (Roll on-Roll off) ou *Ro-Pax* (transportant à la fois passagers et véhicules de fret) dont les parts de marchandises actuellement transportées représentent la moitié de l'ensemble des flux enregistrés, nous conduisent à réfléchir sur la pertinence des autoroutes de la mer dans une optique de durabilité des échanges de fret. La persistance des problèmes de gestion de flux de fret, qui alourdissent les circulations urbaines locales sur les grands axes d'approvisionnement des villes portuaires, porte à s'interroger sur l'efficacité des solutions mises en place, et le devenir des transports dans les espaces côtiers limitrophes des grands ports. Les impacts environnementaux et les problèmes de congestion routière étant fréquemment liés au nombre croissant de poids lourds en provenance ou à destination des unités logistiques et des unités de production et de consommation.

Tableau 1 : Echanges entre la région du port de Marseille et les pays voisins: opportunités de transfert sur les autoroutes de la mer.

Lieux d'échanges de marchandises par routes	Quantités transportées par voie routière en tonnes/an	Quantités échangées avec des régions en tonnes/an	Quantités à transférer sur les autoroutes de la mer
Bouches du Rhône-Italie	1.950.000	14.625.000 avec l'Italie du Nord.	693.000 t/an soit 27.720 camions ou semi-remorques.
PACA –Italie	3.465.000		
Bouches du Rhône-Espagne	1.115.000	669.000 avec la Catalogne	433.800 t/an soit 17.350 camions ou semi-remorques.
PACA-Espagne	2.169.000		

Source: Selon un rapport sur «*le cabotage maritime*», Du cabotage au grand large, IFM, juillet 2002.

Cette thèse propose de revisiter le transport par AdM, dans un souci de réduire les impacts environnementaux et spatiaux provoqués par les circulations des poids lourds sur les corridors de fret qui desservent les territoires du sud de la France, du centre et du nord de l'Italie ainsi que du centre et du nord-ouest espagnol, en démontant qu'il est l'une des solutions alternatives au mode de transport routier.

Notre projet de recherche intitulé « **Anticiper et évaluer la durabilité des transports internationaux de fret : Le rôle des Autoroutes de la Mer dans la réduction des émissions routières sur les hinterlands portuaires de Gênes et de Marseille** » cherche donc à explorer l'intérêt représenté par le développement du mode de transport par les AdM, dans les systèmes d'échanges méditerranéens par la voie des autoroutes maritimes.

La zone d'étude comprend : Le sud de la France, le nord et le centre-ouest de l'Espagne et le nord et le centre de l'Italie (Fig. 1).

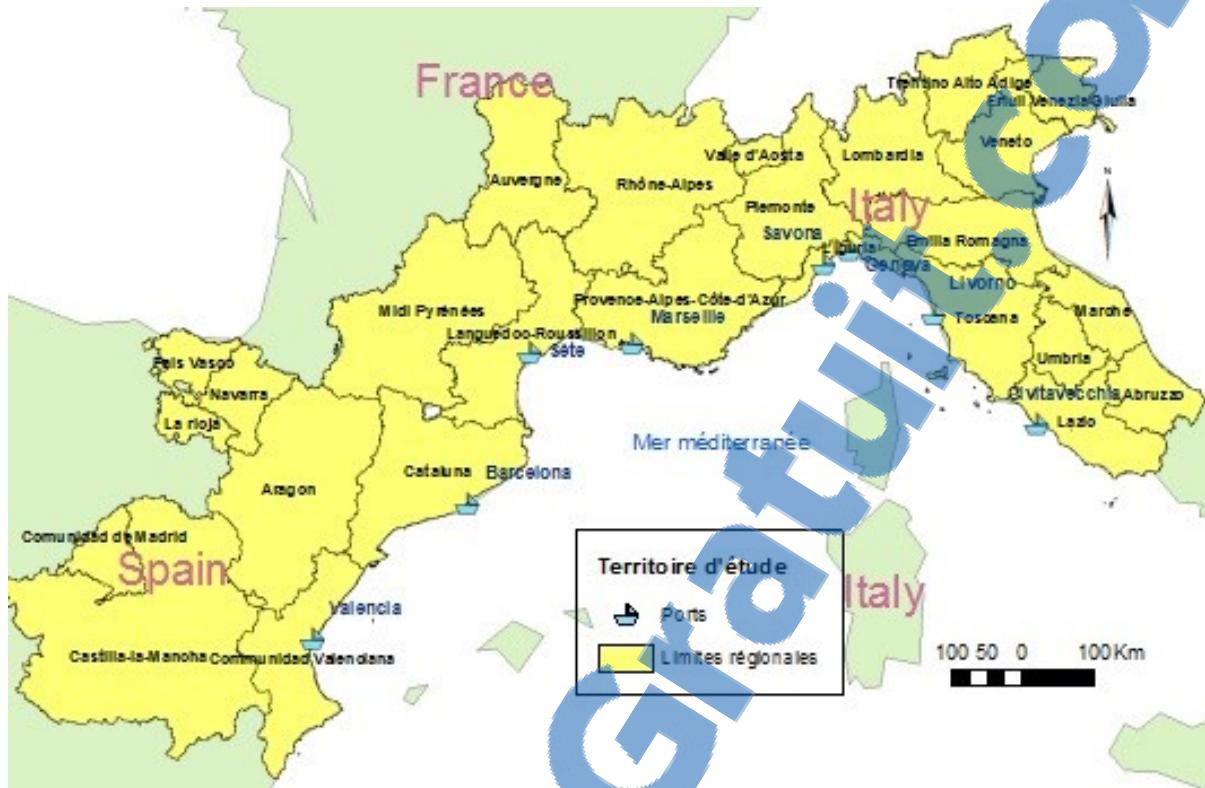


Figure 1 : Territoire et ports étudiés

Force est de constater que les trafics par les AdM ont du mal à s'intégrer dans les réseaux maritimes, malgré les avantages et le niveau d'impact élevé qu'elles représentent sur la suppression d'une partie des trafics de poids lourds dans les zones côtières. Parmi les obstacles majeurs qui empêchent ce développement figure l'absence de prise en compte de la dimension géographique dans l'aménagement de l'espace et l'organisation des flux de transport intermodal.

Le mode de transport par navires Ro-Ro et Ro-Pax, permet par exemple, la suppression d'une bonne partie des camions qui transitent sur les réseaux terrestres. La durabilité de ce mode de transport a un impact environnemental évident sur la réduction des émissions de CO₂ et sur l'allègement des congestions urbaines. Néanmoins, nous remarquons que le transport par Ro-Ro et Ro-Pax connaît un développement lent et une timide intégration face aux autres modes de transport qui l'emportent sur les AdM, au niveau européen et méditerranéen (13% seulement au niveau européen pour les 40% que représentent les trafics maritimes par le Short Sea Shipping « SSS »).

L'objectif de cette recherche est de mettre en évidence les pistes possibles de développement des AdM, par l'analyse spatio-temporelle des évolutions et des

dynamiques structurelles, à l'aide de la modélisation de choix modal et d'une démarche d'analyse des interactions spatiales. Dans une perspective de durabilité des transports et des aménagements, la question *du partage modal* dans le transport de marchandises qui caractérise les *relations maritimes et terrestres*, laisse apparaître la prédominance des acheminements par voie routière par rapport aux modes ferroviaires et des autres modes alternatifs. Les conséquences sur la *dégradation de l'environnement* que représente le trafic routier dans les territoires portuaires marseillais et génois sont en grande partie liées aux mouvements de poids lourds établissant des liaisons entre les ports et leur hinterland. Il s'en suit une dynamique des structures spatio-temporelles des aires des services d'entreposage adaptées et orientées en fonction des marchés de transport spécifiques à chaque mode de transport utilisé. Ce constat amène à raisonner d'abord sur les localisations des phénomènes ayant un rôle à jouer dans la promotion des AdM, puis, sur les recompositions et les structures spatio-temporelles potentiellement adaptées à ce mode de transport.

Cette problématique pose d'emblée deux questions majeures :

Question 1 : Comment repenser l'espace des flux qui caractérisent les échanges entre les territoires méditerranéens tout en respectant les enjeux du développement durable?

Question 2 : Quelles seront les réponses spatiales des AdM aux problèmes que soulève la congestion liée au trafic routier de fret ?

Nos hypothèses de départ sont alors les suivantes:

Hypothèse 1 : Les autoroutes de la mer ont un effet très important en termes de réduction des impacts spatiaux et environnementaux de la route, et des coûts élevés qui en résultent ;

Hypothèse 2 : Elles représentent un moyen de réduire la croissance du trafic routier prévu sur les axes de liaison transfrontalière entre la France et l'Italie, aux activités économiques des territoires et à la pression exercée sur l'environnement.

Pour répondre à ces questions et vérifier nos hypothèses, nous nous positionnerons à l'intersection des domaines de la géographie économique des échanges internationaux et de l'économie spatiale, en liens interactionnels avec l'ensemble du système des transports de fret. L'économie territoriale met en avant la répartition spatiale des activités de production et des entreprises et leur impact sur le développement des territoires. Ce domaine se distingue nettement de la géographie des transports dans la définition des territoires et dans la façon d'étudier les phénomènes spatiaux. Le territoire est un système complexe, défini par de relations particulières entre de nombreux acteurs.

Le domaine de la géographie des transports insiste surtout sur l'identification des liens et des interactions spatiales entre les différents objets spatiaux dans leur évolution structurelle.

Le défi de cette recherche est de pouvoir faire converger les deux domaines disciplinaires dans le but précis de « décortiquer » la problématique des transports internationaux de fret par

une prise en compte de l'espace et des facteurs géographiques relatifs au développement de ces échanges. D'un côté, l'économie spatiale se prête très bien à l'évaluation des coûts de transport et des impacts socio-économiques et environnementaux. Ces impacts sont simulés sur les réseaux de transport d'une façon opérationnelle et selon les stratégies utilisées par les acteurs dans leurs échanges. De l'autre, la géographie économique et les méthodes de l'analyse spatiale permettent de résister ces impacts dans l'espace des relations évoluant avec les temps et les nombreux facteurs qui interagissent dans la production et l'organisation des flux de transport. Elles offrent en outre la possibilité d'analyser les recompositions et les restructurations spatio-temporelles des aires de services du transport et de la logistique, renforçant ainsi les connaissances spatiales sur les échanges internationaux de fret.

Du point de vue méthodologique, les modèles développés sur l'analyse spatiale des échanges extérieurs dans les transports de fret prennent difficilement en compte l'espace et le temps dans le processus global des échanges. Nous proposons de revisiter les théories et les concepts d'espace et de temps dans le commerce extérieur et plus particulièrement dans le transport international de fret.

Nos questionnements concernent l'organisation des chaînes de transport terrestre, depuis les débuts des chaînes d'approvisionnements en matières premières et des pré-acheminements vers les ports maritimes de départ, jusqu'au terme des distributions finales, à partir des ports de destination des bateaux Ro-Ro et des autres modes de transport. Quelle est la manière durable de répondre aux attentes des clients, sans porter préjudice, au niveau environnemental et sociétal, aux zones côtières, déjà en proie aux nuisances des circulations urbaines locales ? Quelle peut être la réceptivité au transport par les AdM, à Gênes et à Marseille, compte tenu des caractéristiques spatiales de leurs systèmes logistiques, des organisations productives en amont et en aval de l'activité portuaire, et de l'inertie des systèmes d'infrastructures et d'acteurs ? Quels peuvent être en revanche les impacts de l'essor des AdM, ou bien de leur échec, sur l'évolution de ces systèmes spatiaux ?

Il s'agit d'analyser les interactions spatiales entre les unités de production de génération de flux vers les entités portuaires de transit de bateaux de transport à courte distance par une démarche qui intègre la gestion par les flux des interactions territoriales entre les différentes unités des arrière-pays des deux ports étudiés.

Cette recherche s'organise en deux grandes parties, subdivisées chacune en deux chapitres. La première est consacrée aux fondements théoriques et méthodologiques des facteurs géographiques du choix modal et de la durabilité des transports de fret. La seconde partie, quant à elle, analyse les résultats du transfert modal et les recompositions spatio-temporelles des aires d'entreposage aux services des AdM. Cette subdivision est dictée par la complexité des phénomènes étudiés (réseau/territoire/espace) et par la diversité des territoires méditerranéens. Les deux premiers chapitres qui composent la première partie sont les suivants :

- Premier chapitre : nous portons l'attention sur les concepts et les théories pouvant apporter une explication sur le transport international de fret. Les dimensions de l'espace et du temps jouent un rôle important dans les échanges internationaux par AdM. La durabilité des transports de fret passe par la recherche d'une réduction des impacts socio-économiques et environnementaux des flux routiers. La trilogie « espace-temps-durabilité » constitue la base fondamentale du positionnement de cette recherche.
- Second chapitre : nous considérons les variables ayant une influence plus directe sur l'évolution et sur les dynamiques spatio-temporelles du transport international de fret. Les principales variables choisies sont regroupées autour des thématiques suivantes : la production, la consommation, le système logistique, les valeurs monétaires à l'importation et à l'exportation, les activités de transport et les facteurs environnementaux. Ces variables sont étudiées en fonction de leur évolution dans le temps et de leur répartition spatiale, ce qui permet de saisir d'emblée leurs niveaux d'influence sur le transport en général ainsi que sur les interactions entre ces variables.

La seconde partie comprend également deux chapitres :

- Chapitre trois : nous procédons à une modélisation spatiale des flux de transport de fret entre l'Espagne, la France et l'Italie. Les simulations faites par le modèle gravitaire permettent de déterminer les parts de marchés relatives au transport routier et aux AdM, en fonction de paramètres basés sur les coûts de transport et les impacts socio-économiques et environnementaux.
- Chapitre quatre : nous effectuons une analyse spatiale des aires des services d'entreposage potentiel pour le développement et le fonctionnement du transport par AdM, par comparaison au mode de transport routier. Cette analyse se limite à l'étude de l'hinterland portuaire Marseillais dans ses échanges avec les régions Italiennes de Lazio, Liguria et Lombardia. La variation spatio-temporelle des aires de services d'entreposage est interreliée aux parts de marchés des AdM et aux avantages de coûts de transport et des impacts socio-économiques et environnementaux étudiés dans le troisième chapitre. Les mesures d'accessibilité spatio-temporelle aux aires de services d'entreposage renseignent en effet sur la localisation spatiale et les recompositions survenues en fonction des avantages offerts par les AdM.

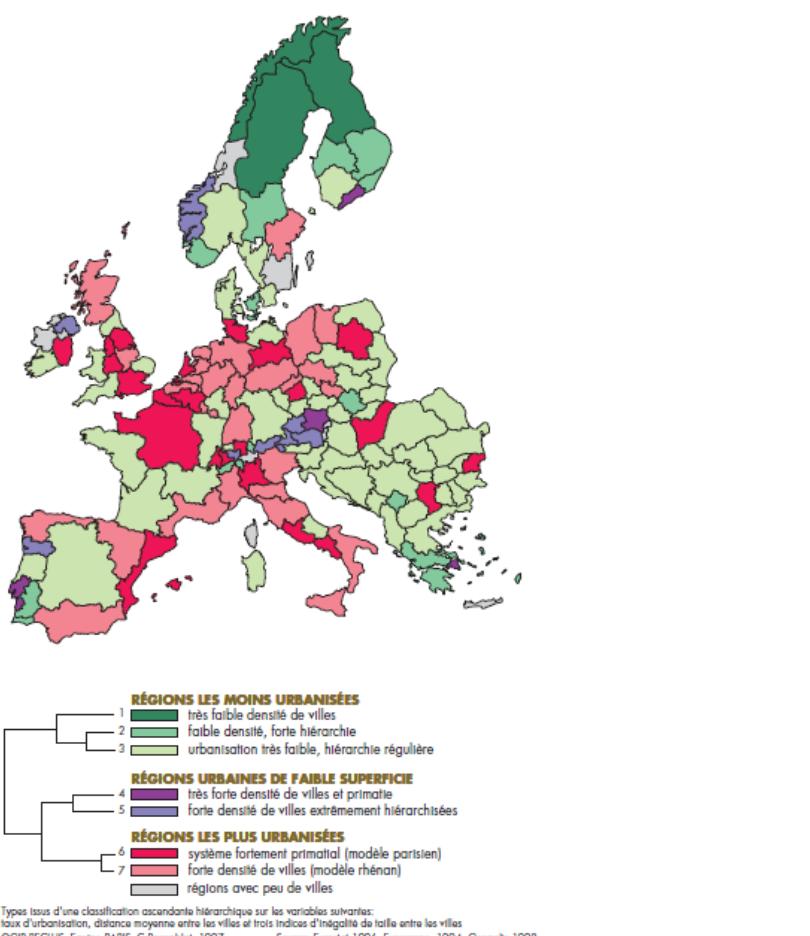
Enfin, nous terminons cette recherche par des propositions et des recommandations pour la promotion de l'usage des modes alternatifs au transport routier de fret, et plus particulièrement, des AdM en lien avec la durabilité des transports évoquée depuis le début de ce travail. Nous insistons surtout sur la dimension spatiale dans les nouvelles stratégies de promotion des AdM.

PREMIERE PARTIE. L'ESPACE DANS LA MODELISATION DES TRANSPORTS DURABLES DE FRET

INTRODUCTION : L'ORGANISATION TERRITORIALE DE LA FAÇADE MEDITERRANEEENNE ESPAGNOLE, FRANÇAISE ET ITALIENNE ET LES ECHANGES MARITIMES

1) L'organisation du territoire des régions qui bordent la Méditerranée, du détroit de Gibraltar au détroit de Messine.

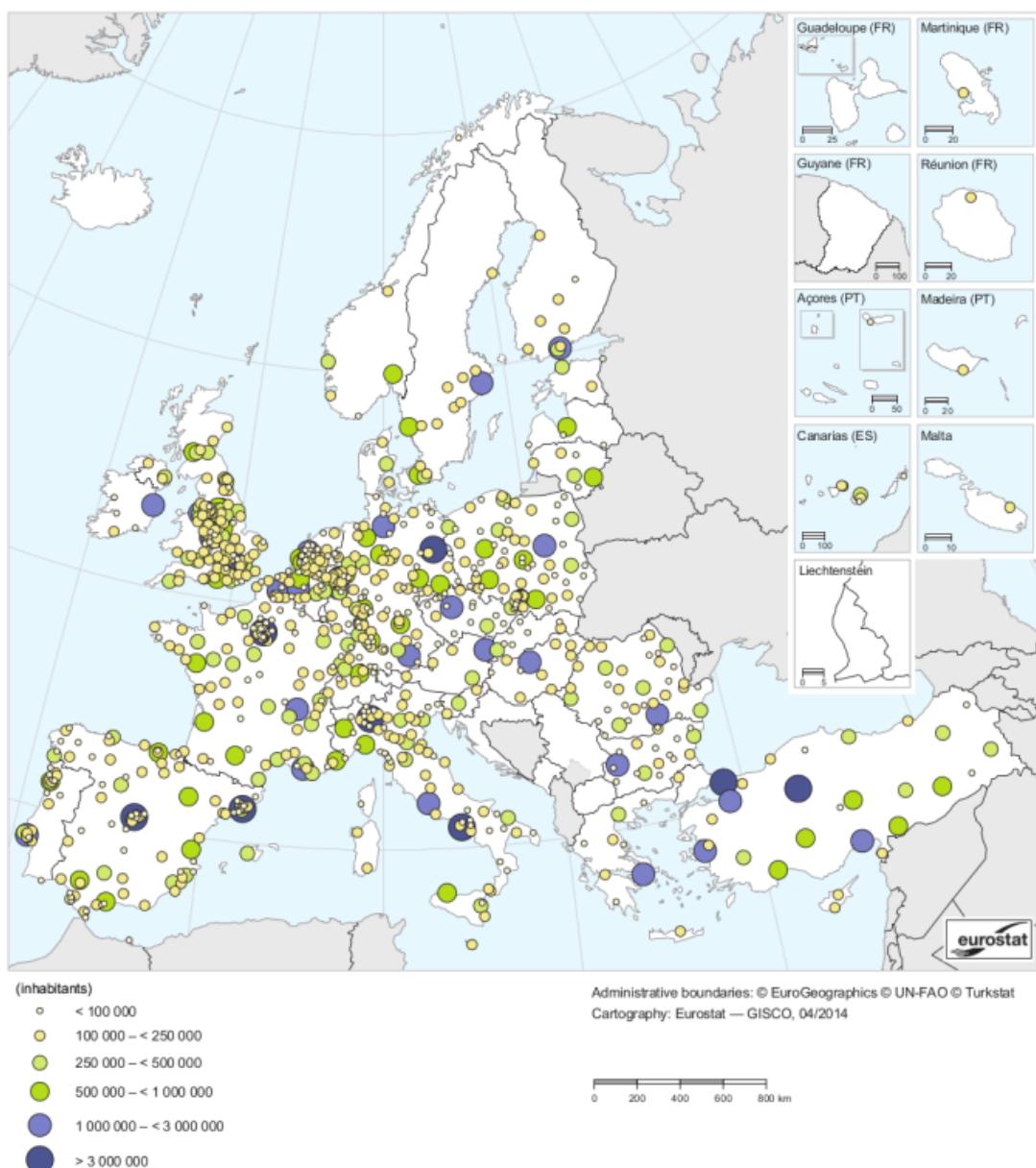
La façade méditerranéenne compte parmi les régions les plus anciennement urbanisées. La densité des villes varie d'un bout à l'autre de l'arc méditerranéen. « Des portions de réseau à mailles lâches alternent avec des secteurs à maille serrée. Ces dernières recouvrent pratiquement toute la partie centrale de l'arc » (Viron-Canicio, 1992). La typologie des systèmes urbains régionaux européens range le système urbain des régions littorales méditerranéennes soit dans le type polycentrique (modèle rhénan) soit dans le type primatial (modèle parisien) correspondant aux nébuleuses urbaines autour des métropoles de Valence, Barcelone, Rome et Naples (Fig. 2). Le système urbain se développe de manière anisotrope le long des axes côtiers et s'oppose à l'arrière-pays au plus faible taux d'urbanisation (Fig.3).



Source : Céline Rozenblat, 2004.

Figure 2: Systèmes urbains régionaux en Europe en 1990

Total resident population in the Urban Audit core cities, 1 January 2012 (⁽¹⁾)
(inhabitants)



(⁽¹⁾) For some cities an alternative reference period has been used, the exceptions are too lengthy to document; the information presented in the map relates to the most recent data available for each city. Bulgaria, Ireland, Greece, Paris (greater city), Latvia, Lithuania, Malta, Poland, Portugal and the United Kingdom: estimates. Dublin, Athina, Barcelona, Bilbao, Paris, Milano, Napoli, Amsterdam, Rotterdam, Lisboa, Porto, Helsingør / Helsingborgs, Stockholm, London, Liverpool, Leicester, Portsmouth, Greater Nottingham, Southend-on-Sea, Reading, Preston, Zürich, Genève, Basel, Bern, Lausanne, Luzern and Lugano: greater city.
Source: Eurostat (online data code: [urb_cpop1](#))

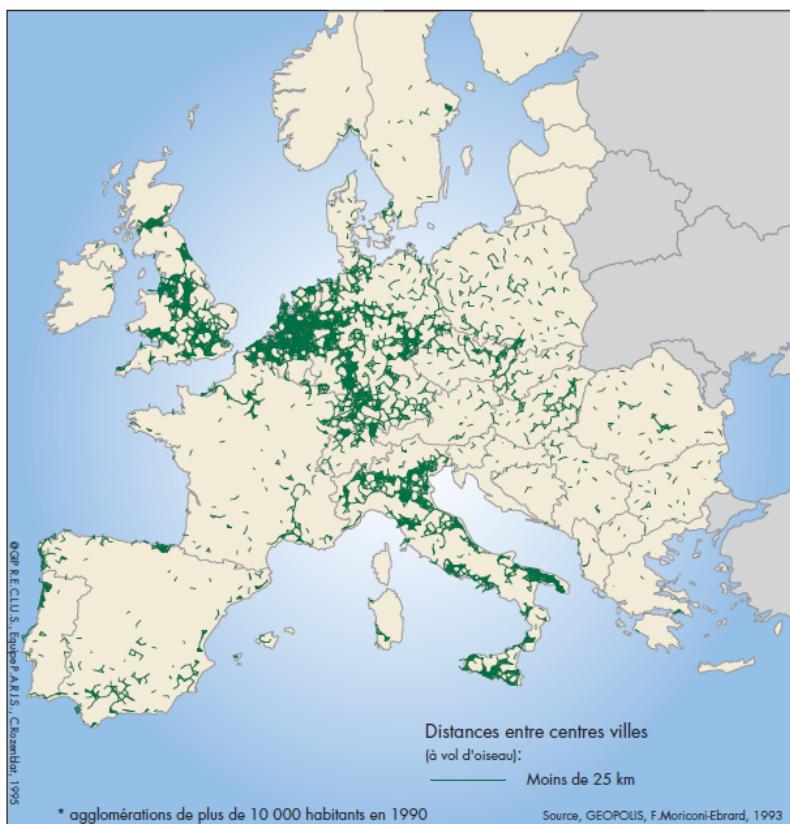
Source : Eurostat, 2014.

Figure 3: La population totale résidant dans les centres urbains au premier avril 2012

Le commerce international de fret implique un fonctionnement en réseau d'échanges commerciaux. Comment le système urbain méditerranéen s'insère-t-il dans le réseau des villes européennes sur la base des critères d'échanges commerciaux internationaux ? Depuis la nuit des temps, les réseaux de villes « étaient fondés sur une volonté de maintenir des

territoires indépendants et libres de développer leurs échanges commerciaux » (C. Rozenblat, 2004). La mise en réseau des villes entraîne des processus de complémentarité et de partage d'équipements favorables à l'intégration des villes à des courants économiques majeurs, comme le suggère C. Rozenblat.

Au sud de la France, un réseau de villes distantes de 25 à 50 km (et/ou 60 minutes) se distingue sur le littoral entre les ports de Sète, de Marseille, de Toulon jusqu'à Nice. Ce réseau est relié par la vallée du Rhône au grand réseau du centre-est de la France, lui-même relié au réseau continu et dense de l'Europe centrale (Fig. 4). Le maillage de zones de fortes densités en Italie du centre et du nord est plus dense et continu, à l'exemple de l'Europe centrale. Tandis que du côté espagnol, deux réseaux s'individualisent, sur la façade méditerranéenne, le réseau catalan et le réseau valencien.

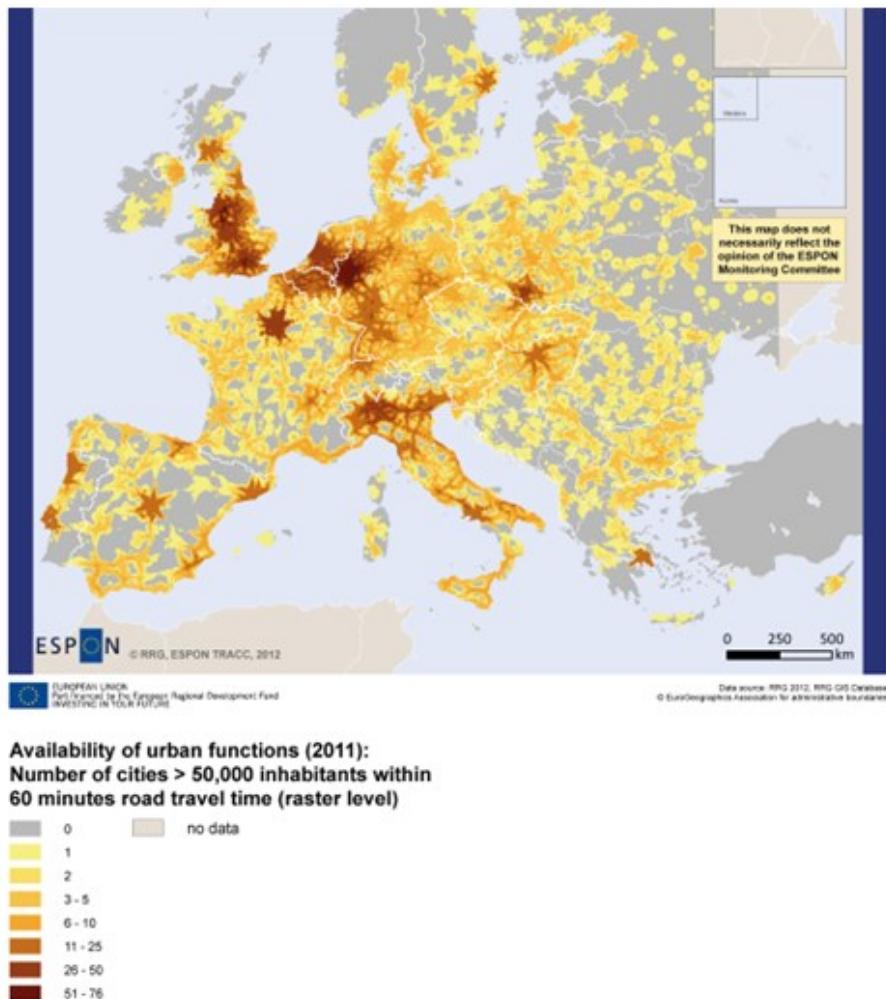


Source : Rozenblat 2004

Figure 4: Le maillage des villes européennes : agglomérations distantes de 25 à 50 km.

La proximité des villes selon la distance à vol d'oiseau ne suffit pas pour bien exprimer les opportunités de relations et d'échanges entre les foyers urbains. Les travaux d'ESPON réalisés ces dernières années ont cherché à caractériser la relation entre les villes, non seulement par les distances qui les séparent, mais surtout par le type de réseau d'infrastructures de transport existant entre les villes (<http://www.espon.eu/>).

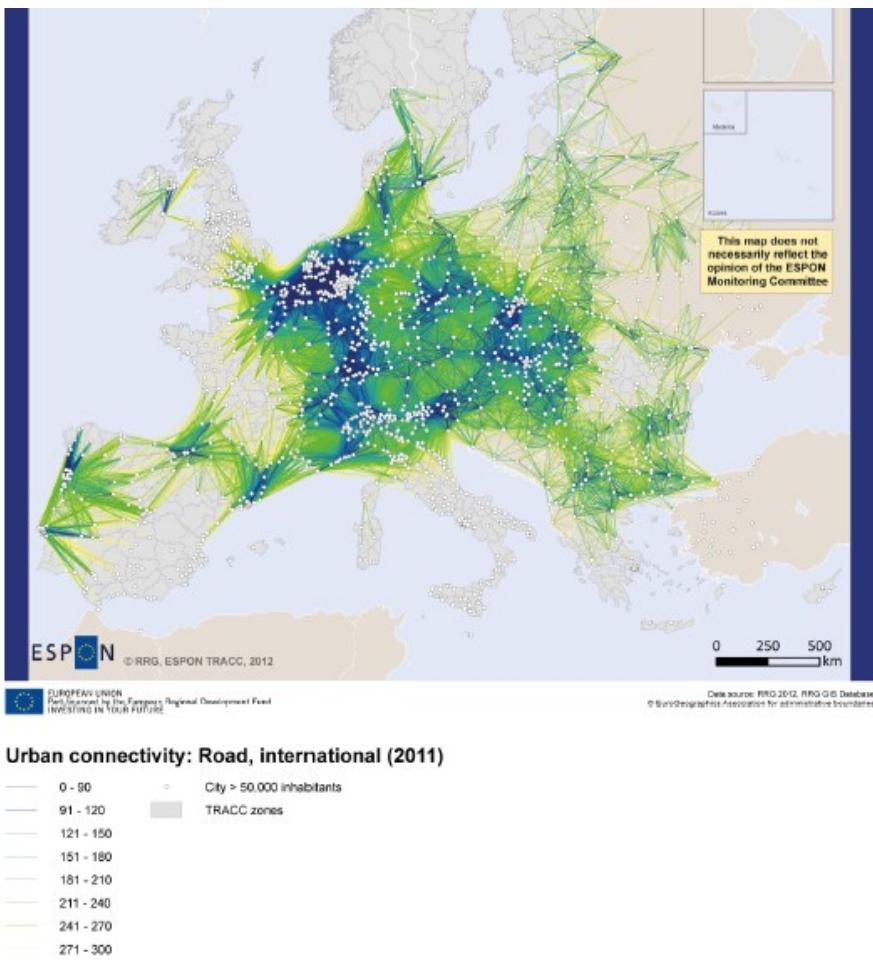
La connectivité urbaine par les services de transport routier au niveau international révèle les grands foyers de production et de consommation générateurs des flux, bien localisés autour des villes de plus de 50.000 habitants (Fig. 5).



Source : ESPON, <http://www.espon.eu/>

Figure 5: Accessibilité aux fonctions urbaines : routes

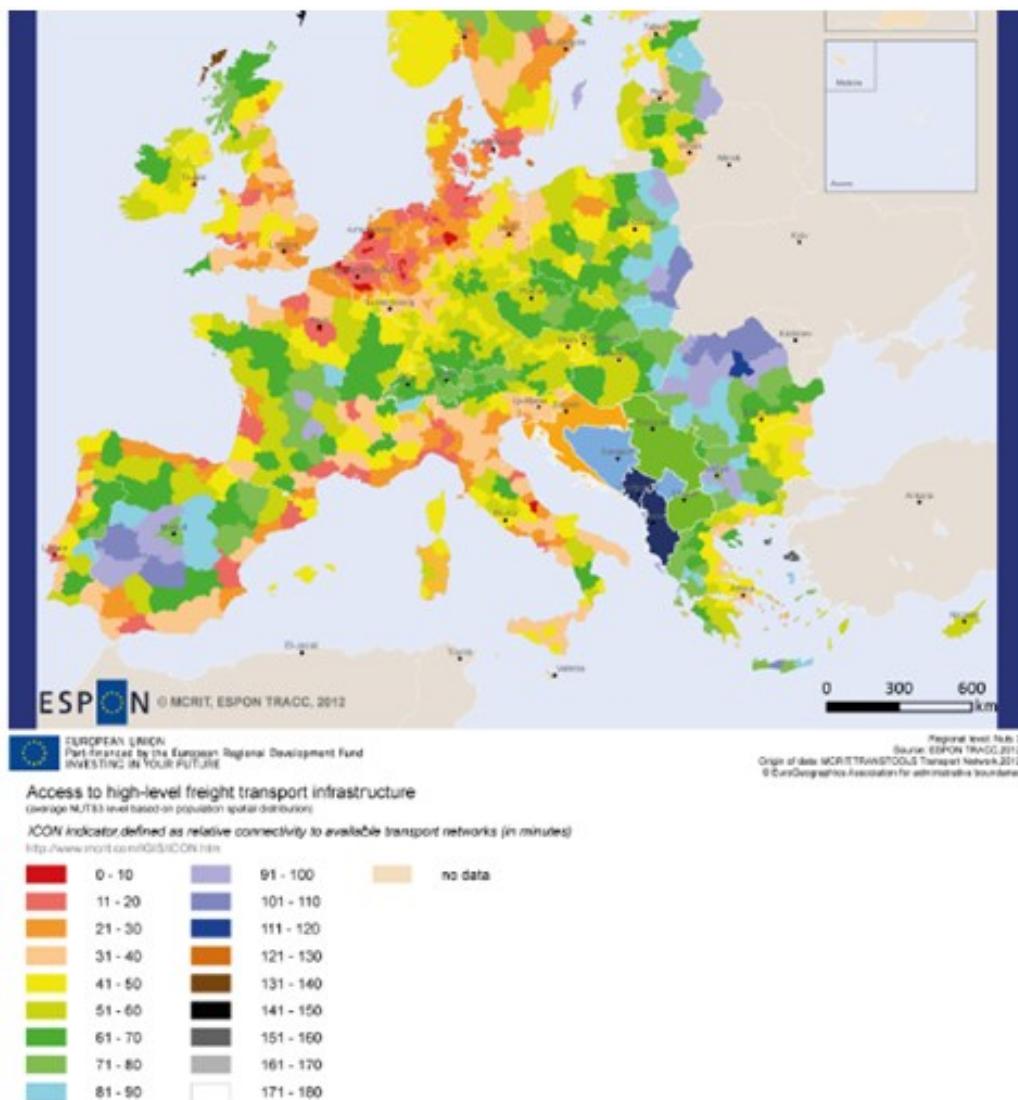
Cette connectivité urbaine est intense dans les relations interétatiques et transfrontalières. Les échanges entre la France et le Benelux, la France et l'Allemagne, La France et l'Espagne et le nord de l'Italie reflètent l'importance de la proximité des villes dans les échanges internationaux. Un maillage dense est observable au centre de l'Europe et une dégradation progressive des échanges vers les périphéries (Fig. 6). Les échanges denses par les infrastructures de transport routier sont bien localisés en Europe méditerranéenne entre la région catalane et l'extrême sud de l'Italie. Au-delà de ces territoires, d'autres modes de transport, comme le rail ou la voie aérienne deviennent plus performants.



Source : ESPON

Figure 6: Connectivité urbaine : Route au niveau international (2011)

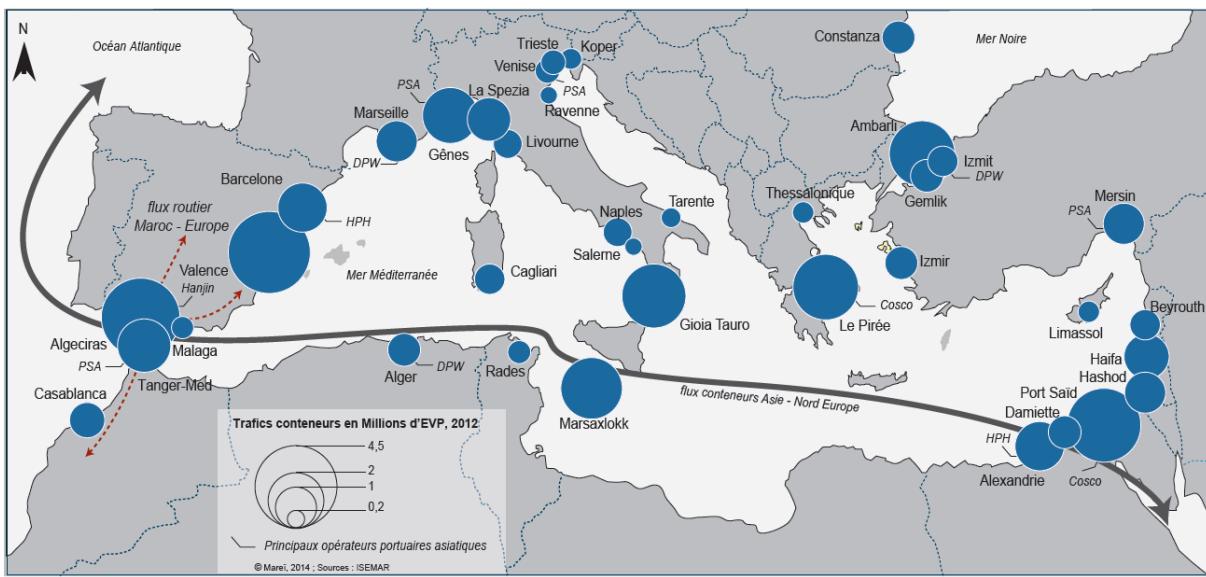
La figure 7 représente l'accessibilité des villes par rapport aux infrastructures de transport dans le domaine du fret. L'accessibilité aux services de fret est mesurée en fonction de la distance temps exprimée en minutes (toutes les dix minutes jusqu'à trois heures). Pour des distances inférieures à 50 minutes, deux grandes zones se distinguent : la grande région située entre le Pays-bas, la Belgique, le Danemark, le Royaume-Uni, le Luxembourg, l'Allemagne et le nord de la France, ainsi que les territoires littoraux méditerranéens dans leurs prolongements vers l'Italie. La troisième zone des régions se situent en Europe centrale et derrière les territoires littoraux (jusqu'à une distance de 80 minutes). Les territoires les moins accessibles aux infrastructures de transport de fret sont ceux de l'Europe de l'est, du sud-est de la mer Adriatique et du centre de l'Espagne. L'accessibilité à une fonction de transport de fret ne montre pas de corrélation avec les systèmes urbains dans certaines situations.



Source : ESPON, <http://www.espon.eu/>

Figure 7: Accessibilité urbaine aux grandes infrastructures de transport de fret

Le lien est étroit entre les plus grands ports de commerce, les grandes régions urbaines, la dimension de leur hinterland et les infrastructures de communication. Cependant, la relation entre l'économie urbaine et l'activité portuaire est très variable, elle dépend du type de marchandises échangées et de l'intégration spatiale de l'activité portuaire dans la ville. La carte du trafic conteneurs des ports de la Méditerranée est à cet égard révélatrice. Si, la métropole de Valence abrite le premier port de Méditerranée pour le trafic de conteneurs, en revanche, le port de Gioia Tauro, situé dans une ville du sud de l'Italie, de moins de 20000 habitants, a un trafic de conteneurs bien supérieur à celui de grandes métropoles comme Gênes ou Marseille (ISEMAR, 2015).



Source : « La Méditerranée maritime et portuaire (2000-2012) » Carte ISEMAR

Figure 8: Les ports de la Méditerranée et leur trafic conteneurs en 2012

2) Le périmètre d'étude : l'arc central, de Valence à Civitavecchia

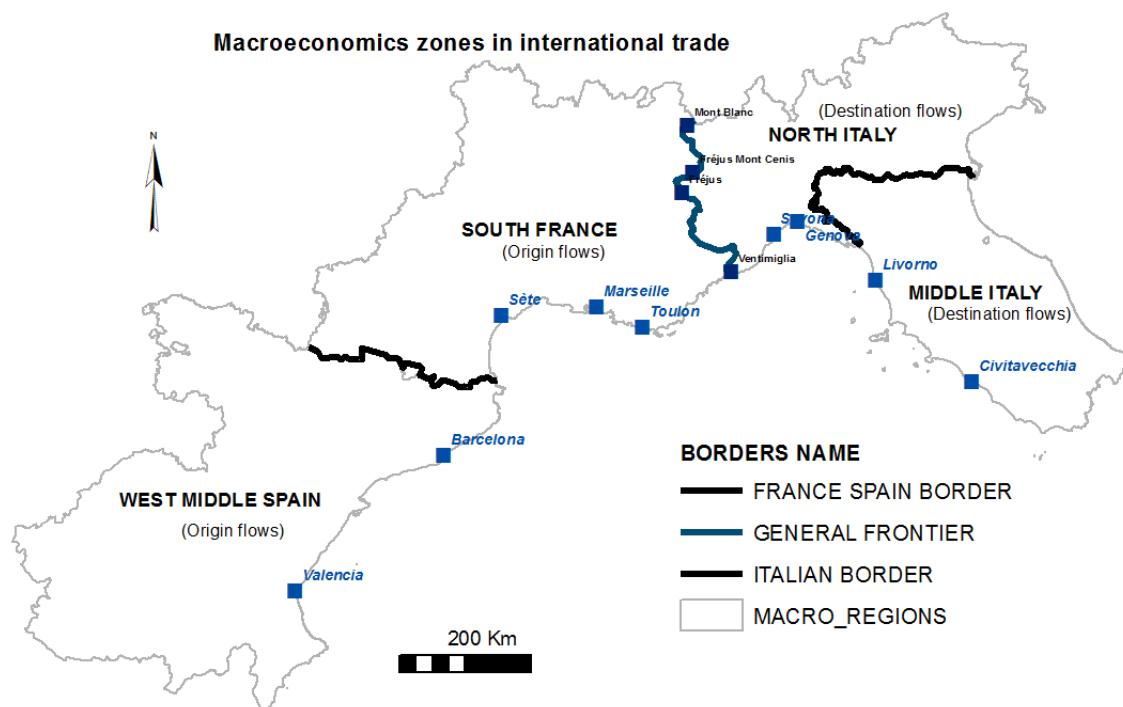
Le périmètre d'étude correspond à un territoire-test, servant à étudier la possibilité de création d'un réseau d'AdM continu entre les ports proches de l'Europe méditerranéenne. Le transfert modal vers ce mode alternatif exige un parcours caractérisé par un trajet maritime long et des derniers trajets routiers faibles. En se basant sur ce critère, l'idée principale était d'explorer, dans les limites des ports les plus proches possibles, le fonctionnement d'une courte ligne maritime (exemple : de Gênes à Sète environ 600 km) en faisant intervenir les aspects spatiaux et environnementaux. La restriction à cet espace, constitue un territoire-test, pour un modèle pouvant être expérimenté partout ailleurs où les facteurs sont favorables. Le port de Civitavecchia et son territoire, et le port de Valence et son territoire, constituent les deux limites portuaires les plus éloignées du terrain d'étude. Le port de Civitavecchia est par exemple relié à la Sicile, à la Sardaigne, à la Tunisie et au port de Barcelone. La présence des lignes opérationnelles est une base de réflexion pour explorer les lignes de projet. Tout comme la présence d'une longue expérience dans les échanges maritimes à courte distance. Nous avons donc choisi ces ports, aussi bien par un souci expérimental que par une volonté de partir des expériences du passé.

La délimitation sur une partie du territoire italien, espagnol et français, est aussi dictée par une recherche d'équilibre entre la longueur kilométrique du littoral séparé par la frontière franco-italien. Etudier l'AdM sur de courtes distances revient donc à pouvoir se positionner d'une façon plus formelle sur les trajets routiers congestionnés et transférables vers la voie maritime. Le modèle développé s'inscrit en outre dans une problématique de création d'un réseau d'AdM complémentaire entre les ports proches. À une étude basée sur les lignes d'origine et destination bien fixes, nous substituons une démarche qui cherche à explorer

l'exhaustivité des apports de l'espace en intégrant tous les flux et tous les trajets quelle que soit leur importance.

Pour rester dans un contexte international des échanges entre ces trois pays, il était nécessaire de délimiter une partie des territoires et de focaliser l'attention sur les flux portuaires allant d'un pays à un autre. Or, inclure les ports les plus éloignés comme les ports d'Algéciras et Malaga en Espagne, Naples, Gioia Tauro et Palerme en Italie, revenait à traiter les lignes nationales. Ce qui est tout à fait différent des échanges internationaux où les différenciations spatiales et réglementaires sont pertinentes d'un point de vue stratégique.

Le territoire d'étude a été subdivisé en quatre macro-régions parmi lesquelles deux seront considérées comme les zones d'émissions (origine) et les deux autres représenteront les zones d'attraction (destination), selon la direction des flux (la France et l'Espagne vers les deux régions d'Italie et de l'autre côté, des régions d'Italie vers la France et l'Espagne) (Fig. 9).



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 9: Zones macro-économiques à l'origine et à la destination des flux de transport international

Les zones d'émission sont considérées comme les flux directionnels issus du mouvement d'exportation de biens, tandis que les zones d'attraction sont issues des mouvements d'importation de biens en provenance de l'étranger.

La zone macro-économique considérée comme l'origine des flux inclut l'ouest et le centre espagnol, le sud français d'un côté, de l'autre, en Italie, la zone macro-économique considérée

comme destination des flux inclut le nord et le centre italien (Fig. 9). Ce schéma sera repris pour l'évaluation des dynamiques spatiales internes et externes.

Dans les lignes qui suivent, les ports étudiés sont resitués dans leur contexte territorial, en analysant les rapports et les liens qu'ils entretiennent avec l'aire urbaine et l'espace avoisinants.

Le port de Gênes, dans sa ville et son hinterland :

Le port de Gênes est l'un des plus importants ports de la méditerranée. Il se trouve au centre d'un triangle d'échanges du nord de l'Italie, composé principalement des territoires de Milan, de Turin et de Gênes. Sa capacité d'accueil de gros navires de conteneurs et son offre - considérablement variée dans tous les secteurs de la navigation maritime à longue et à courte distance- lui procure aujourd'hui de la notoriété dans les échanges internationaux. Le port de Gênes est surtout réputé dans le transport par Autoroutes de la Mer, par ses nombreux armateurs maritimes opérant sur plusieurs lignes méditerranéennes et dont, la croissance enregistrée au cours de ces dix dernières années ouvre un champ de possibilités pour de nouvelles connections.

Le port de Gênes se caractérise, dans ses ambitions, par l'accroissement de sa position nationale et internationale, par une consolidation des marchés nationaux et une ouverture de plus en plus tourné vers les pays voisins à travers les dessertes des grands corridors européens. Ainsi, le port vise surtout à pouvoir intégrer correctement les liaisons Gênes-Rotterdam en passant par plusieurs sites intermodaux. L'ouverture vers les pays voisins méditerranéens passe par le biais du transport maritime à courte distance (conteneurisé ou par les services Ro-Ro et Ro-Pax).

Le port de Gênes dans son espace urbain :

Tout port, en plus de la ville dans laquelle il est implanté, s'inscrit également dans le système territorial de son hinterland, dont l'efficacité tient beaucoup au niveau d'accessibilité et d'intermodalité des services offerts. Le port de Gênes, comme d'ailleurs tous les ports italiens faisant l'objet de notre recherche, sont implantés dans une zone de dynamique urbaine intense, caractérisée par les échanges réciproques entre la ville et le port. Ces échanges génèrent de la création d'emploi urbain, mais sont aussi source de conflits et de tensions émanant de l'acceptabilité des infrastructures et activités portuaires et des problèmes qui en découlent, pour la vie quotidienne des citadins. La ville portuaire méditerranéenne est en général, dans sa morphologie, caractérisée par un manque flagrant d'espace d'aménagement pour accueillir les nouvelles infrastructures portuaires, surtout du fait d'une pression urbaine croissante et des contraintes naturelles qui réduisent les possibilités d'extension pour le port. Pour répondre à ce problème d'espace, des projets colossaux sont mis en place, dans le but de

gagner de nouveaux espaces maritimes, et ainsi, se positionner au niveau des autres grands ports, mieux nantis en espaces.

L'urbanisation des villes côtières et des villes de son hinterland, intègre parfaitement les services portuaires dans l'aménagement des infrastructures et des superstructures. Les lieux logistiques, les ports secs, les plateformes logistiques d'un niveau européen, les corridors de fret intermodaux et les services urbains de desserte des derniers km, sont les marques des grands aménagements et de la gestion spectaculaire caractéristique d'un urbanisme tourné vers le port.

Les régions industrielles de l'hinterland portuaire de Gênes et des autres ports italiens:

Le système industriel italien est basé sur le développement des districts industriels et de grandes entreprises multinationales. Un district industriel est défini comme « un système d'entreprenariat local qui s'est bâti sur des activités économiques traditionnelles à l'origine de la proto-industrie d'il y a cent ans ou deux cents ans (Mendels, 1972, Dewerpe, 1985, cités dans Bruno Courault, 2000), c'est-à-dire, d'une petite industrie à la campagne destinée à satisfaire aux marchés locaux, mêlant travail à façon, travail à domicile et petits ateliers, et employant une main d'œuvre abondante. Ce système s'est développé dans un contexte concurrentiel fort qui a contraint les hommes à rechercher eux-mêmes la meilleure efficacité individuelle. (Bruno Courault, 2000)

Les districts industriels doivent leur réussite en Italie à la notion de proximité par rapport aux marchés, aux notions d'appartenance aux groupes et au territoire, aux types de biens produits qui sont essentiellement pour la consommation locale ainsi qu'aux aides et appuis des institutions et organismes locaux puissants. Ces districts s'adaptent et s'insèrent dans un cadre général d'entreprises régies par le nouveau développement entrepreneurial et une concurrence fondée sur l'innovation du système industriel.

Les PME-districts italiens restent dominants surtout au centre et au nord-est italien malgré les nouvelles évolutions de la mobilité professionnelle et sociale et les régulations locales liées aux politiques régionales.

- Le port de Marseille et son territoire :

Nous présentons le port de Marseille et de Sète, comme les deux portes d'entrée du sud de la France, en liaison avec leur région et leur hinterland via le Rhône.

A la différence de Gênes, l'entrée du sud de la France, vise surtout la connexion avec le nord de la France, notamment les ports du Havre et le bassin parisien. Les grands projets d'avenir du port, cherchent à affirmer son rôle dans les dessertes intermodales du grand corridor de fret sud-nord. L'hinterland du port de Marseille et de Sète, reste une notion très difficile à

délimiter spatialement. Le seul moyen de mesurer l'influence du port sur son territoire est la territorialisation des aires logistiques et des activités de transport de marchandises passant par ce port. D'où donc, un besoin important de connaître le rôle exact joué par le port dans les villes desservies et la nouvelle façon d'orienter les aménagements urbains aux services de la compétitivité portuaire.

Loin des infrastructures de liaison intermodale, fluviale et terrestre, le manque d'espace se pose également dans les villes portuaires du sud de la France, au même titre qu'en Italie. Les ports méditerranéens ont besoin de plus d'espace pour l'extension des lieux d'accueil de nouveaux projets et leur positionnement face aux services de plus en plus croissants des échanges de longue distance et de courte distance avec les pays voisins. Les possibilités de navigation fluviale le long du Rhône offrent une opportunité pour le port de Marseille, d'atteindre les pôles logistiques de son système urbain dont la ville de Lyon constitue l'une des principaux pôles importants de son hinterland. Le triangle italien de l'hinterland portuaire génois -reliant les pôles de Gênes, de Milan et de Turin- donne lieu au sud de la France d'une morphologie plus linéaire autour des grands axes de desserte des principaux nœuds du réseau urbain (Lyon, Avignon, Aix en Provence et Montpellier).

Le port développe actuellement plusieurs projets autour de la relation ville-port. Tous les aménagements et les grands projets s'insèrent dans un cadre général ayant pour objectif de concilier le développement *des installations portuaires sur le réseau viaire et les transports collectifs, en des schémas organisationnels choisis pour enrichir la relation ville-port*¹.

Parmi les projets les plus illustratifs de la ville-port, citons le projet euro-méditerranéen, les activités touristiques développées dans les espaces portuaires, les espaces aménagés autour du port pour dynamiser les échanges entre la ville et le port, etc. L'ensemble de ces projets visent à orienter le développement portuaire vers la ville et les aménagements urbains vers le port, en une synergie spatiale et urbaine très forte.

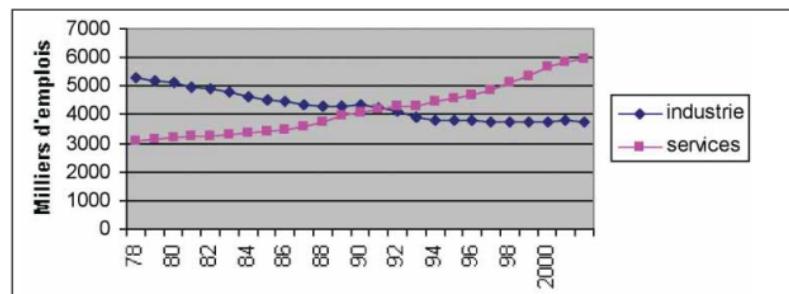
Les régions industrielles de l'hinterland portuaire de Marseille et des autres ports du sud français :

Le développement industriel français, qui est plus ou moins comparable aux districts industriels italiens, est basé sur « les systèmes productifs locaux ». En France, les districts n'avaient pas su résister à l'innovation apportée par l'expansion « des trente glorieuses ». Seules quelques entreprises avaient réussi à s'adapter à ce courant. La place détenue par les districts industriels en France a été occupée par les systèmes de petites et moyennes

¹ Yves Cousquer, 2011, L'évolution des bassins Est du Grand port de Marseille à l'horizon 2025 : un projet ville-port, Rapport, Conseil de Surveillance, dans La charte Ville-Port : Charte ville-port entre les collectivités territoriales et les acteurs urbains et portuaires de la place Marseillaise, 54 p.

entreprises localisées. En France comme en Italie, le mouvement de la délocalisation industrielle vers les pays où la main d'œuvre est à bas coûts et où les marchés sont importants, avait caractérisé les nouveaux enjeux des stratégies des entreprises. La figure 10 montre la compensation apportée par la création de nouveaux emplois dans d'autres secteurs d'activités, plus particulièrement, des services aux entreprises et dans le secteur tertiaire.

Évolution de l'emploi de l'industrie et des services entre 1978 et 2001



Source : Insee - Comptes nationaux (série longue) - 2003

Figure 10: L'évolution croisée entre les emplois industriels et les services

Le sud de la France, comme les autres régions du pays, avaient enregistré une augmentation des effectifs d'emploi, malgré la baisse considérable des effectifs industriels. (Tableau 2)

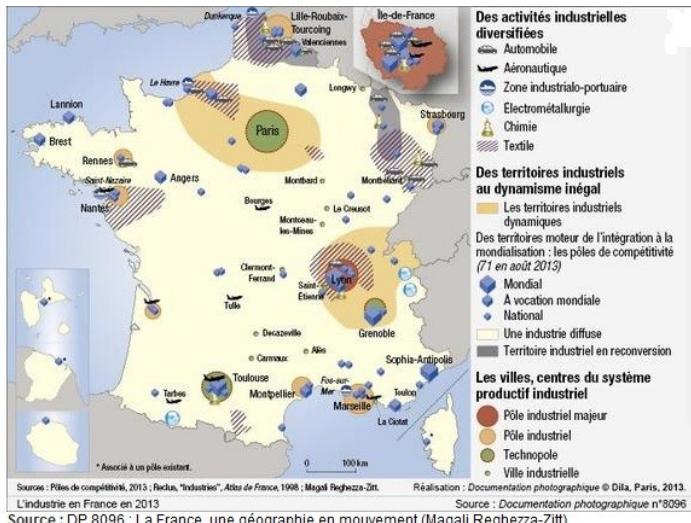
Tableau 2 : Evolution de l'emploi entre 1989 et 2001 des régions du sud de la France.

Industrie manufacturière			%annuel	Emploi total		
Nom région	Emploi 2001	effectifs		Emploi 2001	effectifs	%annuel
Aquitaine	151653	-6385	-0.3	1031796	172237	1.5
Midi-Pyrénées	146585	-1520	-0.1	911252	170194	1.7
Rhône-Alpes	472687	-33121	-0.6	2185738	310417	1.3
Auvergne	100036	-9083	-0.7	453808	60480	1.2
Languedoc-Roussillon	68861	-1750	-0.2	715067	144964	1.9
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	154450	-19222	-1.0	1539827	244854	1.5
Total sud France	1094272	-71081	-2,9	6837488	1103146	9,1
Total France	3813267	-505365	-1.1	22091465	2989862	1.1

Source : Daniel Darmon, 2003.

La figure 11 localise les activités et pôles industriels français en 2013. Le sud se distingue, avec la grande région industrielle de Lyon, Grenoble et Saint-Etienne, les pôles industriels

littoraux de Marseille et Montpellier, le technopôle de Toulouse auxquels s'ajoutent les pôles de compétitivité (Sophia-Antipolis, Toulon, etc). Le reste du territoire méridional étant caractérisé par une industrie diffuse composée par les systèmes de petites et moyennes entreprises locales.



<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/>

Figure 11: L'industrie en France en 2013

Le port de Barcelone dans son système urbain²:

Contrairement aux deux précédents espaces portuaires dont le fonctionnement d'avenir est tourné vers l'Europe du Nord, le port de Barcelone et le système portuaire méditerranéen espagnol, sont reliés aux grands corridors intérieurs orientés vers l'Atlantique. Le port de Barcelone s'inscrit dans le développement stratégique pour la desserte de l'axe de fret, Barcelone, Saragosse, Madrid et Lisbonne. Les ports de Barcelone et de Valence sont connectés aux principaux marchés locaux de la Catalogne, de Saragosse, de Madrid et du pays basque espagnol qu'ils desservent en priorité. L'éloignement par rapport aux territoires de l'est et du nord de l'Europe fait de ces ports, des grands centres de transport maritime à courte distance, avec l'Italie et les pays méditerranéens en général.

Le système urbain des territoires portuaires se distinguent nettement par les liaisons avec les grandes plateformes logistiques, les lieux d'intermodalité et les systèmes des centres commerciaux développés souvent à la périphérie des villes. L'emploi portuaire et la variété des services offerts en font un port bien ancré dans la ville, malgré les conflits et les tensions de gestion des flux et des espaces qui caractérisent les ports méditerranéens.

² <http://www.portdebarcelona.cat/>

Le débat actuel dans les échanges des pays méditerranéens est orienté vers l'insertion efficace des services portuaires aux corridors européens, pour joindre les territoires les plus éloignés dans les dessertes.

Ainsi, le territoire d'étude est parcouru, de l'est vers l'ouest et du nord vers le sud, par les plus grands corridors européens dont les ports présentés sont les points d'entrée et de sortie importants.

Un des éléments actuellement majeurs dans le renforcement des liens ports-hinterland en Méditerranée est la connexion des corridors de fret entre le port et le port sec (dry port). Les ports secs sont localisés dans les grands centres intermodaux où se situent généralement les grandes plateformes logistiques et les espaces de stockage des conteneurs. Pour le port de Barcelone, le grand corridor de fret Barcelone-Lisbonne est articulé par les plateformes intermodales de Saragosse et de Madrid.

Le port de Barcelone dispose également d'importants marchés extérieurs (français, italiens, portugais et d'autres marchés européens). L'axe de fret Barcelone-Toulouse relie les terminaux portuaires et centres logistiques de l'espace portuaire barcelonais à celui du terminal maritime de Toulouse.

Les régions industrielles de l'hinterland portuaire de Barcelone et des autres ports de l'est espagnol :

L'industrie espagnole avait connu des phases de récession (1975-85, 1991-94) alternant avec les phases d'expansion (1985-90, 1995-97). A l'exemple du sud français et du centre et nord italien, les activités industrielles espagnoles avaient subi plusieurs mutations socio-économiques et organisationnelles au niveau du fonctionnement interne et des réseaux extérieurs. Cette industrie affiche une répartition territoriale polarisée des activités et de l'emploi et d'une industrialisation locale composée par les entreprises de petite et moyenne taille plus ou moins dispersées.

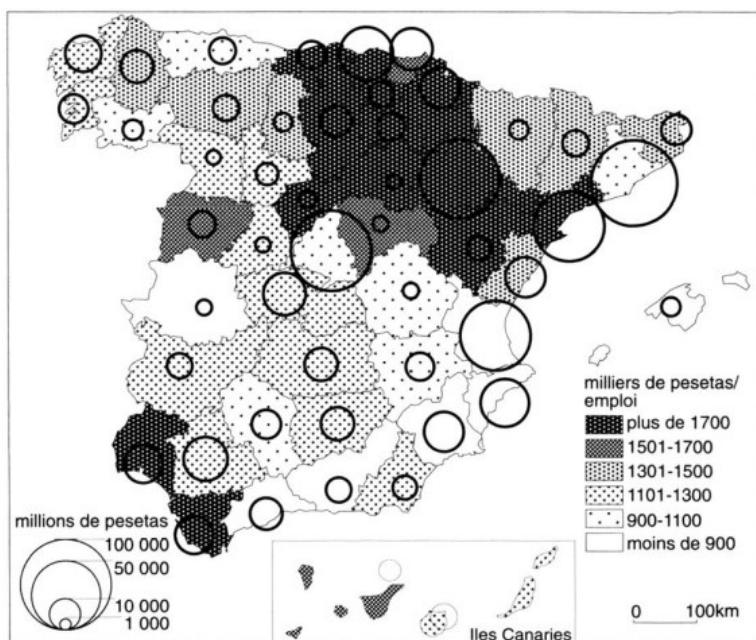
Parmi les facteurs de transformations actuelles de cette industrie, on trouve notamment, un héritage du passé industriel lointain, toujours présent dans quelques régions industrielles comme Catalogne, Asturies, Pays Basque, Madrid et Valence. Cette industrie se caractérise aussi par une expansion de l'industrie urbaine qui concentre de plus en plus d'emplois et contribue au développement territorial des villes, par les effets des déséconomies dans quelques grandes agglomérations, et par l'influence extérieure accrue des entreprises au niveau international. Le tableau 3 illustre la montée de petites villes en matière d'emploi industriel comparativement au recul enregistré dans les grandes agglomérations de plus de 100.000 habitants. En contrepoint à cette stagnation d'emploi dans les grandes agglomérations, se développent des régions périphériques métropolitaines très actives et créatrices d'emploi.

Tableau 3 : Distribution spatiale de nouvelles industries en Espagne (1981-1992)

Hiérarchie urbaine	Espaces Métropolitains	Villes moyennes	Petites villes	Municipalités rurales	TOTAL
<i>A) Etablissements</i>					
Axe Atlantique	1.369	2.303	5.118	3.608	12.398
Axe de l'Ebre	-	3.114	1.051	3.902	8.067
Axe Méditerranéen	12.365	8.033	16.013	12.056	48.467
Régions Intérieurs	8.928	3.929	7.690	11.914	32.461
Îles	-	1.646	1.777	849	4.272
ESPAGNE	22.662	19.025	31.649	32.329	105.665
<i>B) Emplois</i>					
Axe Atlantique	10.114	11.048	28.056	19.609	68.827
Axe de l'Ebre	-	16.593	6.493	36.571	59.657
Axe Méditerranéen	84.805	51.356	103.945	75.982	316.088
Régions Intérieurs	3.447	20.528	46.839	60.323	191.137
Îles	-	7.364	6.737	2.929	17.030
ESPAGNE	158.366	106.889	192.070	195.414	652.739
<i>C) Investissement (millions pesetas)</i>					
Axe Atlantique	17.887,449	13.301,979	36.459,218	45.771,497	113.420,143
Axe de l'Ebre	-	22.780,631	8.272,004	101.611,067	132.663,702
Axe Méditerranéen	59.979,924	36.255,141	124.230,973	124.309,575	344.775,613
Régions Intérieurs	63.964,709	25.495,460	59.074,189	75.758,258	224.292,616
Îles	-	5.325,304	7.047,846	3.105,281	15.478,431
ESPAGNE	141.832,082	103.158,515	235.084,230	350.555,678	830.630,505

Source : (Ricardo Mendez et Jaime Razquin, 1997)

Le territoire de l'est espagnol (fig.12) qui concerne notre recherche, est doté d'une très grande industrie concentrée principalement dans les Communautés Autonomes de Catalogne, Madrid, Pays Basques, représentant 34% des établissements et 45% des emplois totaux enregistrés en 1992. (Ricardo Mendez et Jaime Razquin, 1997)



Source : (Ricardo Mendez et Jaime Razquin, 1997)

Figure 12 : Nouvelles industries en Espagne : Investissement total par emploi (1981-1992)

Globalement, les trois territoires d'étude sont potentiellement dynamiques dans les activités industrielles, dans les échanges urbano-portuaires et dans les échanges méditerranéens. Chaque port étudié présente des particularités et des ressemblances dans son fonctionnement. Chaque port dispose d'une région d'influence à ses alentours caractérisée par la présence des fonctions portuaires et urbaines basées essentiellement sur les activités logistiques et les services de transport. Au-delà de l'aire portuaire, la connexion de ces ports avec les dry ports situés à proximité de grandes agglomérations, se fait par des infrastructures de transport dont la performance dépend de l'accessibilité offerte aux flux portuaires et à la connectivité avec les autres nœuds majeurs de l'hinterland. Les systèmes portuaires méditerranéens cherchent à s'intégrer de façon effective avec les systèmes portuaires des autres rangées (Atlantique, Baltique, etc).

CHAPITRE I. LA DIMENSION SPATIO-TEMPORELLE DANS LA DURABILITE DES TRANSPORTS PAR AUTOROUTE DE LA MER « AdM »

Introduction

Le présent chapitre explique les aspects fondamentaux et spatiaux d'une Autoroute de la Mer « AdM ». Plusieurs définitions d'une AdM existent. Leur pertinence dépend du niveau d'intégration de l'espace et du temps sur l'ensemble de la chaîne de l'offre et de la demande. Les dimensions de l'espace et du temps jouent un rôle important dans les échanges internationaux des AdM. La durabilité des transports de fret passe par la recherche d'une réduction des impacts socio-économiques et environnementaux des flux routiers. Plusieurs politiques et programmes européens et étatiques ont été établis pour la promotion des AdM et des réseaux d'échanges internationaux intégrant, plus ou moins, des principes écologiques. Leur mise en œuvre et leur réussite dépendent fortement du niveau d'implication de tous les acteurs concernés sur l'ensemble de la chaîne des transports, depuis l'origine des flux jusqu'à leur destination finale.

L'AdM possède des aspects fonctionnels et opérationnels qui la lient fondamentalement à l'espace matériel et immatériel. Cet espace est caractérisé par de multiples formes et structures dont les majeures sont des arcs articulés par des nœuds de transport. Des terminaux spécialement aménagés pour accueillir des véhicules lourds, des quais d'accostage des navires, aux entrepôts logistiques spécialisés dans les opérations aux services des flux groupés et massifiés, l'AdM s'individualise toujours par rapport aux autres modes de transport.

Ce chapitre présente les aspects fondamentaux des AdM ayant un impact sur les modifications des formes et structures d'organisation d'une ligne d'AdM, sur la fluidification des trafics et des flux intermodaux, et qui permettent de comprendre les dynamiques spatio-temporelles des lignes d'AdM.

Section I. AdM et transport routier de fret dans la modélisation du transfert modal : théories et concepts

I.1. Théories et concepts autour des AdM

I.1.1. Définition et conceptualisation de la notion d'AdM

I.1.1.1. Eléments critiques et difficultés de définition d'une AdM

La définition d'une Autoroute de la Mer « AdM » pose toujours un problème du point de vue de la prise en compte de l'espace. La plupart des définitions se réfèrent surtout aux aspects socio-économiques du fonctionnement des transports de fret. L'AdM étant tout d'abord une ligne maritime joignant deux ports à l'origine et à la destination, cette liaison a pour objectif la substitution d'une partie du trafic routier de fret et une limitation des émissions de gaz à effet de serre et de nombreux polluants relatifs à la circulation routière.

D'un point de vue économique, les AdM représentent la solution alternative aux transporteurs routiers la moins onéreuse, et présentant plusieurs intérêts économiques par rapport à la route. Les avantages les plus cités sont la réduction des coûts de transport et des infrastructures. Elles offrent également aux territoires des services de desserte plus ou moins étendue et réduisent également les déséquilibres régionaux. En effet, le transport international de marchandises par mode routier existe souvent sous une forme unitaire tandis que les AdM concentrent et massifient les flux en provenance ou en direction de plusieurs territoires. Les emplois directs et indirects générés et les croissances économiques offrent une réduction des écarts régionaux. Un équilibre territorial s'établit par une intégration progressive des régions qui n'étaient pas bien desservies ou qui n'avaient pas suffisamment de capacités importantes dans les échanges extérieurs.

Les définitions existantes font référence à l'environnement par l'intermédiaire de l'impact du transfert modal sur l'environnement. L'idée d'alternative à la route, et la réduction des émissions, se justifie le plus souvent par le nombre des véhicules transférés et le gain sur les économies d'échelle. Les flux routiers sont remplacés sur certains trajets maritimes où les réductions d'impact sont probables.

La définition d'une AdM n'est pas une tâche facile, d'autant plus qu'elle concerne le transport intermodal entre la mer et les flux terrestres. Elle devient plus complexe lorsque l'on essaie de définir l'ensemble de la chaîne de l'offre et de la demande depuis les points de départ jusqu'aux destinations finales. Plus difficile encore est l'intégration des facteurs géographiques comme l'espace, les temps et les échelles dans les définitions et les travaux de modélisation du choix et du transfert modal de la route vers les AdM. L'objectif de cette recherche est donc de trouver tous les facteurs spatiaux et géographiques pouvant enrichir la définition et la compréhension du fonctionnement des AdM.

I.1.1.2. Typologie de modes de transport terrestres transférables vers les AdM

Préalablement à la définition d'une AdM, il convient de définir les différents modes de transport terrestre susceptibles d'être transférés vers le transport maritime, plus particulièrement vers les navires Ro-Ro (Roll-on, Roll-off). En effet, le transport intermodal entre la route et les AdM, étudié dans cette recherche, se déroule entre les grands types de transport de marchandises sur les corridors de fret situés entre le centre et le nord-est de l'Espagne - le sud de la France - le nord et le centre de l'Italie. Une AdM a pour objectif principal de transférer une partie des flux terrestres routiers et/ou ferroviaires vers la mer. En dehors des flux de transport générés par les territoires d'étude, les flux de transit espagnol et portugais, les flux en provenance de la région parisienne et des autres régions françaises, les flux de transit en provenance du centre et du sud de l'Italie et les autres flux de transit, sont inclus dans la modélisation des flux de transport de fret de l'Europe méditerranéenne.

Les liaisons ferroviaires de lignes de fret font partie intégrante des flux à prendre en compte. Bien que le chemin de fer soit une autre alternative à la route, les transports ferroviaires de fret dans les régions méditerranéennes doivent faire face à des problèmes d'embouteillage et de saturation de lignes qui engendrent des conflits de circulation avec les trains de passagers. L'AdM serait donc une alternative à l'alternative ferroviaire (notamment pour le transport de fret conteneurisé) qui contribuerait à améliorer la fluidité de la circulation des trains de passagers. (Fig. 13)

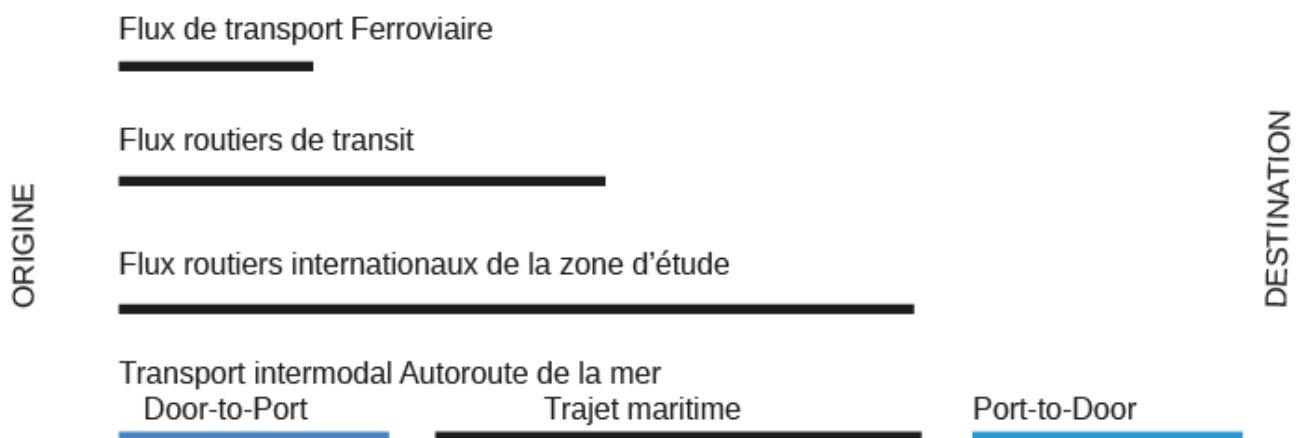


Figure 13: Types de transport routiers et ferroviaires transférables vers une AdM.

La partie intéressante du transport de fret est représentée par les flux routiers internationaux de la zone d'étude (Fig. 13). Les flux transférables sont notamment les enregistrements de flux routiers émis ou captés qui s'ajoutent aux flux routiers de transit extérieurs au territoire étudié. Leur fréquence, leur importance face à l'économie de ces territoires, les effets socio-économiques générés, les évolutions prévues et leur localisation dans les territoires des ports

d'origine et de destination, leur attribuent une place de choix dans le développement des AdM en Méditerranée. La figure 13 suggère la complexité d'une AdM à travers les relations et les possibilités de transfert modal qui lui sont associées. De ce fait, pour bien étudier les flux maritimes, il s'avère nécessaire, voire incontournable, d'appréhender d'abord les flux terrestres opérant dans le territoire portuaire de cette AdM avant d'entreprendre une étude sur leur éventuel transfert modal.

Si nous tenons compte des différents types de transport qui sont concernés par les AdM, nous voyons donc qu'il est difficile de fournir une définition exacte sans intégrer toutes les composantes directes du trajet maritime et terrestre d'une AdM.

I.1.1.3. Quelques définitions d'une AdM

Définition d'une AdM dans son espace fonctionnel et opérationnel

Il existe plusieurs dénominations du transport intermodal dont une partie s'effectue par la mer et une autre, par voie terrestre. Le Short Sea Shipping -ou SSS en sigle- est le terme le plus utilisé en Europe du Nord et en Amérique pour désigner le transport maritime à courte distance. Le ministère français des transports et de l'équipement et la Commission Européenne des Ministères du Transport « CEMT »³ définissent le SSS comme *un mouvement de marchandises par voie maritime entre les ports situés dans des pays tiers dont le littoral donne sur l'une des mers fermées servant de frontière à l'Europe*.

Le terme de cabotage est également employé pour désigner le SSS malgré les différences entre les deux termes. Selon la définition de Hipolito (2007), le cabotage ou transport maritime à courte distance (TMCD) est le transport de marchandises par navires, à l'intérieur d'un continent. L'OCDE, (1997), ajoute des détails sur les types de trafics directement touchés par les services de cabotage:

- *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 interocéaniques⁴.*

Ces détails décrivent spatialement les lignes maritimes et les distributions territoriales qui leurs sont associées. Si on en reste à cette définition, l'idée de réduction des flux routiers et de transfert modal est inexistante. Cette définition ne fait pas référence non plus aux modes de transport routier ni à la desserte de l'hinterland mais seulement aux échanges de produits par voie maritime.

³ Cité dans Hipolito, M. F., (2007).

⁴ Hipolito, M. F., (2007), Op. Cit.

La dimension géographique d'une AdM ressort d'une manière affirmée lorsque l'on introduit l'idée de la distance par rapport aux côtes et la définition des territoires d'origine et de destination des flux maritimes entre les ports.

Les échanges maritimes restent toujours la base de la définition d'une ligne de cabotage maritime. D'un autre côté, le cabotage maritime diffère d'une AdM aussi bien par le type de transport que par les échanges spatiaux. Les deux types de transport restent cependant très proches sur la distribution spatiale et les échanges interportuaires.

Les deux objectifs principaux pris en compte dans l'admission d'un projet d'une AdM introduisent une idée fondamentale sur la base de laquelle s'effectue le report modal de la route vers la mer :

- D'abord, un impératif de regroupement des flux routiers de marchandises sur le navire roulier, compte tenu de chaînes de transport logistique de l'hinterland portuaire ;
- Et une offre d'accessibilité accrue aux régions périphériques mal desservies par les services routiers, aux îles et aux pays éloignés.⁵

Ces nouveaux éléments de définition d'une AdM se distinguent des précédents par l'introduction de l'espace qui était limité auparavant à l'espace des échanges maritimes sans prendre en compte l'espace de transport terrestre sur l'ensemble de la chaîne. La fluidité du trafic des flux de pré et post acheminements, depuis les ports et les chaînes de transport logistique, prime sur les trajets maritimes. Ces trajets deviennent un aboutissement d'un projet territorial porté par les relations entre acteurs et unités territoriales bien développées.

Les AdM diffèrent fondamentalement de la desserte unitaire routière par le regroupement des charges sur un seul navire. De fait, une AdM renforce les économies d'échelle et l'extension de la desserte vers les régions périphériques. L'idée de développer une AdM est avant tout un objectif de protection de l'environnement à cause d'une croissance incessante du trafic routier de camions. Cette idée a été récemment étendue vers d'autres objectifs qui apparaissent dans la définition du Parlement Européen. A. Cappato (2007) stipule que les AdM permettent le développement du transport combiné⁶ qui ne trouvait pas de situations favorables pour prouver son efficacité et sa compétitivité face à la route, à la desserte et à l'intégration des régions et îles jusqu'ici mal desservies par les services du transport tout route.

⁵ Définitions trouvées dans plusieurs rapports annuels de la commission Européenne des transports et des projets Européens d'Autoroutes de la mer.

⁶ Le transport combiné (TC) est défini comme un transport intermodal dont les parcours principaux en Europe, s'effectuent par rail, voie navigable ou mer, et dont les parcours initiaux et/ou terminaux, par route, sont les plus courts possibles. On distingue aussi un TC accompagné ou non accompagné. Le TC accompagné, c'est le véhicule routier complet qui est embarqué sur le navire ou le train, le conducteur accompagne aussi dans une partie réservée aux passagers. Le TC non accompagné, les marchandises sont acheminées par des caisses mobiles, conteneurs normalisés ou semi-remorques. Source : www.uirr.com, UIRR, Union internationale pour le transport combiné rail-route, (2014)

La référence à la partie terrestre est récente et intègre les lieux à l'origine et à la destination du fret. De Oliveira⁷ (2010) clarifie, à ce propos, le concept d'AdM comme un «transport maritime performant, sûr et écologiquement viable, des corridors maritimes qui établissent des liaisons entre les Réseaux Trans-Européens des Ports par des Autoroutes de la Mer avec les arrière-pays Européens». La partie terrestre *des arrière-pays* est ajoutée sur l'AdM, qui était définie par des critères infrastructurels et réglementaires. Les grandes lignes développées étendent le champ des AdM vers la notion d'arrière-pays ou d'hinterland. Les liaisons entre la mer et la terre vers les modes de transport terrestre touchent les grands points d'intermodalité et les niveaux d'intervention des acteurs de gestion des lignes d'AdM. La complémentarité entre les services maritimes et routiers élargit l'étendue d'AdM au-delà des ports en échanges. Dorénavant, sont intégrés aux chaînes de transport et de la logistique, l'amont comme l'aval des systèmes industriels, logistiques et d'entreprises de production, ainsi que toutes les unités du territoire ayant un effet sur les flux de transport.

Le rapport De Richemont (2009) revient sur les définitions d'une AdM, en insistant sur la différence entre ce concept et les concepts proches tels que les transports maritimes à courte distance (TMCD en sigle) de cabotage. Parmi ces définitions nous pouvons citer :

« ...le projet a pour objectif le transfert modal ou la cohésion par concentration des flux de fret sur des itinéraires maritimes en améliorant les liaisons maritimes existantes ou en en établissant de nouvelles qui sont viables, régulières et fréquentes pour le transport de marchandises entre Etats membres. Le but est de réduire la congestion routière et/ou d'améliorer la desserte des régions et des Etats périphériques et insulaires. Le fret doit être prédominant sans pour autant exclure le transport combiné de voyageurs et de marchandises. » (Programme RTE-T, art.12.a, cité dans De Richemont, 2009).

« Toute action novatrice visant à transférer de manière directe du fret de la route vers le transport maritime à courte distance, ou vers une combinaison TMCD/Autres modes où les parcours routiers sont aussi courts que possible. Ces actions peuvent inclure la modification ou la création des infrastructures ancillaires nécessaires à la mise en œuvre maritime intermodal, de très grand volume, et à haute fréquence. » (Extrait du programme MARCO POLO II, cité dans De Richemont, 2009).

Les éléments spatiaux pris en compte dans les définitions précédentes jettent les bases d'une nouvelle vision de l'AdM. À partir de l'ensemble de ces éléments, nous pouvons préalablement synthétiser la définition d'une AdM comme :

« Un échange maritime de biens et de personnes transitant par deux ports pour la desserte de leurs arrières pays. Ces ports sont situés soit dans le même pays, soit dans des pays différents. Les hinterlands portuaires sont structurés par les chaînes de transport et de la logistique dont les flux passent par les corridors terrestres en liaison avec les ports. Le basculement du trafic

⁷ De Oliveira donne aussi dans un rapport annuel de 2008, les conditions et les critères qui expliquent le concept d'une Autoroute de la Mer. Ces conditions et critères ont été développés dans l'annexe 6 de la page 271.

routier vers les Autoroutes de la Mer offre une possibilité de réduction du trafic routier et de problèmes environnementaux conséquents. Une nouvelle desserte de régions périphériques et un gain dans les économies d'échelle sont obtenus comparativement aux structures spatiales du mode de transport routier de fret. »⁸

C'est en s'appuyant sur cette définition que nous individualiserons les espaces à enjeux et les articulations spatiales des chaînes de transport intermodales par les principaux nœuds comme les ports, les plates-formes logistiques et les points d'entrée terrestres des flux internationaux. Cependant, il convient de porter l'attention sur un élément spatial d'importance, la répartition des aires d'entreposage des services du transport international de fret, et plus particulièrement, des AdM.

Ports et terminaux des AdM

Le passage portuaire d'un navire roulier est une partie importante de la chaîne de transport d'une AdM. Ce trajet est complété à terre par les flux routiers et ferroviaires dits door-to-port et port-to-door (les flux des derniers kilomètres de pré et post-acheminement). Il exige néanmoins un dispositif suffisamment équipé et des infrastructures pour les services de chargement et de déchargement des navires. Cette étape revêt surtout son importance pour les coûts de transport, les coûts en temps et les performances de services offerts par les ports. Le passage portuaire est qualifié comme un point de compétitivité entre la route et la mer très crucial. Les grands enjeux d'aménagement infrastructurel, les projets de liaison avec les corridors routiers et ferroviaires, la minimisation des temps de transit portuaire, se jouent sur ces espaces portuaires spécialement dédiés à l'accueil des navires rouliers.

Se pose alors la question de la localisation des unités territoriales et de l'ensemble des usagers situés sur les hinterlands portuaires. A titre d'exemple, le modèle de Limbourg et Jourquin (2008), à un niveau européen, cherche à établir un réseau de hub and spoke par la localisation optimale des terminaux portuaires de conteneurs prenant en compte la variation des coûts de transbordement selon les navires transbordés. Cette localisation se fait par rapport à la situation des liaisons terrestres et à l'accessibilité offerte aux usagers. Comprendre les dynamiques et les échanges par voie d'AdM sans étudier les grands nœuds du réseau que sont les ports d'origine et de destination serait donc impossible. Les deux composantes essentielles de l'intermodalité entre mer et terre se jouent sur le niveau de services offerts dans les ports ainsi que sur la rapidité de l'accès offert par les infrastructures terrestres pour atteindre les origines et destinations finales de la marchandise. Les travaux portant sur les services et prestations portuaires d'AdM se résument dans les principales lignes suivantes :

⁸ Cette définition a été élaborée à partir des éléments de synthèse développés dans les lignes précédentes et des sources suivantes (De Richemont, H., 2009 , Dorques, A., 2007-2008 et projets et programmes des AdM).

- *Les politiques administratives et douanières* : L'amélioration des services portuaires passe par la mise en place d'une politique de soutien visant la performance des services offerts. L'accent est actuellement mis sur la simplification de services administratifs entre les ports de Gênes et de Marseille, les contrôles de douane ne pouvant être effectués sur l'un des deux ports. Les autres services portuaires se déroulant notamment sur les terminaux, visent une réduction des temps de chargement et déchargement. Dans le cas des passages portuaires sur le territoire italien, une subvention de l'Etat italien, appelée Ecobonus, est attribuée sur chaque passage portuaire. À titre d'exemple, un subside estimé à 100 euros pour le cas du transport d'AdM entre le port de Toulon et le port de Civitavecchia était attribué aux usagers de cette ligne (en 2007). L'avantage de ces aides est de renchérir la qualité des services d'AdM au moment où les services du mode routier sont soumis à une augmentation des coûts et dépenses de transport.

- *Les services de chargement/déchargement sur les terminaux portuaires* : Le temps de transit portuaire est estimé à partir du moment où le navire roulier accoste dans le port jusqu'à la sortie du véhicule débarqué des enceintes portuaires. Ce temps estimé entre 20 et 60 minutes, varie selon les services fournis et les aménagements spécifiques, sur les terminaux portuaires. Dans le cas d'un aménagement spécialement dédié aux services intermodaux plus performants, la réduction des temps de passage portuaire est très importante et joue beaucoup sur la compétitivité et le gain en temps sur les autres modes de transport. Toutefois, ce temps est très variable car il dépend de l'arrivée des camions sur les parkings portuaires spécialement réservés aux usagers des AdM, il peut être de 20 à 60 minutes, ou d'un jour, de deux jours, de trois jours, voire plus. Il dépend surtout de la fréquence de sorties et d'arrivées des navires rouliers.

- *Les services d'intermodalité et des liaisons terrestres* : Les ports étudiés sont reliés aux services de transport routier et ferroviaire depuis l'espace portuaire jusqu'aux aires de desserte. Les services intermodaux revêtent également une importance capitale par le gain en accessibilité des arrière-pays portuaires qu'ils procurent. Les ports sont reliés aux hinterlands par de grands axes ou corridors de fret intermodaux structurant les territoires logistiques.

- *Les trajets maritimes «vitesses et capacités des navires rouliers»* : L'évaluation de la capacité de navires rouliers s'effectue en mètres-linéaires de véhicules transportés à bord. Dans le cas du trajet Toulon-Civitavecchia, des navires d'une capacité de 2.230 mètres-linéaires, soit l'équivalent de 160 voitures particulières et 110 porteurs et remorques, ou soit encore, environ 150 remorques non accompagnées, avaient été affrétés pour effectuer des rotations entre les deux ports (Reffet et al., 2008). Les vitesses moyennes de navires varient souvent entre 14 et 26 Knots/heure (1 Knot étant égal à 1,852 km/heure). Ce qui donne pour le cas du trajet entre Toulon et Civitavecchia un temps de trajet maritime estimé à 14h 30 minutes. L'amélioration technologique en termes de vitesses des navires rouliers se dirige vers une mise au point de nouveaux engins plus rapides « fast ferries » dont les vitesses maximales peuvent atteindre 30 voire 36 knots/heure. Cette amélioration des vitesses accroît

sensiblement les performances de la compétitivité des AdM comparativement au mode routier. Les opérations d'accostage des navires sur les quais constituent la partie portuaire la plus importante en dehors du trajet maritime. Les temps mis à l'approche portuaire ainsi qu'à l'accostage sont augmentés par la réduction des vitesses de navires.

Les principaux services mentionnés montrent l'importance incontournable des ports et des terminaux portuaires dans les projets de promotion des Autoroutes de la Mer. Une AdM se comprend aussi par les flux et trafics routiers concurrents qu'elle peut capter et détourner vers le transport maritime.

I.2. Théories et concepts autour du transport routier de fret

I.2.1. Transport routier international de marchandises : définition fonctionnelle et spatiale

Le transport routier de marchandise qui nous intéresse est le transport international de fret. Par définition, le transport routier de marchandise est le déplacement d'une marchandise entre deux lieux, qui peuvent être situés dans un même pays (la France pour l'essentiel des statistiques SitraM) et/ou entre deux pays différents.⁹ Le transport international est donc un échange de fret entre un lieu situé en France et un lieu étranger. Les données existantes sur le transport routier international ont été recueillies aux niveaux régional et national. Ces données représentent les flux de transport dont le chargement ou le déchargement se sont déroulés en France, selon les ou le pays de destination ou d'origine. Suivant, les organismes de recueil des données, les termes d'origine/destination et les termes de chargement/déchargement sont les plus utilisés. Cette situation est également valable pour les flux de transport routier international dans le sens Italie-France-Espagne.

Les flux routiers de marchandises sont comptabilisés dans les trois pays, selon leurs origines, et leurs destinations. Les comptages s'opèrent souvent sur les frontières ou au niveau des lieux de chargement ou de déchargement. Les mesures les plus souvent utilisées sont les tonnes transportées, les tonnes-kilomètres réalisées, les valeurs statistiques ou le nombre de trajets et les distances à charge ou à vide.

Le transport routier c'est aussi *les flux de transit* qui proviennent des régions situées en dehors de la zone d'étude. C'est notamment les flux de transit en provenance du Portugal et de l'ouest de l'Espagne, les flux de transit de l'Europe de l'est et les flux de transit en provenance des autres régions des trois pays, situées en dehors du territoire étudié. Leur importance en nombre et en quantités de marchandises transportées est affirmée sur les enquêtes réalisées. Ces flux dépassent parfois les flux générés par le territoire d'étude. Le transport routier international qui est susceptible d'être transféré vers les AdM, le cas échéant,

⁹ Définition du Commissariat Général au Développement Durable, CGDD, (2013).

est celui qui s'effectue dans le sens du trajet maritime entre les ports de référence (Marseille et Sète en France, Valence et Barcelone en Espagne et Gênes, Savona, Livourne et Civitavecchia en Italie). La direction des flux routiers internationaux avec les distances de rapprochement vers les ports permettent de délimiter l'étendue des arrière-pays portuaires. Ce qui revient donc à s'interroger sur les notions de distances réellement observées, qui situent les origines et les destinations des flux de transport routier international de marchandise dans le territoire d'étude.

Le transport routier international de fret se comprend aussi par le statut juridique du transporteur. Ce statut distingue *le transport pour compte d'autrui* et *le transport pour compte propre* (privé). Les statistiques et les chiffres des échanges de fret entre le sud de la France, le nord et le centre de l'Italie et l'est et le centre espagnol montrent une dynamique intense du commerce international entre les diverses régions de ces trois pays.

Tableau 4 : Répartition de l'activité de transport international, par compte, par pays de déchargement et de chargement en 2013 (unité : millions de tonnes-kilométriques réalisés).

Pays/Compte	<i>Total</i>		<i>Compte propre</i>		<i>Compte d'autrui</i>	
Origine/destination	<i>chrgt</i>	<i>déchrgt</i>	<i>chrgt</i>	<i>déchrgt</i>	<i>chrgt</i>	<i>déchrgt</i>
Espagne	597,09	573,13	23,35	43,73	573,74	529,40
France	4516,11	4783,22	371,05	246,87	4145,06	4536,35
Italie	1124,35	979,51	41,17	30,77	1083,18	948,74
Total	6237,55	6335,86	435,58	321,38	5801,97	6014,48

Source : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>, base de données beyond 20/20.

Les activités de transport de marchandises, sous compte propre, sont moins importantes comparativement aux quantités de tonnes transportées chaque année avec le transport sous compte d'autrui, entre la France, l'Italie et l'Espagne (Tab. 4). Ce sont des flux routiers internationaux sur des longues distances ; leur organisation spatiale est incorporée aux activités de production. Ces activités se déroulent normalement au sein d'industries et d'entreprises exportatrices de produits vers l'étranger ou importatrices. Elles se rattachent aux infrastructures industrielles. Le rattachement doit être fait en tenant compte de l'aménagement et de l'emplacement des espaces logistiques, des entrepôts, les espaces d'intermodalité et de la localisation des clients.

Dans un autre type de cas, les activités de transport portent sur une structure particulière des transporteurs sous compte d'autrui. Ces transporteurs travaillent de concert avec les industriels, qui leur confient la charge de déplacer leur production d'un point à un autre. Les aménagements des espaces d'activités pour le transport à compte d'autrui diffèrent profondément des simples transporteurs à compte propre. La spécialisation de ces entreprises

implique en effet une nouvelle tendance à l'intégration étroite des fonctions logistiques de l'emballage des produits, de leur conditionnement et de leur stockage. En outre, ces entreprises sont localisées et interreliées sur les espaces dotés de lourds équipements de chargement et déchargement. Elles disposent de plus ou moins d'infrastructures permettant de répondre à la quasi-totalité des demandes de prestations et de services émanant des industriels. Le mode d'organisation de travail pour le transport à compte d'autrui sera ultérieurement étudié en profondeur pour en détecter la compatibilité avec les structures de groupement de charges pour les plateformes multimodales favorables au développement des lignes AdM.

I.2.2. Les entrées transfrontalières dans l'aménagement des espaces des flux routiers

Deux types de flux routiers sont intéressants pour le report modal vers les AdM : les flux routiers de transport international qui traversent les frontières franco-italienne et franco-espagnole dans les deux directions, et les flux routiers d'acheminement de la marchandise embarquée ou débarquée dans les ports, en direction ou en provenance des arrières-pays. Le tableau 5 donne les chiffres de camions enregistrés sur les passages transfrontaliers franco-italiens au cours des années 1994, 2001 et 2008. Le nombre de camions (porteurs, semi-remorques et remorques) pendant l'année 2008, dans les deux sens, est estimé à 2.700.000. Ce qui donne pour le sens France-Italie ou Italie-France des flux routiers de marchandises approximativement situés entre 1.000.000 et 1.300.000 camions par an. Les deux principaux passages transfrontaliers qui nous intéressent sont en l'occurrence le passage de Ventimiglia reliant les autoroutes A8 du côté français et A10 du côté italien, et le tunnel du Fréjus reliant l'autoroute A43 du côté français et l'A32 du côté italien. Le passage de Montgenèvre fait aussi partie des points de traversée mais n'implique qu'une faible partie des flux routiers de marchandises. À cela s'ajoutent les flux espagnols traversant les Pyrénées, en direction du sud de la France ou du nord et centre de l'Italie et vers d'autres destinations.

Ces flux sont donc le résultat des échanges entre le sud de la France, l'est de l'Espagne et le nord de l'Italie. Ils s'inscrivent dans le schéma général de la circulation routière de marchandises entre les trois pays, et témoignent de l'importance des importations et des exportations entre les territoires.

Tableau 5: Nombre de véhicules routiers de fret entre la France et l'Italie traversant la frontière dans les deux directions

Noms des points d'entrées et de sorties/ Années	1994	2001	2008
1. Ventimiglia	700.000	1.070.000	1.450.000
2. Tunnel du Fréjus	1.400.000	1.540.000	800.000
3. Tunnel du Mont Blanc (Fermeture début 1999)	(2128 PL/Jour en moyenne entre 1991 et 1998) ¹⁰	-	600.000
4. Passage du Montgenèvre (Fermé en 2003 puis réouvert.)	-	100.000	62.000
Total	2.100.000	2.710.000	2.912.000

Source: Office interconsulaire des transports et communications du Sud-Est, (2005).

En résumé, le transport routier international se comprend bien par l'analyse et la localisation des activités de transport pour compte propre ou pour compte d'autrui. Les comptages routiers aux points de traversées transfrontalières fournissent aussi des statistiques et chiffres pertinents dans les échanges internationaux de fret. Les entrées transfrontalières constituent des espaces à enjeux majeurs dans la compréhension et la modélisation spatiale du transport international de fret. Les mesures et les évaluations d'impact seront effectuées à partir de ces lieux de haute importance situés entre les territoires en échanges.

Comme la modélisation spatiale des flux de fret ne peut pas les ignorer, elle intègre les entrées étatiques et les ports comme lignes de démarcation des frontières spatiales, dans la mesure des effets de proximités et d'éloignement par rapport à ces points. Le transport international de fret questionne l'espace des flux, le temps de transports, les échelles et les notions de la durabilité de transport pour le développement des Autoroutes de la Mer. Les aspects fondamentaux, ci-haut mentionnés, que ce soit pour les AdM ou pour le transport routier, sont d'une importance majeure dans la localisation et les interactions spatiales. Nous abordons, dans les paragraphes suivants, les notions d'espace et de temps relatives à la dimension spatiale des échanges de marchandises.

¹⁰Ce chiffre représente la moyenne journalière des poids lourds comptabilisés contrairement aux moyennes annuelles présentes dans les autres cases.

Section II. L'espace et le temps dans le transport de fret

II.1. L'espace en géographie économique et en économie spatiale

L'introduction de l'espace dans les études sur le transport international de fret et la logistique n'est pas une tâche facile. L'espace est pris en compte dans la modélisation du choix modal au moyen des coûts de transport et des mesures de la distance. Cependant, le coût de transport et la distance, seuls, ne permettent qu'une analyse spatiale trop limitée pour saisir l'ensemble des effets et des évolutions spatiales caractérisant les échanges de flux de marchandises. Il nous paraît indispensable d'intégrer l'ensemble des éléments spatiaux qui sont concernés par les flux de fret.

Abondante est la littérature sur l'espace et les coûts de transport. Le transport de fret intervient dans le coût généralisé des entreprises de production. Le coût de transport est comptabilisé avec les coûts de la fabrication pour évaluer les coûts globaux de la production. La variation des coûts de transport, soit par leur diminution, soit par leur augmentation, a un impact évident sur les activités des entreprises de production. Au niveau de l'espace, cet impact spatial des coûts de transport se matérialise par une extension des aires de marché et un accroissement des distances d'opérativité d'une entreprise de production. Savy (2007) illustre l'impact des coûts de transport sur l'espace en analysant, dans le cas de deux entreprises proches, la variation de leurs aires de chalandise selon les ajustements des coûts utilisés par ces entreprises.

Les coûts de transport interviennent également dans le choix modal entre la route et les AdM. Suivant le schéma des deux entreprises ci-haut évoquées, les modes de transport disposent des marchés selon leurs tarifs et les frais dépendus pendant le transport entre les origines et les destinations des flux. Les coûts de transport cessent d'être uniquement des valeurs monétaires dont la variation joue un rôle sur les chiffres d'affaires pour revêtir aussi une dimension qualitative dans la compétitivité spatiale des entreprises.

Cela conduit à ce que les modes de transport s'organisent et s'articulent selon des structures spatiales qui cherchent une large diminution des coûts de transport et un gain de compétitivité spatiale. Des aménagements et des dynamiques se créent autour d'un mode de transport. La route s'approprie une grande part des marchés de transport international actuel entre l'Espagne, la France et l'Italie. La représentation spatiale des transports routiers de marchandises est plus simple et se résume entre un nœud d'origine et une destination finale.

Le transport routier pour compte d'autrui fait intervenir parfois des passages sur les aires d'entrepôts ou de stockage, ce qui ajoute d'autres nœuds sur le réseau comparativement au transport pour compte propre. Dans le transport intermodal, ce schéma se complexifie davantage par les passages aux aires de changement modal –espace portuaire pour le cas d'une AdM- ce qui joue beaucoup sur les compétitivités de ce mode face aux prestations du

mode routier. Deux types d'espaces des flux et des transports peuvent être distingués : *un espace matériel* des flux de transport, caractérisé par des échanges de marchandises sur les réseaux de transport, et *un espace immatériel* ou qualitatif, où les perceptions et les points de vue d'acteurs de transport influent grandement sur leur prise de décision relative au choix modal.

Les paragraphes qui suivent, s'intéressent à la manière dont les différentes disciplines traitent de la question de l'espace et du temps dans la représentation et la spatialisation des flux de transport. L'intégration de l'espace, dans la modélisation des flux, diffère selon les méthodes de la géographie économique ou de l'économie spatiale. Il semble pertinent de trouver un modèle qui s'appuie sur les complémentarités des deux disciplines dans la modélisation spatiale des flux de transport de fret.

II.1.1. La place accordée à l'espace dans la modélisation prospective des flux de fret

Cette section définit le cadre théorique dans lequel opèrent les AdM en interconnexion avec les arrière-pays portuaires. La connexion terrestre des AdM implique une diversité d'acteurs qui se répartissent sur le territoire des flux terrestres des AdM, conformément à la loi des marchés et à la compétitivité avec les flux routiers de marchandises, et cette diversité peut poser, des difficultés à la planification des opérations sur les principaux maillons de la chaîne des transports. L'espace exprime l'offre en infrastructures empruntées, des origines aux destinations des flux. Il exprime également la localisation de la demande des industriels et des centres urbains de consommation de produits importés ou exportés. Dans cette démarche, l'analyse de l'espace terrestre des flux et des terminaux portuaires nécessite une connaissance des trajets à l'amont et à l'aval du trajet maritime des AdM, lequel n'étant qu'un élément de l'organisation spatiale sur l'ensemble de la chaîne intermodale.

Des méthodes d'analyse spatiale inspirées par les spécialistes des sciences géographiques aux méthodes d'études de choix modal relevant de l'économie spatiale, cette recherche souhaite mettre en évidence la complémentarité des deux domaines scientifiques. La complexité du transport par AdM ne peut être bien cernée qu'en analysant les systèmes des échanges de fret dans leur globalité.

II.1.1.1. L'espace dans les domaines de la géographie économique et de l'économie spatiale

Les domaines de recherche de la géographie économique et de l'économie spatiale ont été étudiés à travers une riche et nombreuse documentation existante. La littérature sur la géographie économique est principalement composée des documents suivants : M. Piquant

(2003), C. Raymonde (1966), M. Le Berre (1995), B. Sédillot et F. Maurel (1997), Mayer et Mucchielli (1999), F. Plassard (2004), R. Brunet R. et O. Dollfus (1990), J-M.Offner, (1993), Le Gallo (2002), Gaffard et Quéré (1998), Wikipédia, (2014).

La littérature en économie spatiale a été développée au travers des documents suivants : J.-C Perrin (1990), C. Courlet (2008), B. Pecqueur et J-B Zimmermann (2004), J-L. Coraggio (1981), Bertrand, (1956).

Avec la géographie économique et l'économie spatiale, nous disposons de deux visions et de deux angles d'approche différents de l'intégration de l'espace dans les travaux de transport de fret. Il existe des divergences, parfois assez marquées, liées aux finalités et aux méthodes utilisées dans chaque discipline mais aussi des points communs, qui enrichissent les travaux interdisciplinaires, et sur lesquels nous insisterons.

Ainsi, l'économie spatiale et la géographie économique analysent les espaces logistiques et les flux de transport de fret avec des optiques différentes. L'économie spatiale insiste beaucoup sur la répartition, les déséquilibres spatiaux, la polarisation et la diffusion des richesses autour des aires logistiques. L'espace, en économie spatiale, va au-delà des bâtiments logistiques et industriels, il inclut un vaste espace, constitué à la fois des marchés et des lieux d'approvisionnement industriels.

Les travaux développés en économie territoriale insistent sur les avantages et les réductions des coûts par rapport à la localisation des entreprises et les systèmes de gestion et d'organisation des activités économiques. Dans les travaux de l'économie classique, les entreprises étaient étudiées dans une optique de concurrence parfaite sans contrainte. Les méthodes de l'économie spatiale actuelle placent toujours les individus ou les entreprises sous la contrainte des coûts de transport pour vaincre la distance qui les sépare du marché ou des lieux d'approvisionnement. L'espace, en économie, est aujourd'hui étudié à travers la notion de l'interdépendance, de l'interaction, qui se mesure par des flux entre les sujets économiques (entreprises, marchés, sources d'approvisionnement, clients, etc).

L'espace, en géographie, est considéré comme un tout complexe formé d'une part, d'éléments visibles, les lieux, les infrastructures, les espacements et d'autre part, d'éléments invisibles, les inter-relations entre les lieux, qui constituent sa structure et sa dynamique. Les systèmes territoriaux possèdent une organisation spatiale qui exerce des contraintes sur les projets, les décisions, les comportements des agents, mais qui est également un potentiel que ces derniers réexaminent et réévaluent continuellement, en fonction de leurs besoins, et au regard des dynamiques et des potentialités des autres territoires.

La géographie économique appréhende les objets d'étude en focalisant l'attention sur les rapports entre la société et le territoire, les localisations et les interactions spatiales. Le choix des individus dans leur localisation spatiale dépend de critères spécifiques liés à leurs pratiques ainsi qu'aux avantages qu'offre le site d'implantation choisi comparativement aux autres. Les travaux en géographie économique analysent également les variations

multiscalaires des activités de transport et de la logistique. L’approche de la géographie économique hiérarchisée permet d’expliquer les raisons des choix de localisation des entreprises aux différentes échelles du territoire (régional et national).

L’économie spatiale et la logistique

Le rôle de la logistique s’affirme dans les nouvelles stratégies de management des entreprises de production, dans l’approvisionnement et la distribution des produits. Ainsi, les mutations territoriales qui accompagnent les dynamiques des échanges de fret renseignent sur le développement des territoires.

Toutefois, très peu d’études sur les transports de fret et la logistique ont réussi à mettre en évidence leur contribution à l’organisation des territoires. Quelques travaux menés sur les espaces de la logistique ont pourtant montré la place indéniable de la logistique dans le management du supply chain et son rôle dans la productivité des entreprises. L’introduction de l’espace dans les concepts et notions clés d’analyse se limite souvent à une localisation des nœuds logistiques jouant le rôle d’origine et de destination des flux. Les enjeux relatifs à la logistique vont au-delà de la simple localisation, ils nécessitent d’englober les unités de production dans leur liaison organique avec les aires de stockage et d’entreposage de la marchandise. Cette dimension spatiale et systémique de la logistique a été au centre de certaines recherches.

Des déséquilibres spatiaux relatifs à la répartition inégale des aires de la logistique entre le couloir rhodanien, où se superposent les trafics nationaux et intra-européens, et le reste du territoire qui constitue «*un vide logistique*», ont été constatés dans plusieurs travaux. M. Piquant (2003) remarque un développement axial des activités autour des infrastructures routières et ferroviaires d’une portée nationale et européenne. De fait, l’analyse des processus de polarisation et de localisation par rapport à un diffuseur autoroutier par exemple, est souvent utilisée afin de situer les communes accessibles et les mieux desservies par le réseau. Dans une comparaison entre les périodes 1980-1983 et 1992-1995, cet auteur définit la place des aires de la logistique dans la massification et la concentration des flux : «La logistique est de plus en plus organisée à partir d’un ensemble de plates-formes hiérarchisées, qui concentrent ou éclatent les trafics, et entre lesquelles il y a massification des flux». Il remarque en outre une plus grande accessibilité offerte aux communes bi-modales ou trimodales par rapport aux communes mono-modales. Il montre l’influence des échanges internationaux dans la recomposition spatiale du stockage au gré des nouvelles orientations des flux. Ses résultats sur la recomposition multiscalaire du système spatio-logistique révèlent trois grands paramètres fondamentaux :

- La présence d’une situation favorable.
- Les réseaux de transport multimodaux et inter-reliés.

- La présence d'un pôle urbain.

L'ancrage territorial de la logistique se matérialise par l'implication des unités urbaines de consommation, des réseaux d'approvisionnement et la distribution de produits. Ces recherches montrent l'importance des mutations logistiques dans leur interaction avec les systèmes socio-économiques et productifs. Les activités logistiques impliquent aussi, au-delà du stockage et de l'entreposage de biens, les opérations d'emballage, de montage de produits et de conditionnement. Elles concernent notamment le pilotage des flux en provenance des sources d'approvisionnement des entreprises et les livraisons en temps réels des unités de production situées dans leur zone de chalandises, fonctions qui placent la logistique dans une position stratégique et intermédiaire entre la gestion des flux en provenance/destination du port de Marseille et les livraisons des unités de consommation. Ainsi donc, les liaisons entre les unités de production et les aires de stockage s'établissent d'un côté, par des flux d'approvisionnement et de distribution de marchandises pour les liens physiques, et de l'autre, par l'échange d'information et de communication entre les différents acteurs, pour le côté « soft » du transport.

L'espace des aires de la logistique et des aires industrielles va au-delà des bâtiments, pour inclure un vaste espace, composé à la fois des marchés et des lieux d'approvisionnement industriels. J.-C Perrin (1990) élargit le champ de l'organisation industrielle en y incluant l'espace du marché. L'analyse spatiale des industries a élargi son champ d'étude aux marchés. Le territoire des districts industriels est abordé sous la forme d'un ensemble d'entreprises et de marchés, d'où le terme employé de « territorialité industrielle ». L'économie spatiale tend à élargir de plus en plus son champ d'étude, en associant à un élément spatial tous les autres éléments qui sont en interaction avec lui.

Entre la géographie économique et l'économie territoriale

L'espace en économie territoriale

L'économie territoriale privilégie une entrée par les phénomènes basés sur la répartition spatiale des activités de production et d'entreprises afin d'évaluer leurs effets sur le développement territorial. C. Courlet (2008) définit le territoire comme un système complexe, entendu comme lieu de relations particulières entre de nombreux acteurs. Sa définition du territoire met en exergue trois éléments clés:

- Le rapprochement et/ou l'éloignement entre les entreprises et les activités reste le fondement de la nouvelle économie sur les avantages et les réductions des coûts.
- Une dimension sociale des relations et des échanges entre les unités et les acteurs.
- Et enfin, une dimension de conduite et de planification des systèmes économiques.

Autour de ces dimensions émerge le rôle de plus en plus croissant du territoire et s'affirme l'importance de l'espace dans la réussite des politiques de planification locale et globale. De même, B. Pecqueur et J-B Zimmermann (2004) expliquent les modèles utilisés par l'approche proximiste, en distinguant entre la proximité physique et la proximité organisée, « la première traitant de l'espace et des liens en termes de distances et, la seconde de la séparation économique dans l'espace et des liens en termes d'organisation de la production ». En résumé, les travaux en économie territoriale insistent sur les avantages et les réductions des coûts par rapport à la localisation des entreprises et les systèmes de gestion et d'organisation des systèmes économiques.

J-L. Coraggio (1981) introduit d'autres concepts spatiaux, notamment les notions de structure et de processus. Pour lui, structures et processus sont des phénomènes qui s'insèrent bien dans le cadre de l'analyse spatiale et sont liés à l'espace : « *Il existe une conception pour laquelle l'expression « structure spatiale » signifie « disposition des phénomènes à la surface de la terre. » Les « structures spatiales » sont produites par des « processus spatiaux » conçus comme un « mouvement sur la surface terrestre ». Structures et processus forment ainsi un couple et constituent ensemble les « relations spatiales » (1).* » (J-L. Coraggio, 1981). L'échange entre deux objets économiques implique un mouvement de l'un vers l'autre. C'est sur la base de ce mouvement que se modèlent les structures spatiales dans le temps et dans l'espace.

L'analyse économique a été construite, à l'origine, indépendamment de la notion d'espace. L'introduction de l'espace a modifié les méthodes de l'économie classique basée sur une concurrence parfaite, dans laquelle les entreprises sont localisées dans une plaine vaste, homogène et sans contraintes. Dans la pensée de l'économie spatiale actuelle, l'espace est relié à la distance à franchir pour aller d'un point vers un autre. Or, cet espace n'est pas homogène. Il est caractérisé par des barrières physiques, des aires urbaines, des mouvements, des profils socio-économiques, et par des individus ou des objets qui se déplacent. « L'espace est un obstacle aux relations entre sujets économiques, mais il permet en même temps de déterminer les dimensions des sujets et des objets de l'économie et sert de repère aux mouvements de ces derniers. Le concept de marché, les divers types d'interdépendance, la nature de la solidarité dans l'espace. Dans le temps, les pôles se déplacent, les réseaux se déforment et les aires s'étendent ou se rétrécissent. Double processus de déconcentration et de ramification. » (Bertrand, 1956). L'espace est introduit dans l'analyse économique sous forme d'obstacles aux relations entre les sujets économiques. Cet obstacle apparaît sous forme d'un coût mesuré par rapport à la distance séparant deux objets. Le coût de transport est un moyen d'introduire l'espace dans les modèles économétriques aux mêmes titres que les autres variables explicatives de l'évolution des échanges entre les objets, notamment le prix à la production, les mesures réglementaires et la présence ou non d'autres entreprises concurrentes.

Le territoire en géographie

« La **géographie économique** est la branche de la géographie humaine qui étudie la répartition spatiale et la localisation des activités économiques. La modélisation économique liée à la géographie économique est l'*économie géographique*, ou **économie des territoires**. » (Wikipédia, 2004)

C. Raymonde (1966) inventorie les principaux axes de recherche les plus abordés par la géographie économique :

- Des recherches qui visent à renouveler les méthodes et théories de la géographie économique.
- Des recherches dans l'agriculture, notamment sur la définition, la délimitation, la cartographie des systèmes et des régions économiques.
- Des études monographiques régionales.
- Des recherches sur les localisations et la répartition industrielles. Leur niveau de concentration et de diffusion.

Les recherches sur la géographie des transports s'attachent à montrer le rôle d'un ou de plusieurs moyens de transport dans la vie socio-économique des régions. Le transport est souvent étudié en fonction du développement des activités ayant une plus ou moins grande relation avec les déplacements de personnes ou de marchandises.

Le territoire en géographie économique appelle à se questionner sur la place accordée à cette dimension. M. Le Berre 1995 (dans Bailly, Ferras, Pumain, pp.601-617) étudie les rapports entre la société et le territoire et souligne les spécificités d'un territoire hérité par les sociétés. « Tout nouvel aménagement régional, toute reconversion de l'activité économique passe nécessairement par la prise en compte des spécificités territoriales développées dans un autre contexte économique ». Elle pose aussi la question des dynamiques territoriales pour apporter plus de clarté dans les processus de mise en place de configurations spatiales par l'étude des interactions entre la facette physique et organisationnelle du territoire.

O. Bouba-Olga et J-B Zimmermann (2004), définissent l'approche de l'analyse spatiale dans les modèles de proximités par une entrée spatiale «... retenant comme critère essentiel de différenciation entre deux points, la distance à franchir pour aller d'un point vers l'autre, et qui se concentre alors, logiquement sur l'analyse des coûts de transport ».¹¹ Au-delà d'une simple mesure de l'éloignement et de la localisation des points, l'analyse spatiale permet une potentialisation des dynamiques spatio-temporelles et une caractérisation des capacités communales dans leurs échanges avec les autres entités spatiales. Les mesures de l'accessibilité territoriale autour des *espaces à enjeux*, déterminés en tenant compte des

¹¹ Cités par B. Pecqueur et J-B Zimmermann, (2004), pge 90.

caractéristiques des fonctions de stockage et de production, et des distances séparant deux points, se rattachent à ce type d'analyse.

Dans le même ordre d'idées, les modèles développés en économie géographique, sont décrits par O. Bouba-Olga et J-B Zimmermann comme « analysant le résultat sur la formation de l'espace régional de la confrontation entre des forces centrifuges (congestion, hétérogénéité des préférences de localisations, coûts de transport) et des forces centripètes, relevant généralement des économies d'agglomération ou de localisation, autrement dit, de formes spécifiques d'externalités ». Cette distinction entre les forces internes et externes lie ces modèles aux méthodes de l'analyse spatiale où l'espace cesse d'être seulement un support d'activités mais devient partie intégrante des variables prises en compte dans la mesure du changement et des dynamiques spatiales.

La mise en commun des différents modèles nécessite une démarche interdisciplinaire afin de les comparer les uns aux autres, d'examiner leurs ressemblances, ainsi que les limites et spécificités de chacun. Ainsi, une distinction est faite entre la proximité spatiale et la proximité socio-économique. Les ressources d'un territoire sont attribuées à ce dernier type de proximités. Cet exemple, illustre les spécificités relevant de chaque type de proximités et leur complémentarité (Bouba-Olga et Grossetti, 2008).

Concernant la problématique des localisations industrielles, B. Sédillot et F. Maurel (1997) mesurent la corrélation entre la décision de localisation de deux établissements, en fonction de la typologie et de la répartition globale des industries appartenant à une même filière d'activités. L'introduction des mesures des externalités par rapport à la localisation choisie permet de montrer l'importance de la localisation ainsi que le niveau de concentration industrielle.

Le transport de marchandises reste l'élément fondamental dans la localisation des aires d'entreposage. Cette localisation est plus particulièrement concentrée et organisée en pôles majeurs dans le cas des transports groupés comme les AdM, le transport ferroviaire, etc. « La localisation optimale est donc celle qui permet de minimiser l'ensemble des coûts de transport c'est-à-dire de rendre aussi petite que possible la somme coût approvisionnement à partir des ressources, plus le coût de distribution des produits vers le marché. » (André, 1978)

La localisation d'une entreprise tient compte des coûts de transport ou « de transfert », qui interviennent tout au long du processus de production industrielle, à l'amont, pendant l'approvisionnement des industries en matières premières et biens nécessaires et à l'aval, dans la distribution des produits finis vers les clients.

La localisation des unités d'entreposage au service des entreprises de production doivent aussi tenir compte des coûts de transfert, comme facteur de localisation spatiale. Les systèmes logistiques et d'entreposage doivent faciliter la livraison des entreprises de production et des unités de consommation, ce qui implique qu'ils soient placés au cœur de la dynamique des

espaces d'activités de transport et de la logistique sur l'ensemble de la chaîne de l'offre et de la demande.

Les approches normatives et déterministes privilégient le comportement des entrepreneurs dans la localisation de leurs entreprises plutôt que le transport et les autres facteurs techniques. Les déterminants de la localisation des entreprises sont analysés en fonction des choix d'implantation et de la situation de la concurrence. Selon Mayer et Mucchielli (1999), les entreprises choisissent souvent de s'implanter dans les mêmes pays et les mêmes régions où sont implantés leurs concurrents. Cette tendance à l'attraction entre entreprises concurrentes s'observe davantage à une échelle fine qu'à l'échelle du pays.

« Les déterminants du choix de localisation des entreprises étrangères peuvent être classés en quatre grands types : la demande du marché des biens que l'entreprise peut espérer exploiter sur chaque localisation, le coût des facteurs de production que sa filiale devra utiliser, le nombre d'entreprises locales et étrangères déjà installées et enfin, les différentes politiques d'attractivité menées par les autorités locales, d'accueil ». Le choix de localisation devient donc un phénomène très complexe à saisir, du moment où il implique plusieurs déterminants. L'approche sectorielle de l'analyse des facteurs de localisation industrielle ne permet d'apporter qu'une partie de la réponse. Il convient donc d'aborder cette question d'une façon systémique en cherchant à intégrer les variables les plus déterminantes dans la localisation industrielle, selon les contextes spécifiques à chaque cas d'étude.

Les travaux en géographie économique montrent également les variations des activités de transport et de la logistique selon les différentes échelles. Pour Mayer et Mucchielli (1999), les facteurs de la localisation des entreprises multinationales dépendent des choix des entreprises selon que le lieu d'implantation est national ou étranger. La hiérarchisation du choix de l'entreprise, d'abord par pays, puis, par région et enfin, par proximités des entreprises concurrentes, est abordée sous la forme d'un processus. L'approche de la géographie économique hiérarchisée permet d'expliquer toutes les raisons intervenant dans le choix de localisation des entreprises, à différentes échelles du territoire (régional et national).

II.1.2. De l'espace des flux à l'espace intégré dans les échanges extérieurs de fret

II.1.2.1. De l'espace absolu à l'espace géographique

La modélisation prospective et spatiale s'enrichit de plus en plus par une conceptualisation théorique qui essaie de s'approcher de l'espace géographique. L'espace géographique est un espace vécu par les individus, existant matériellement, constitué de bâtiments, d'infrastructures et de réseaux de transport. Cet espace est composé de nombreux éléments en interaction réciproques. Il est impossible de les analyser dans leur globalité sans avoir recours à des outils plus systématiques capables de rendre plus compréhensibles ces interactions. Ainsi, d'un espace absolu, plus théorique, à l'espace géographique, réellement observable, les

modèles de transport de fret sont classifiés en fonction de leur degré de rapprochement entre le réel complexe difficile à comprendre et l'absolu qui tente de l'exprimer.

M-C. Cassé (dans Bailly, A., et al., 1995) explique que les rapports entre les réseaux de télécommunications et l'espace, se lisent à travers l'agencement des trames et le concept ordonnateur de l'espace : les nœuds, les embranchements et la topologie du réseau. Ces éléments peuvent d'emblée être perçus comme des objets spatiaux, étant partie intégrante de l'espace. En plus d'être un support des flux et d'échanges territoriaux, les réseaux de télécommunication représentent en eux-même un contenu de l'espace.

Or, parler des réseaux et des flux d'échanges qu'ils fournissent, revient en quelques sortes à parler des échanges spatiaux, par leur fonction de desserte des populations et les services. À ce propos, Cassé parle d'un élargissement de « ...la notion de réseau technique à celle de réseau territorial ». En résumé, nous avons d'un côté, un espace des réseaux qui est celui des flux qui les parcourent. Cet espace est ancré dans un espace global dont la particularité réside dans le lien entre les services d'accessibilité offerts par ces réseaux et les lieux de localisation des populations ou bénéficiaires de ces services. D'une façon imagée, on aurait plutôt tendance à détacher et à banaliser l'espace par une représentation simplifiée des réseaux et des flux qui les parcourent. Mais en réalité, les limites entre réseaux et espaces desservis, ne cessent de s'estomper quand on cherche à approfondir beaucoup plus sur le rôle de l'espace dans les échanges. Selon les approches spatiales, l'espace des réseaux explicite les relations entre les sociétés et leur territoire à travers le développement inégal et les différenciations spatiales selon l'accessibilité offerte. L'espace et les réseaux de transport sont abordés par F. Plassard, (dans Bailly, A., et al., 1995), en termes de concentration et de discontinuités en fonction de l'accessibilité, en termes de dualisation basée sur la durée des déplacements, la proximité, la continuité et la contiguïté.

Dans la pensée économique classique, l'espace est introduit d'une façon implicite et simplifiée, il est soit abstrait, soit homogène et isotrope. L'espace est, au mieux, pris en compte dans une partie des modèles et non pas dans l'ensemble des composantes et des facteurs du système de transport. C. Ponsard (1955) introduit, vers les années 50, la dimension spatiale dans les modèles économiques, en se basant sur les travaux de ses précurseurs [Von Thünen, (1826), Weber, (1909), Christaller, (1933), Loesch, (1940), etc]. Tout phénomène économique y est défini par des coordonnées spatiales (concept de dimension), chaque unité économique correspondant à un centre de décision localisé, constitue un pôle, et les relations entre les pôles constituent des champs de forces. Puis, l'intégration du facteur spatial se poursuit dans les années 90 avec les recherches de Pierre-Henri Derycke sur les réseaux et la couverture équitable du territoire (1992). L'espace apparaît notamment dans l'explication des inégalités territoriales qui fondent les échanges de marchandises.

L'intégration de l'espace commence à prendre plus d'ampleur avec les travaux de l'analyse spatiale. Ainsi, l'analyse spatiale du transport de fret prend appui sur le modèle de Von Thünen, sur le modèle de la localisation industrielle de Weber, sur le modèle de Hotelling et

de Palander. Elle se réfère également aux travaux empiriques de Reilly sur la loi de gravitation du commerce de détail, à la théorie des places centrales de Christaller ainsi qu'aux travaux de Lösch. L'apport de ces chercheurs a été majeur. En effet, l'espace cesse d'être un simple support matériel sur lequel se déroulent les échanges. Son intégration modifie complètement toutes les théories classiques et apporte une vision de plus et matérielle de la dimension spatiale. L'espace est aussi mis en avant dans le domaine de l'économie spatiale avec, notamment, les travaux de W. Isard (1951) et dans le champ de la géographie économique, avec P.R Krugman (1991).

Les différences majeures entre ces théories et modèles de l'espace, tiennent en général à l'expression de l'espace. Les degrés de représentation de l'espace diffèrent selon le rapport entre le réel et l'abstrait. La représentation de l'espace se fait au moyen de points, de lignes et de surfaces. Actuellement, les modèles de transport cherchent un rapprochement entre l'espace théorique et l'espace concret.

II.1.2.2. De la représentation concrète de l'espace aux interactions spatiales

L'importance du rapport à l'espace dans l'étude des liens entre les transports et les territoires, a été révélée dans les propos de F. Plassard (2004) : « La question des conséquences de la mise en place d'une nouvelle infrastructure de transport ne peut pas être posée sans faire référence à la production de cette infrastructure elle-même, aux conditions dans lesquelles elle est apparue, et à sa place dans le fonctionnement de l'ensemble du système social ». Une infrastructure s'analyse donc à travers le rôle qu'elle joue, selon le contexte socio-économique dans lequel elle est placée. Ignorer cette relation revient à renoncer à l'ensemble des liens d'interactions qu'elle entretient avec les autres composantes du système. Il ajoute aussi qu'il convient de placer ce nouvel élément territorial dans les grandes mutations du monde contemporain. Rejoignant ainsi l'idée de R. Brunet et d'O. Dollfus (1990) selon laquelle l'infrastructure apporte plus d'explication sur le fonctionnement des systèmes du monde contemporain.

Si « ...la relation de cause à effet continue de fournir à *l'économie des transports* un cadre d'analyse privilégié » (Offner, 1993) se montre critique vis-à-vis de l'idée d'effets structurants systématiques des nouvelles infrastructures de transport, assénée dans les discours politiques comme dans certaines études scientifiques. Les démarches privilégient plutôt l'impact socio-économique issu des externalités des infrastructures. Les infrastructures s'insèrent aux territoires structurés par des activités socio-économiques. Ces dernières peuvent évoluer en fonction de nouveaux avantages offerts aux usagers et aux activités. Le travail de J-M Offner ainsi que d'autres travaux sur les effets structurants des infrastructures de transport, montrent qu'il n'existe pas de relation de cause à effet entre la mise en place d'une infrastructure et le développement qui en résulte. J-M Offner constate que l'impulsion

des activités socio-économiques autour d'une nouvelle infrastructure, est souvent liée à l'ajustement et à la dynamisation des activités préexistantes.

Par ailleurs, en raison du recul temporel insuffisant, les effets positifs sont difficilement perceptibles à court terme. En référence à la vision systémique des changements introduits par les infrastructures dans le système territorial, il convient de porter l'attention sur le contexte général de mutation dans lequel s'inscrivent les nouvelles infrastructures, sur le contexte local et sur les potentialités existantes. J. M. Offner (1993) affirme à propos de l'interaction que suscitent les échanges entre les différents facteurs, notamment les facteurs techniques et les facteurs socio-économiques : « On n'en revient pas pour autant à une théorie creuse et tautologique de l'interaction universelle, car rien n'empêche, à l'intérieur du système, d'étudier les différences de dynamismes spécifiques ».

Si l'on veut parvenir à saisir les liens d'interdépendances et les processus d'agrégation qui unissent, les variables en interaction, celles-ci ne doivent pas être isolées les unes des autres. La variable « transport » ne peut être séparée des autres variables socio-économiques. Cette nouvelle conception invite à changer de paradigme en substituant à une logique fondée sur l'étude d'impacts des infrastructures, à une logique plus complexe, intégrant tous les facteurs qui caractérisent le système spatial, avec son épaisseur politique, économique et sociale. « Il y a donc interaction entre les dynamiques structurelles..., et des stratégies d'acteurs... ». J-M. Offner souligne également l'importance d'un accompagnement indispensable, pour susciter la dynamique des transformations attendues. Pour cet auteur la notion de « congruence » est expliquée non par un faisceau de causes et circonstances historiques, mais par la mise en évidence d'un parallélisme entre les deux. Il priviliege la piste des interactions réciproques entre l'infrastructure, le contexte socio-économique et historique et les effets produits, plutôt que le rapport de cause à effet, qui reste incertain.

La question des interactions spatiales et des relations entre les objets économiques est souvent étudiée par l'analyse de l'autocorrélation spatiale. Il existe une forte relation entre les méthodes de l'autocorrélation spatiale et les applications dans le domaine de la géographie économique. L'autocorrélation spatiale permet, en géographie économique, de mesurer l'impact des externalités et des interactions entre les variables explicatives spatialisées. « *L'introduction de l'espace dans les modèles économétriques n'est ni neutre ni immédiate et les techniques de l'économétrie spatiale visent à prendre en compte la présence de deux importants effets spatiaux : l'autocorrélation spatiale qui se réfère à l'absence d'indépendance entre des observations géographiques et l'hétérogénéité spatiale qui est liée à la différenciation des variables et des comportements dans l'espace* » (Le Gallo, 2002).

Enfin, on ne pourrait pas parler de la géographie des transports internationaux de fret sans évoquer l'importance et l'influence des externalités positives sur l'évolution des échanges. Le rôle des facteurs externes dans la régulation des équilibres des systèmes économiques intervient dans certaines situations d'une façon très déterminante, comme élément

d'ajustement et de correction des défauts internes. Leur influence est souvent abordée par la notion d'externalités environnementales autour du territoire d'étude (Gaffard et Quéré, 1998).

II.1.2.3. L'espace portuaire et les aménagements des terminaux

La pérennité d'une ligne d'AdM dépend aussi de la fréquence et de la régularité des navires. Cela pose le problème du nombre de bateaux ainsi que de leur horaire, et d'une organisation continue dans les départs et les arrivées entre les deux ports. Une ligne fonctionnant normalement a besoin de deux bateaux qui effectuent des rotations successives entre le port de départ et le port d'arrivée. Plus de deux navires, lorsque les marchés et les tonnages échangés sont suffisants pour garantir les taux de remplissage (en moyenne 70 %). L'infrastructure « navire », pour une AdM, constitue donc à la fois la chaussée et le bâtiment.

Tout transport nécessite un espace de parking et de stationnement durant les temps d'arrêt ou d'attente. Une AdM requiert un espace pour le chargement et le déchargement du matériel roulant qu'elle transporte. La question du dimensionnement des lieux de stationnement à aménager pose un défi aux autorités portuaires. En effet, la marchandise est déjà embarquée dans des camions. Elle n'a pas besoin d'être stockée comme pour des conteneurs ou d'être déchargée au moyen des grues. Le temps de stationnement est limité. Il correspond le plus souvent aux temps d'obtention d'un permis de sortie du port, en réglant et en remplissant toutes les formalités administratives et douanières.

Les places de parking devraient néanmoins permettre un déchargement de véhicules, et, si les besoins l'exigent, un chargement de nouveaux véhicules pour le prochain départ. Dans d'autres cas une immobilisation du navire sur le quai, dans l'attente d'une prochaine sortie, s'impose. Ainsi, pour un navire d'une capacité maximale de 150 camions, faut-il prévoir un parking de 150 camions ou doubler les emplacements pour permettre les arrivées et les départs successifs ?

Les programmes européens de promotion des AdM prévoient même la simplification de formalités portuaires en un seul et unique enregistrement au port de départ. Dans ce cas, le port de débarquement servira simplement de port de passage, exempté des formalités douanières et administratives. Cette mesure vise en effet à réduire au maximum les temps d'arrêts et d'immobilisation des véhicules et des navires dans les espaces portuaires. Il en va de même pour la réduction des besoins en espaces de stationnement. Les espaces portuaires et les aménagements en infrastructures pour l'accueil de navires et de véhicules de transport terrestres, ont un rôle déterminant dans la concentration et la diffusion spatiale des flux vers l'arrière-pays. L'espace portuaire sert à la fois de point de passage obligatoire mais aussi de lieu de services divers fournis aux usagers.

II.2. La notion du temps dans le transport international de fret

II.2.1. Le temps comme facteur de compétitivité et de choix modal

Le temps sert à exprimer les distances parcourues par un mode de transport sur un trajet donné. Les relations entre espace et transport trouvent, dans le temps, une nouvelle façon de représenter l'espace euclidien en un espace mesurable selon les temps passés sur les réseaux de transport. Avec l'accroissement des vitesses et la fluidification des trajets de transport, les distances physiques ont cessé d'être un élément important de l'expression des échanges. La dimension temporelle s'est affirmée avec les réductions des coûts de transport par une minimisation des temps et des distances parcourues. Aussi, actuellement, le temps dans le transport de fret a-t-il beaucoup plus de valeur, dans le choix modal, que les distances physiques.

De nombreux travaux sur le temps de transport dans la production des entreprises, témoignent en effet de son importance sur la concurrence entre les entreprises. « La rapidité de livraison des biens, dont le temps de transport est une composante notoire, apparaît ainsi comme un élément supplémentaire de concurrence entre producteurs, ... » ou encore « ...la performance économique du transport ne se mesure pas seulement à son coût, mais aussi à son temps de réalisation » (Savy, 2007). Le temps d'acheminement d'un produit d'un point A à un point B, conditionne souvent le choix modal. Ce temps dépend de la distance parcourue et de la rugosité des trajets. Il est souvent pris en compte avec le coût de transport. Valeur du temps et coût de transport sont deux attributs quantitatifs du transport de fret ayant des influences réciproques sur le coût généralisé de transport et sur le coût de production des industries. La fiabilité des chargeurs dans leur choix modal dépend aussi du jugement de valeur que ceux-ci portent sur les temps de leur livraison.

La minimisation des temps et des coûts de transport s'effectue par la méthode utilisant la courbe de distribution du trafic pour comparer entre les modes choisis, la variation du ratio des temps ou des coûts de trajet par rapport au pourcentage des véhicules ayant effectué le trajet (Hipolito, 2007).

Dans le cas d'une indifférence entre deux modes, le rapport entre les temps ou coûts de transport du premier mode de transport t_1 et du second t_2 donnera une valeur égale à 1. Le choix ou la préférence d'un mode de transport par rapport à un autre se fait sur la base des résultats obtenus. Si $t_1/t_2 < 1$ alors t_2 est le mode préféré. Si $t_1/t_2 > 1$ alors t_1 est le mode préférentiel pour le transport.

Pour estimer plus précisément le temps et les coûts de transport, il est préférable de prendre en compte tous les temps susceptibles d'allonger ou non le trajet, du début à l'arrivée. La méthode de minimisation des temps et des coûts de transport additionne, en effet, tous les trajets parcourus à des vitesses homogènes ou moins variant, tous les temps d'arrêts, tous les

temps passés pour charger ou décharger les véhicules ainsi que tous les temps passés pour embarquer ou débarquer les véhicules dans le cas des transports intermodaux ou combinés.

Les temps diffèrent d'un mode de transport à un autre, selon les caractéristiques propres au trajet, les parcours et les arrêts ainsi que les vitesses. M. F. Hipolito (2007) donne les formules de calculs utilisées pour comparer les temps de trajets entre la route et le cabotage maritime, qui peuvent servir également à évaluer d'autres caractéristiques de transport comme les coûts externes, les délais de livraison et la sécurité de la marchandise transportée.

$$t_{\text{route}} = tm + t_{\text{trajet routier}} + tp + ts + tc + ta + tm$$

$$t_{\text{cabotage}} = tach + taq + te + t_{\text{navigation}} + taq + td + tpach$$

où

Le temps perdu dans les files d'attente aux péages (tp),

Les arrêts en station service (ts),

Les contrôles pendant le voyage (tc),

Le temps d'attente pour accéder au lieu de chargement (ta),

Le temps de charge et de déchargement des marchandises ou de manutention des conteneurs (tm).

Le temps d'attente des navires dans les ports pour avoir un quai (taq),

Le temps d'embarquement (te),

Le temps de débarquement (td) de marchandises dans les ports et le temps de préacheminement (tach)

Le post acheminement terrestre (tpach).

Les temps décomposés sur les différents trajets sont convertis en valeur monétaire grâce aux enquêtes menées auprès des chargeurs et des transporteurs. Ces valeurs offrent la possibilité d'étudier et de comparer la compétitivité modale sur des trajets bien connus. Elles pourraient servir à dégager les caractéristiques générales d'un mode de transport donné et ses tendances actuelles et ses évolutions futures. La modélisation du choix modal entre deux trajets de transport intègre la valeur du temps pour distinguer un mode d'un autre mode. D'autres facteurs de choix modal également déterminants peuvent être intégrés à la modélisation : il s'agit, par exemple, du temps calculé par la minimisation des coûts de transport qui intègre toutes les caractéristiques du parcours et les variations des vitesses selon les obstacles et les ralentissements qui se présentent.

II.2.2. Le binôme espace-temps dans les modèles de transport

Le transport est un processus qui consiste à déplacer les produits d'un point d'origine à une destination. Ce déplacement de produits s'inscrit bien dans l'espace du moment où le trajet effectué a un point de départ localisable sur l'espace et une destination bien déterminée. Pour des trajets simples, les deux points sont donc reliés par une distance parcourue sur le réseau de transport. Certains trajets sont plus que d'autres, articulés par les nœuds et les points d'arrêts. Le trajet simple fait place à un trajet plus complexe avec plusieurs nœuds et plusieurs tronçons. On parle souvent de chaîne de transport complexe. En suivant le tracé du parcours d'un véhicule articulé par les points d'arrêts, on arrive à matérialiser le processus de transport dans l'espace. M. Savy (2007) parle de *la réversibilité du transport dans l'espace et non dans le temps. Le temps étant une dimension irréversible. On peut revenir au point de départ mais on ne peut pas revenir au temps de départ.*

Cette représentation du transport dans l'espace possède également des caractéristiques temporelles. Car l'action de transporter les produits de A vers B, puis de B vers C, puis le retour de C vers A, à titre d'exemple, s'accomplit dans un temps T, qui est égal, au temps de parcours AB plus BC plus CA. Le temps du transport revêt un aspect important dans les activités de production. Ce temps se calcule souvent par les distances parcourues depuis une origine jusqu'à une destination. Le temps de transport est une dimension qui reste cependant inséparablement liée à l'espace des transports. Le binôme espace-temps est incontournable pour les activités de transport et les utilisateurs des services de transport.

Les modélisateurs des flux de transport sont conscients de la dimension spatio-temporelle du transport. Les matrices origines-destinations sont l'exemple le plus simple et le plus courant de l'expression du temps et de l'espace dans le transport. Certains modèles ont du mal à intégrer cette dimension. Le niveau de la prise en compte de la dimension spatio-temporelle dans les modèles de transport dépend profondément de la lecture géographique des processus de transport.

II.3. De l'échelle locale à l'échelle internationale

Le transport de marchandises international est un phénomène multi-échelles. De l'échelle d'une entreprise de production avec son voisinage, à l'échelle régionale des espaces de l'intermodalité et les échelles internationales d'échanges entre deux entreprises situées dans deux pays différents, une approche multiscalaire s'impose pour bien comprendre les échanges de fret. De même, la question des échelles du transport est multiniveaux, elle englobe également les acteurs situés sur les chaînes de transport, les politiques de planification et d'organisation, les coopérations et les partenariats, les marchés, etc.

Tous les facteurs et toutes les contraintes scalaires sont à prendre en compte dans l'analyse des transports, afin de mesurer l'interopérabilité des échelles et les incidences d'une décision prise à une échelle sur les autres. Le transport international de marchandises entre l'Espagne,

le sud de la France, et le nord et le centre de l'Italie est un cas particulièrement intéressant. sur ce terrain d'analyse. Ce transport implique donc des territoires différents soumis à des différences de réglementations, de politiques de transport, d'aménagements, et des acteurs amenés à travailler en partenariat sur le même projet. Dès que la marchandise sort de l'entreprise, elle est dirigée vers des entrepôts soit locaux soit régionaux, elle emprunte des voies de communication de niveaux local, régional ou international, elle transite par des ports au trafic régional mais aussi international, elle est acheminée par navire roulier vers un port situé dans un autre pays, etc. Nous percevons que la question des échelles est très délicate dans le domaine des transports de fret par AdM. Cette question doit être intégrée tout au long de la démarche, tout au long des chaînes de transport et de la logistique, depuis l'origine jusqu'au bout de la chaîne des transports.

II.3.1. Les principales échelles du transport international de fret

Dans cette évolution des aires de dessertes du transport de fret, deux processus nouveaux sont devenus prédominants et, expliquent actuellement l'apparition de nouveaux liens entre transport et territoire : il s'agit de « la concentration et de la spécialisation ». La recherche sur les transports priviliege le plus souvent des échelles régionales et nationales. Les travaux portant sur les échelles internationales ou les échelles interétatiques sont rares et limités, alors que l'ampleur des échanges continue à s'étendre au-delà du cadre des états et des frontières nationales.

Le modèle de Weber sur les localisations des aires industrielles trace des isodapanes d'aires d'influence des unités territoriales, en fonction de la localisation d'entreprises utilisant les plateformes logistiques pour leur approvisionnement, ou bien à partir des aires portuaires, ou encore de tous les grands nœuds de génération ou d'attraction des flux de fret de marchandises vers les autres unités. Ce modèle permet notamment de croiser les techniques de recompositions spatiales basées sur l'analyse empirique des évolutions des unités spatiales au fil du temps, et les analyses exploratoires de la prospective des localisations futures des grandes unités de polarisation de l'espace logistico-portuaire. Nous distinguons ici trois types d'entrepôts : l'entrepôt local, le national et l'entrepôt régional ou européen. Cette distinction se réfère aux flux de transport qui les fréquentent, selon leur provenance et leur destination, et selon les services et prestations fournies par les logisticiens. La prise en compte de ces trois échelles se fait par une plus ou moins grande intégration de l'espace de la logistique selon le niveau distingué.

Des ports, en direction de l'hinterland, les échelles des flux de transport de pré et post acheminement sont appréhendées à partir d'une analyse locale des unités territoriales génératrice de l'offre et de la demande, ainsi que par les réseaux de communication sur lesquels transitent ces flux. La combinaison entre les deux types d'analyse offre une classification spatiale des échelles du transport de fret par les AdM. Le mode de transport

international de fret dispose d'une configuration propre par les directions et le sens dans lesquels s'effectuent les trafics. En effet, les échanges routiers s'opèrent transversalement d'une unité à l'autre par la traversée d'une frontière sans changement modal. Les frontières marquent une entrée à un niveau à la fois international et régional. À l'échelle locale, les aires de la génération des flux de transport sont emboîtées dans les niveaux régionaux des plates-formes logistiques et des corridors d'échanges régionaux. Les deux derniers niveaux sont le plus souvent imbriqués, d'abord le régional, puis l'international (Fig.14). Cela pose des problèmes sur les flux de pré et post acheminement routier à partir ou en direction du port. Ces problèmes concernent les démarches et contrôles portuaires effectués aussi bien dans le port origine que le port de destination. D'où un allongement des temps de transit portuaire et les retards conséquents à l'arrivée vers les destinations finales. La résolution de ce problème d'échelle se fait par une redéfinition des chaînes de transport intermodal associant les parties de trafics dans leur globalité, depuis l'origine jusqu'à la destination finale. Le passage d'une échelle à une autre s'appréhende facilement par les distances parcourues et les localisations des nœuds d'articulation des réseaux dans un espace global des territoires en échanges. Transport, distances et territoire sont les trois composantes essentielles des échelles de transport international de fret.

La figure 14 montre le sens et la direction des flux de transport international routier et d'AdM par rapport aux trois principales échelles. La capacité des territoires desservis ou traversés par ces mouvements dépend à la fois de leur positionnement par rapport à ces flux, de leur contribution aux flux et de l'orientation générale de la politique des transports vers un mode de transport donné.

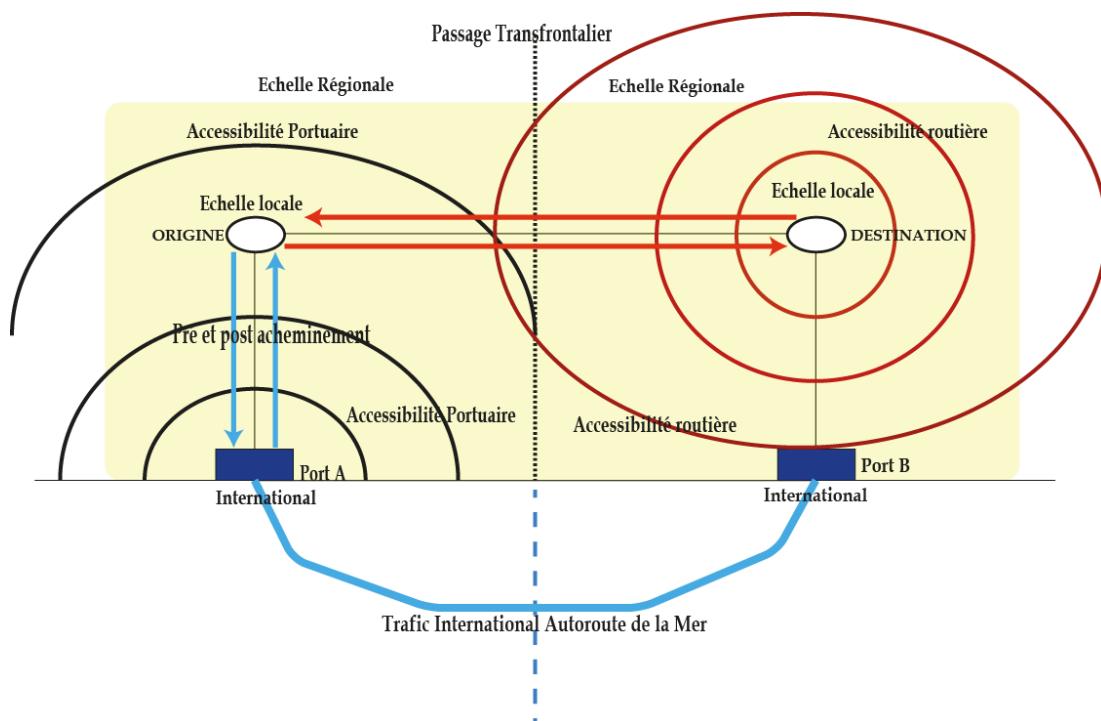


Figure 14: Les échelles du transport de fret dans le commerce international: la route et les AdM

Face au mode de transport routier international, les territoires sont évalués par rapport aux axes de fret majeurs établissant une liaison entre le sud de la France, l'est et le nord-est espagnol et le nord de l'Italie. Ces axes sont de véritables sources de drainage de flux venant tous azimuts. La part d'un territoire dans les flux dépend du niveau de ses échanges, et des paramètres de localisation par rapport à ses destinations majeures. Les AdM remplacent souvent des corridors terrestres qui leur sont presque parallèles. Le sens et la direction des flux changent du moment où les origines et les destinations cherchent à joindre les ports d'embarquement et de débarquement. À partir d'un espace de génération ou d'attraction de flux situés à une échelle locale, les flux de pré et post acheminement routiers se dirigent vers les terminaux portuaires les plus proches. Ce changement de direction impose aussi l'usage de réseaux autoroutiers pour accéder au port. Les échelles du transport par AdM sont donc déterminées par la progressive avancée des flux et leur trajet sur l'ensemble de la chaîne des transports. Dès qu'ils quittent les centres de génération locale des flux, les camions empruntent des corridors européens ou régionaux. Ils arrivent dans les espaces portuaires à caractère régional et international. Ils sont embarqués/débarqués dans des navires rouliers et entrent dans le trafic de niveau international. À son arrivée dans le port de destination, la marchandise suit une nouvelle réglementation et un cheminement inverse sur l'hinterland d'arrivée. Là réside la particularité majeure des passages portuaires qui se démarquent de la traversée des frontières nationales par les flux de transport routier.

Les traversées des frontières nationales, obligatoires pour les flux routiers, perdent leur importance pour les flux d'AdM. Cette ligne de démarcation des frontières s'estompe, laissant place à une nouvelle réglementation des transports maritimes dans les mers et les océans ainsi qu'à une disparition des ralentissements des flux sur les points de péages transfrontaliers et des contrôles douaniers. Conférant ainsi des trajets plus fluides et homogènes aux navires rouliers. La question des échelles dans le transport par AdM devient ainsi une question centrale, car elle fait intervenir, en dehors des aspects purement techniques, des aspects de la planification et de l'organisation des transports.

II.3.1.1. La modélisation du transport de fret à l'échelle locale

De la localisation des unités au partage modal

L'échelle locale permet de mieux représenter les phénomènes et de les localiser en fonction de leur évolution dans le temps. Parmi les travaux sur la localisation des unités spatiales et le partage modal, quelques notions clés ont pu attirer notre attention. V. Siarov (2004) évalue à la fois les devenirs des transports, en termes de flux de transport au niveau méditerranéen, et leur distribution spatiale autour de grands axes de potentiel intermodal. Les principaux concepts de sa démarche se fonde sur les notions de potentiel global de la demande, d'espace d'échange méditerranéen et sur l'émergence de principaux pôles de concentration et massification des flux. Pour cet auteur, la notion *d'espace méditerranéen* intègre, en plus des

pays des deux rives de la méditerranée, les pays riverains de la mer noire et du proche-orient considéré dans l'espace européen élargi. La dimension spatiale apparaît dans la distribution spatiale des échanges et leurs projections dans l'avenir (pour l'an 2020), dans une approche qui intègre également les types d'échanges, en termes d'import-export, et les types de produits échangés. La mise en évidence d'axes à fort potentiel de développement des échanges de fret est obtenue par la croissance des tendances annuelles et par l'intensité des flux. Les capacités et surcapacités de flux, (Berthaud et David-Nozay, 2000) et (Vallouis, 2010) sont responsables de l'accroissement des trafics et du redimensionnement des espaces portuaires.

Tableau 6: Les éléments spatiaux dans les travaux de la prospective de transport de fret à un niveau local.

	Eléments spatiaux caractéristique de l'échelle locale
Compatibilité avec les autres échelles	<ul style="list-style-type: none"> -Une échelle locale où les lectures des territoires sont plus fines et les relations plus détaillées qu'à l'échelle nationale. -Les niveaux supérieurs sont pris en compte à travers des variables dites externes dont l'influence reste importante. -L'échelle locale exprime les particularités des territoires par rapport aux autres.
Espace et territoire	<ul style="list-style-type: none"> -L'espace est représenté par des pixels de taille réduite. -Pour saisir l'influence des éléments extérieurs il faut se référer aux niveaux supérieurs. -Détection des espaces à enjeux, pôles de concentration de flux. -L'espace est intégré par la distribution spatiale des flux et de leurs projections dans l'avenir.
Variables et étendue des terrains d'étude	<ul style="list-style-type: none"> -La demande de transport dépend de l'organisation des processus de fabrication, de production et des marchés. -Les variables liées à l'offre dépendent de la régulation des infrastructures et des services mis en place, et de l'amélioration des systèmes d'information et de communication. - Intégration de l'espace situé en dehors de la zone d'étude (Exemple : La Russie dans les échanges méditerranéens).
Enseignements pour la géoprospective	<ul style="list-style-type: none"> -Le bottom-up facilite l'application de la même méthode, à toutes les échelles, et la compatibilité des résultats. -Incorporation de l'espace toujours timide et absence de cadre conceptuel cohérent pour la complexité des phénomènes à analyser. -Les espaces à enjeux sont des points d'entrée autour desquels se développent les analyses spatiales des aires d'influence et d'opérativité.

Source : J. Ndayishimiye, (2013).

L'intégration méditerranéenne des échanges devrait se faire, selon P. Vallouis, par un développement des échanges de proximités entre les pays frontaliers, par une très grande ouverture des territoires vers une région méditerranéenne continue de proche en proche, mais aussi par les échanges avec les autres pays éloignés. Le tableau 6 rassemble et détaille les éléments spatiaux caractéristiques du transport de fret à une échelle locale.

L'équilibre entre l'offre et la demande

Le modèle à quatre étapes développé par P. Berthaud et N. David-Nozay (2000) modélise les transports futurs sur un axe, par une projection de grandes variables de la demande, dans une optique multimodale qui prend en compte l'évolution des autres modes de transport¹². L'espace apparaît dans l'étape de génération des flux par la spatialisation des données socio-économiques comme la population, les revenus et le PIB. Le reste du processus de modélisation concerne les flux ainsi que leur distribution spatiale entre les zones d'origine et de destination finale. La méthode repose sur une approche par couloir de fret autour duquel se développe une évaluation de l'offre et de la demande des transports de fret, par rapport aux autres couloirs concurrents. On parle ainsi de corridors d'action ou d'espace des échanges de fret. Par exemple, les capacités des infrastructures sur les différents axes du couloir du Rhin-Rhône, expriment l'offre des transports.

Les données spatiales à l'échelle locale renseignent sur la dynamique d'évolution et sur les inégalités spatio-temporelles des territoires. L'analyse par catégorie de marchandises selon une classification NST jointe aux données de population, d'emploi, de PIB et de valeur ajoutée par secteur d'activité, informe sur les facteurs de la productivité des entreprises, les recompositions spatiales introduites par les fonctions logistiques et sur les nouvelles variables de la demande de transport.

À l'échelle locale, la demande de transport de fret est évaluée à partir de toutes les variables spatiales ayant un rôle à jouer dans l'évolution des échanges internationaux. Les données sont généralement disponibles au niveau régional et plus rarement au niveau départemental. Elles sont intégrées dans les modèles sous forme de données surfaciques dont la connectivité au réseau de transport s'effectue par un barycentre ponctuel connecté aux réseaux de transport.

Les infrastructures de transport expriment l'offre des territoires et leur capacité à contenir les flux de fret observés. Les dysfonctionnements repérés sur les réseaux de transport détectent les signaux faibles et annoncent les ruptures ou les discontinuités dans les évolutions futures. Les points rouges sont donc repérés, quantifiés et cartographiés sur le réseau de transport. Les quantités d'importations et d'exportations des territoires sont annuellement relevées, selon leur origine et leur destination finale, et le nombre de véhicules et les quantités de

¹² Dans cette étude, le point central est l'estimation du devenir des transports ferroviaire comparativement aux modes concurrents et en prenant en compte aussi tous types de scénarios alternatifs contrastés.

marchandises transportées, par mode de transport. La plupart des modèles de prospective de fret cherchent à établir un équilibre entre l'offre en infrastructure et la demande exprimée par les territoires.

La pertinence des résultats de la prospective spatiale dans le transport de fret est ici dépendante de la finesse et de la qualité des données spatiales introduites dans les modèles. Le département est privilégié plutôt que la région, la région plutôt que les données nationales, etc. Le bottom-up à partir de l'échelle locale ouvre le champ des possibles aux phénomènes qui ne peuvent pas être détectés par une observation sur un seul niveau.

II.3.1.2. Le transport routier et par AdM à l'échelle internationale

Les échanges portuaires

Les interactions entre les infrastructures de transport, les espaces logistiques et d'entreposage et les unités de production ou de consommation déterminent d'une façon précise l'échelle du fonctionnement territorial des échanges internationaux. Dans le cas des AdM et du transport routier international, les territoires sont structurés par de grands espaces d'importation et d'exportation de produits, par les entrepôts à caractère européen ou régional et par les grands nœuds ou hub du réseau de transport.

Le tableau 7 rassemble l'ensemble des éléments spatiaux intervenant à l'échelle internationale, au niveau d'un pays, d'un continent ou du globe entier. Véritables nœuds des réseaux de transport international, les éléments cités, disposent d'un ancrage spatial international, au service des dessertes des entreprises ou autres services subalternes. Les flux routiers internationaux et les flux de pré et post-acheminement routiers joignent le plus souvent les deux bouts du trajet constitués par les éléments spatiaux relevant d'une dimension internationale. Les origines et les destinations des lieux de commerce international émettent ou reçoivent la quasi-totalité des flux de marchandises avant leurs distributions vers les autres éléments spatiaux. La gestion internationale des places et des flux de marchandises diffère des flux et activités locales. Cette gestion est souvent soumise à deux ou plusieurs réglementations différentes, des politiques de transport international, des taxations différentes et des dépenses de trajet qui s'effectuent dans deux ou plusieurs pays.

Les échanges entre deux ports commerciaux entrent dans ce cadre d'échanges internationaux. Du moment où un navire roulier quitte un port appartenant à un pays A, les réglementations changent tout au long de sa traversée maritime comme à son arrivée dans le port B, soumis à une réglementation du pays où il est implanté. Les politiques de transport, les tarifications douanières, les coûts de chargement et de déchargement, les prestations de services portuaires, etc... changent également. L'ensemble de ces variations cause une variation des prix et des coûts de transport. Ces coûts constituent des contraintes incontournables dans la modélisation des flux de transport internationaux. Aussi, les échelles portuaires sont-elles prises en compte

dans ces modèles, à la fois sur les espaces terrestres structurant les arrières pays portuaires et sur les liaisons interportuaires.

Tableau 7: L'espace de transport de marchandises sur les échelles internationale et nationale.

	Echelle Monde et Région Europe (Internationale-Régionale)	Echelle France ou pays (Nationale)
Spécificités	<ul style="list-style-type: none"> -Grandes tendances mondiales basées sur les échanges inter-continentaux. - Grands courants géopolitiques et stratégiques mondiaux, déterminants des transports. -Spécificités des territoires Européens. 	<ul style="list-style-type: none"> -La disponibilité de données facilite les analyses au niveau pays. -Entrée «grands axes de fret » Nord-Sud par exemple. -Approche territoriale est privilégiée, nouveaux travaux avec une approche spatiale.
Travaux et principaux commanditaires.	<ul style="list-style-type: none"> -Projections des Nations-Unies. -Commission Européenne. 	<ul style="list-style-type: none"> -Travaux de la DATAR. -Autres organisations au niveau étatique. -Politiques des transports nationales.
Incertitudes majeures et ruptures.	<ul style="list-style-type: none"> -Ressources énergétiques disponibles dans le futur. -Potentiels et réserves mondiaux non encore explorés. -Sources d'énergie alternatives. -Durabilité des transports. 	<ul style="list-style-type: none"> -Coopération et partenariat inter-étatiques. -Durabilité des transports avec le développement des alternatives à la route. -Innovations et temps de réponse aux changements.
Dimension spatiale	<ul style="list-style-type: none"> -Echanges entre les grands foyers émetteurs et récepteurs de flux. -Opposition entre les pays du Nord et les pays du Sud. -Tendance à la régionalisation des enjeux au niveau Europe. -Questions des frontières et régions. -Nouvelles variables (Europe) comme «<i>Politique Agricole</i>» et «<i>Dimension sociale de la géogouvernance des transports</i>» 	<ul style="list-style-type: none"> -Interaction spatiale au niveau national. -Référence de scénarios par rapport à l'échelle Monde. -Rapports privilégiés avec les pays riverains. -Le territoire dans les origines et destinations des flux.

Source : J. Ndayishimiye, (2012).

Cette échelle concerne les analyses de grands courants d'échanges de marchandises ainsi que des phénomènes géopolitiques et économiques majeures. M. F Hipolito (2007) remarque, à propos des perspectives de développement des transports mondiaux maritimes, des changements des « routes maritimes », que les « ...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 ». Parallèlement à la subdivision administrative en état, département, commune, le territoire est délimité en fonction de la répartition des ressources et des richesses territoriales en pôles, foyers, macro-région, etc. (CGPC, 2006).

Echanges étatiques dans le commerce extérieur

Le commerce international entre l'Espagne, le sud de la France et le nord et le centre de l'Italie démontre la nette prédominance du mode de transport routier. Les marchés se négocient directement entre entrepreneurs ou par l'intermédiaire des entreprises spécialisées. Le transport intervient pour conclure et exécuter une transaction déjà décidée. Le transport pour compte propre est moins représenté que le transport pour compte d'autrui. Le niveau de commerce international exige une organisation plus minutieuse et rentable pour les transporteurs. Cette tâche est confiée aux prestataires de transport extérieurs aux entreprises de production.

Malgré la domination du mode routier, l'usage des modes alternatifs à la route n'est pas occulté. Le chemin de fer est également utilisé pour transporter des conteneurs de fret entre la France et l'Italie. La voie d'eau est aussi indispensable, même si elle reste limitée à quelques acheminements. M. Savy (2007) souligne l'intérêt technique et économique des solutions de transport plus respectueuses de la sécurité et de l'environnement sur des longues distances, et propose de réservier au mode routier les dessertes de courte distance.

Les statistiques et chiffres sur le commerce extérieur fournissent des données sur les valeurs à l'importation et à l'exportation régionales vers l'Europe ou vers les différents pays européens. La constitution des matrices d'origine – destination est toujours problématique et difficile à réaliser. On aura une origine régionale par pays sans destination régionale. Les destinations étant regroupées par pays. Inversement, on aura une destination régionale avec seulement des origines de marchandises regroupées par pays. Travailler sur des échelles plus fines du territoire serait donc très difficile. Les matrices possibles sont des représentations étatiques des flux de transport international. Pour le cas des valeurs d'importations et d'exportations concernant des régions d'Espagne, de France et d'Italie, la construction des matrices de flux est au cœur des problématiques d'échelle. Nous avons à faire, à la fois, à des flux internationaux par état, à des flux internationaux émis par une partie seulement d'un état, et parfois, par des entités départementales de cette dernière. Le passage d'un niveau à un autre se fait par des coefficients et paramètres de correction de données.

Le commerce extérieur c'est aussi les distances parcourues par les produits exprimées en kilomètres et /ou en tonne-kilomètres. Selon le type de produits transportés, le mode utilisé et les services fournis, les résultats obtenus sont différents.

II.3.2. La régionalisation portuaire et les déséquilibres territoriaux

II.3.2.1. La régionalisation portuaire des AdM

L'appellation de «région» fait référence à une unité territoriale dont les échanges et les flux disposent d'une certaine homogénéité et d'une coordination orientée vers des intérêts communs aux unités territoriales qui la composent. On parle ainsi de régions portuaires, de macro-région méditerranéenne, de région logistique, etc.

L'analyse des flux de transport internationaux ne se limite pas uniquement aux flux émis et captés par l'Espagne, le sud de la France, et le nord et centre de l'Italie. Ces trois territoires sont situés aux passages des flux de transit internationaux qui émanent des échanges régionaux européens. Les territoires de notre zone d'étude appartiennent eux aussi à la vaste région méditerranéenne des échanges revêtant les particularités suivantes : le sud de la France se démarque des autres régions françaises par l'importance du nombre d'emploi dans les secteurs du transport et de la logistique. Mais aussi par sa situation géographique qui est orientée, en termes des échanges extérieurs, vers les flux méditerranéens et l'ouverture vers l'Europe de l'est; le nord de l'Italie, par la masse de produits importés et exportés, en lien avec le nombre élevé d'industries ; le centre de l'Italie, par sa position géographique, dans les échanges entre le nord et le sud. Enfin, l'est et le centre espagnol, sont par leur activité économique, des territoires très ouverts aux échanges avec l'Europe.

Ces régions peuvent être considérées comme formant un même ensemble régional, supranational et international, qui, du point de vue du commerce international, se rattache à la macro-région méditerranéenne. L'attraction des flux de transport en provenance des autres régions proches ou éloignées, se lit clairement sur les flux de transit qui les parcourent. Ces flux sont aussi bien issus des pays auxquels ces régions appartiennent que des pays extérieurs. C'est le cas des flux de transit espagnols et des flux de transit des pays de l'Europe de l'Est. La régionalisation portuaire à partir des flux d'AdM se mesure par la prise en compte des influences territoriales et de l'extension des zones de desserte portuaire. Un ancrage spatial et des activités relatives à ces flux se mettent en place, dans un territoire matérialisé par des distances et des caractéristiques spatiales les distinguant des autres régions.

La portée de l'extension des entités territoriales desservies par les AdM, dépend de la performance des services de transport terrestre et de la dynamique des acteurs locaux dans l'usage des services maritimes. Une organisation territoriale se met en place et se structure autour de la nouvelle ligne maritime. Les AdM, dans leur configuration et mode de fonctionnement, diffèrent profondément des services assurés par le transport routier. Les

caractéristiques physiques et organisationnelles des flux de pré et post acheminement, le maillage des chaînes de transport et de la logistique, les seuils dans les distances et les modes de transport choisis par les usagers, définissent les bases d'une régionalisation portuaire des AdM.

T. E. Notteboom et J-P. Rodrigue (2005), analysent le phénomène de la régionalisation portuaire à travers les échanges entre le centre portuaire et les centres des activités logistiques répartis sur l'hinterland (Fig. 15). La quatrième phase correspond à la régionalisation portuaire qui se traduit par un développement des activités logistiques à une échelle plus large, au-delà du périmètre portuaire. Ce développement concerne aussi bien le renforcement du réseau de transport que des structures d'activités logistiques développées autour des pôles.

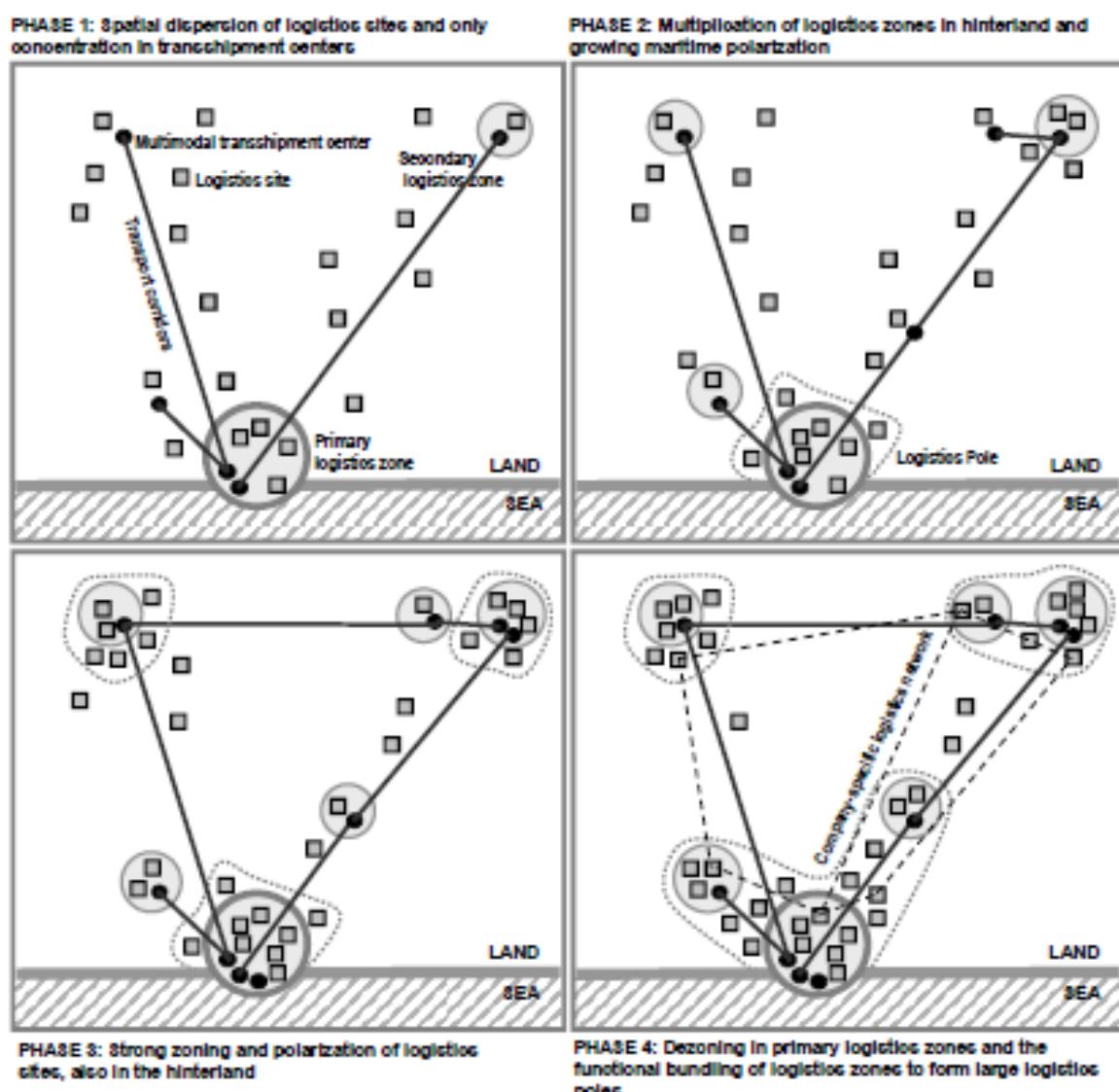


Figure 15: Les quatre phases d'évolution des pôles logistiques dans la régionalisation du système portuaire

Source : T. E., Notteboom et J-P., Rodrigue, (2005), dans Port regionalization : Towards a new phase in port development.

II.3.2.2. Le développement et les déséquilibres régionaux

Dans la forme la plus réussie de l’ancrage territorial d’une ligne d’AdM, un développement économique lié aux économies d’agglomérations caractérise les territoires desservis. Le développement économique se traduit souvent par la création de nouveaux emplois dans le transport et la logistique, dans les activités portuaires, dans les emplois maritimes ainsi que d’autres emplois indirectement liés au transport par AdM. Les AdM impulsent une dynamique de croissance que le transport routier n’est pas capable de générer.

Ses effets sur les croissances économiques tiennent surtout à la forme de transport et aux possibilités de desserte offertes. Les navires rouliers permettent une massification et une concentration des flux routiers de marchandises en remplacement des flux unitaires. Ces trafics s’effectuent sur des longues distances difficilement atteignables par les flux unitaires routiers. Le nombre de régions desservies augmente, les quantités échangées aussi, et de nouveaux équilibres régionaux s’établissent.

En effet, le transport routier international de fret est souvent limité dans la desserte des régions préférentielles dans lesquelles une concentration spatiale d’activités de production industrielle est présente. Cette tendance change du moment où les flux passent par une AdM. Les acteurs de transport, les entreprises de production et les territoires de consommation de produits ont ainsi tendance à coaliser leurs efforts pour répondre à l’adhésion au nouveau mode de transport alternatif à la route. La desserte des territoires s’accroît donc à travers les dynamismes créés autour des espaces portuaires à l’arrivée comme au départ des navires rouliers.

Les équilibres régionaux tiennent aussi aux marchés d’échanges de produits européens. Les entreprises n’ont plus à aller chercher loin les produits qui leur étaient jadis inaccessibles. Elles bénéficient d’une ouverture des marchés d’un territoire éloigné et des prestations des transporteurs locaux.

Les travaux du Plan bleu pour la Méditerranée intègrent l'espace économique méditerranéen dans un espace plus élargi vers les pays du Maghreb. Le terme de macro-région méditerranée étend ici l'idée de la régionalisation des échanges de fret dans l'espace méditerranéen, qui dépasse ainsi le cadre des frontières étatiques et élargit les intérêts économiques communs aux territoires.

Section III. Les espaces logistico-portuaires dans la durabilité des transports de fret

III.1. La notion de la durabilité des transports de fret

La problématique de la durabilité des transports de fret est actuellement une préoccupation majeure les responsables des transports, à différents échelons du territoire. À la différence du transport de passager, le fret, se prête difficilement à la mise en œuvre des objectifs de la durabilité et des options envisagées. Néanmoins, plusieurs solutions proposées sont pertinentes et efficaces. Pour le transport de fret, routier et international, sur de longues distances, le transfert modal vers les AdM conduirait à des réductions des émissions de gaz à effet de serre et de tous les polluants très significatives.

Le transport de fret international est largement dominé par le mode routier. Ce mode est présenté comme le plus polluant sur tous les impacts couramment observés, et avec les croissances prévues et les augmentations des échanges internationaux et nationaux des flux, les impacts sur l'environnement s'accroîtront conformément à ces échanges.

Les solutions alternatives à ce mode, sont notamment, le chemin de fer et la voie d'eau. Un changement radical dans la conception, la pratique, les services et les réseaux de transport est introduit lorsque l'on parle d'alternatif. Un bouleversement que les usagers du mode routier ont du mal à accepter car il nécessite d'abandonner les vieilles habitudes du passé. Emprunter un nouveau mode de transport revient, pour eux, à renoncer à un trajet qu'ils maîtrisent. L'acceptabilité de la nouvelle solution proposée dépend largement de la satisfaction des usagers en comparaison avec leur ancien mode.

C'est pour cette raison que les modes alternatifs sont développés autour des thèmes de durabilité à très long terme, de limitation des pollutions et de la protection de l'environnement. Avec le temps, ces nouveaux modes devront gagner en compétitivité, aussi bien dans les services économiques et sociaux que dans les réductions des pollutions environnementales. Une dualité des objectifs et un défi majeur que les politiques européennes, étatiques et locales tentent de promouvoir et de soutenir, pour la réussite des projets de transfert modal. Les politiques de transport tentent souvent d'instaurer un équilibre entre le transport routier de fret et les modes alternatifs, en compensant le manque à gagner de ces derniers par l'instauration des tarifs sur les coûts externes. Les solutions sont nombreuses, et leur pertinence résulte surtout de la mise en commun des efforts et des partenariats entre tous les acteurs de la chaîne des transports.

Parmi les solutions, les plus proposées sont la tarification routière par l'internalisation des coûts externes, l'optimisation des trajets et des distances parcourues, l'utilisation des véhicules et des énergies moins polluantes, le recours aux TIC¹³ dans les transports de fret, etc. La section qui suit propose une évaluation de la durabilité du transport de fret entre les modes de transport routier et les AdM.

Parmi la littérature existante sur la durabilité des transports de marchandises, et plus particulièrement sur les modes de transport alternatives à la route, nous pouvons citer :

¹³ TIC en anglais désigne les « Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication » NTIC en sigle.

Menendez et Valero (2009), Baindur et Viegas (2011), Mourelo et Vicente (2004), Mange (2006), Miola *et Al* (2009), Assumma et Vitetta (2006), Garcia et Feo (2009), Baird (2005), et Van Essen *et Al.* (2011).

III.2. Théories et concepts sur la durabilité des transports par AdM

III.2.1. Principe de la durabilité dans le transport des marchandises

III.2.1.1. Définition de la durabilité des transports de fret et concept de mode alternatif

L'OCDE¹⁴ définit la durabilité en termes de capacité d'accueil de l'écosystème et la décrit à l'aide de modèles d'entrées sorties de consommation d'énergie et de ressources. « La durabilité est un état économique dans lequel les demandes imposées à l'environnement par la population et le commerce peuvent être satisfaites sans qu'on réduise la capacité du milieu de subvenir aux besoins des générations futures...».

Cette définition établit un lien étroit entre les rejets de polluants et les dégâts causés à la nature avec les capacités naturelles et écologiques du milieu dans la satisfaction des besoins des générations futures. La question des limites environnementales, se pose, en termes de limites acceptables et des seuils au-delà desquels la nature auraient du mal à renouveler ses capacités d'absorption, et ainsi, pourvoir aux besoins actuels, à venir, à long terme et pour les générations futures.

La durabilité est pensée selon deux optiques cohérentes et objectives. La première considère: la quantification des taux de rejets et polluants et la quantification des seuils d'acceptabilité et de régénération. La deuxième, cible les types de polluants les plus nocifs pour la nature, les sources d'émissions et les capacités de la nature à faire face à chacun de ces polluants.

Notre recherche se limite à une identification de polluants émis par le transport de fret, routier ou des AdM. La définition de la durabilité sera pensée dans un contexte particulier de transport. Le terme le plus employé est « le transport durable ». Que signifie donc un transport durable ? Quels sont les concepts de base développés autour de ce terme ?

L'OCDE définit le transport écologiquement viable, comme un « transport qui ne met pas en danger la santé publique ni les écosystèmes, et comble les besoins de mobilité tout en respectant les principes selon lesquels a) les ressources renouvelables sont utilisées en quantités inférieures à leur taux de régénération et b) les ressources non renouvelables sont utilisées en quantités inférieures au taux de mise au point de substituts renouvelables. » À

¹⁴ Définition tirée dans « OCDE, (1997), Rapport de la Conférence intitulée *Vers des transports écologiquement viables* qui a eu lieu à Vancouver, du 24 au 27 mars 1996 ».

partir de ces définitions nous allons pouvoir analyser tous les éléments et facteurs clés de la durabilité des transports.

III.2.1.2. Le temps et les coûts de transport dans les transports durables

Le temps de transport de fret est un facteur très déterminant dans la compétitivité modale. Le temps est généralement mesuré depuis le point d'origine jusqu'au point de destination finale. C'est donc le temps généralisé qui prend en compte toutes les opérations de préparation des produits, de chargement, de transport, de déchargement et de stockage ou livraison aux clients. Mais le temps cesse d'être un simple comptage de minutes passées pendant ces opérations, pour devenir un véritable outil intégré dans le management des activités des transporteurs et des chargeurs.

Des nombreux travaux sur le transport de fret, sont menés dans le but de comprendre les facteurs de l'allongement ou du raccourcissement des temps de transport. Facteur important de la compétitivité modale, le temps est sérieusement pris en compte par les chargeurs et les acteurs de transport dans le choix modal. Ainsi, les méthodes d'évaluation de la congestion routière tentent d'exprimer les coûts relatifs à cet allongement ou raccourcissement des temps de transport. Les modèles d'optimisation des trajets et le tracé des cheminements des véhicules de transport se servent des méthodes de la minimisation des temps de transport pour proposer les plus courts chemins -moins couteux- en termes de temps et de dépenses financières. Le temps de transport dispose donc d'un coût monétaire. Les deux paramètres s'expliquent mutuellement. Enfin, le temps de transport est aussi étudié en fonction des taux de chargement des véhicules. L'optimum étant qu'un véhicule roule sur de très long trajet avec des taux de chargement importants et, inversement, que le véhicule réduit le temps de parcours à vide.

L'ensemble de ces éléments montre l'importance du temps de transport face à la durabilité des transports. Le temps devient un élément clé de la durabilité des transports de fret au moment où il est bien intégré dans le processus d'optimisation des trajets, et sert à réduire les gaspillages de la consommation d'énergie et des rejets de polluants. Le gain de temps équivaut donc au gain de coûts financiers pouvant être investis dans des activités de la protection de l'environnement.

III.2.1.3. Les logiques de base des solutions alternatives à la route

Le transport routier de marchandises dispose des qualités propres et spécifiques qui font que celui-ci se taille la grande part des marchés par rapport à la voie d'eau et au chemin de fer. Ce constat est particulièrement vrai quand on examine les chiffres et les statistiques sur les parts

de marchés d'import-export durant ces dernières années. Malheureusement, cette tendance se poursuit encore, et demain, elle se poursuivra, si aucune action durable et radicale n'est faite pour gagner une partie des marchés du mode routier vers les autres modes de transport assurant les mêmes OD. Le sud de la France, l'Espagne et le nord et le centre de l'Italie, sont trois territoires dont les dynamiques d'échanges de fret sont intenses avec un avenir prometteur sur les développements futurs. Il en va de même que les trafics et les échanges entre les régions s'accroissent au même rythme que la croissance économique des activités de production.

Les modes dits alternatifs à la route sont ici particulièrement nécessaires si non incontournables, pour limiter les effets néfastes du transport de marchandises par la voie routière. Le concept du mode alternatif doit être compris dans des logiques de comparaison par rapport au mode routier et par rapport à l'amélioration de la qualité environnementale et à la réduction des nuisances relatives au trafic de fret. Les deux modes alternatifs possibles qui sont souvent proposés par les experts et les acteurs de transport sont le mode ferroviaire de fret et le mode de transport par AdM. Ce dernier offre des services de remplacement d'une partie des véhicules routiers, en les faisant voyager par navires rouliers. Alternatif, d'abord parce que les camions sont transférés sur bateaux, avec un changement d'itinéraire, en assurant les mêmes dessertes et en maintenant les coûts de transport comparables à la route ou réduits.

Un mode de transport est défini comme solution alternative au transport routier quand ce mode offre des services de transport au même titre que le mode routier ou plus améliorés. L'alternative correspond à une logique de transfert des trafics routiers vers un nouveau mode de transport à deux conditions:

- Que celui-ci satisfasse les usagers routiers en termes de coûts financiers et des bénéfices dans leurs activités d'import-export ;
- Et la deuxième logique répond aux avantages dans la protection de l'environnement et des écosystèmes menacés par les trafics routiers. D'autres avantages sont aussi impulsés par les modes alternatifs à la route par leur forme d'opérabilité et l'amélioration des dessertes territoriales et de l'accessibilité offerte.

III.2.2. La durabilité des systèmes logistico-portuaires dans l'organisation des flux : logique de la réduction des impacts spatio-environnementaux

Pour illustrer ce qui précède sur les facteurs de la réduction des impacts environnementaux des modes alternatifs, nous analysons les apports des coûts externes marginaux sur le report modal de la route vers le mode alternatif. Le principe de la substitution d'un mode de transport par un autre se réfère simplement sur les coûts de services et prestations offerts aux

clients. Ce principe devient réalité lorsqu'aux seuls coûts internes de transport sont ajoutés les coûts internes marginaux. Dans ce cas, la substitution d'un mode de transport par un autre, dépend non seulement des coûts internes liés aux diverses dépenses des entreprises, mais aussi aux coûts externes marginaux liés aux conséquences et impacts des transports sur l'environnement.

M. Janic et J. Vleugel (2012) étudie la substitution du mode de transport routier par les modes alternatifs sur les principaux corridors de fret européens, en ajoutant aux coûts de la consommation énergétique les coûts externes marginaux. La substitution d'un mode i par un mode j est faisable lorsque les réductions des impacts socio-environnementaux de j sont supérieures ou égales aux impacts du mode à substituer.

$$Ej/k(d) \leq Ei/k(d) \text{ et } \sum_{k=1}^K Ej/k(d) \leq \sum_{k=a}^K Ei/k(d) \quad (1)$$

d est la longueur totale du corridor ou sa distance kilométrique;

Ej/k et Ei/k sont (k) types d'impacts socio-environnementaux des modes i et j et K le nombre total de types d'impacts possibles pour les deux modes de transport, k est égal à 1 pour l'ensemble des modes et a pour un seul mode.

Cette nouvelle dimension environnementale s'ajoute en effet à la dimension économique d'opérabilité d'un mode de transport par rapport aux modes alternatifs. Les services assurés par un mode de transport étant égal à la capacité de transport, aux fréquences, aux quantités de marchandises à transporter et aux infrastructures disponibles pour assurer ce service. M. Janic et J. Vleugel (2012), formulent les évaluations des services d'un mode de transport à travers les variables énumérées:

$$Fi(d) = Q(d) / \lambda_i C_i \text{ et } Fj(d) = Q(d) / \lambda_j C_j \quad (2)$$

Où Fi (d) et Fj (d) sont les capacités de substitution des modes de transport opérant sur un même trajet

Q (d) est la quantité de produits à transporter aussi bien par le mode i que le mode j ;

d est la longueur du trajet de transport ou la distance ;

Ci Cj sont les capacités de transport des services fournis par les modes i et j exprimées en tonnes ;

$\lambda_i \lambda_j$ les taux de chargement par service assuré par i et j.

De (1) à (2) nous voyons que la solution alternative à un mode de transport dépend à la fois des capacités de services fournis comparativement au mode à remplacer, mais aussi de la

réduction des impacts socio-environnementaux que le nouveau mode introduit par rapport au premier. Un double défi qui mobilise beaucoup d'énergie de la part des acteurs de transport de fret et des planificateurs des transports. Le manque à gagner pour le mode alternatif étant compensé tant par les avantages apportés sur la protection environnementale et de la réduction des impacts que par les subsides et les aides de la communauté et des organisateurs des transports.

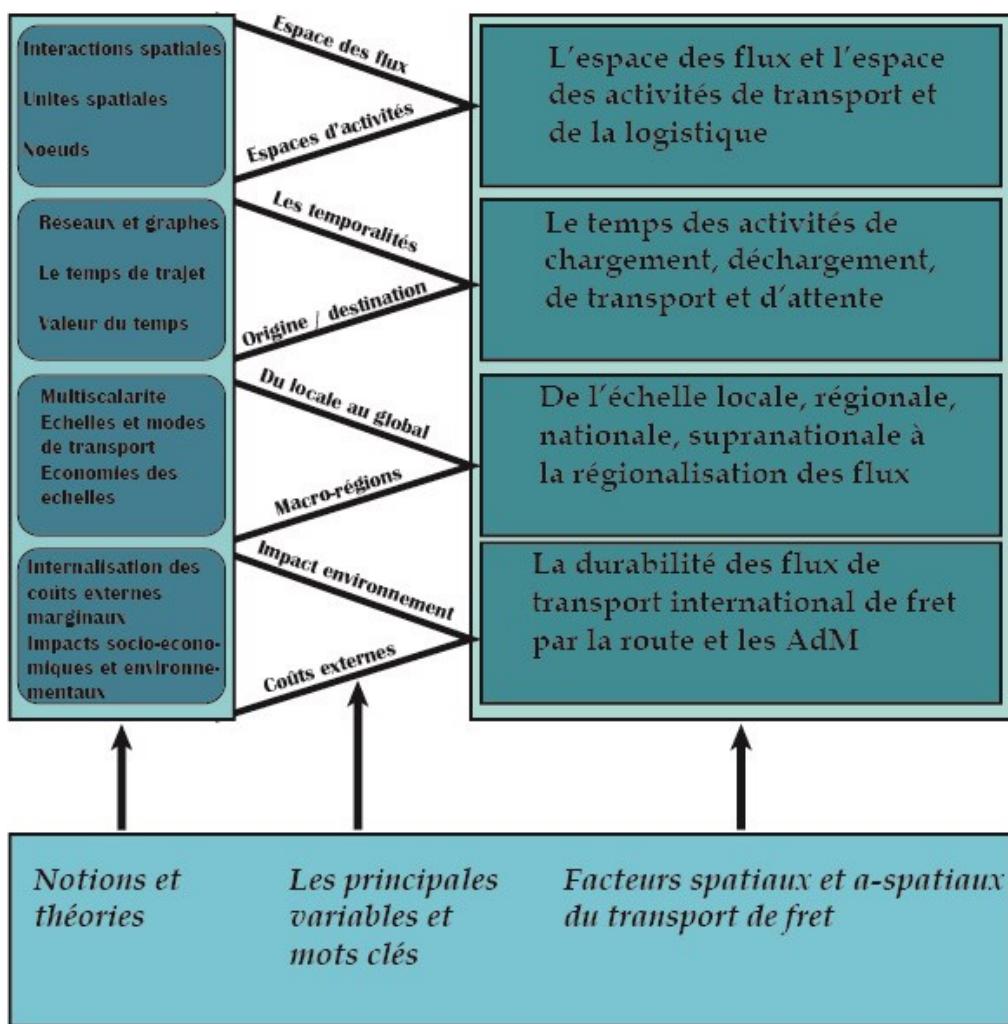
L'impact du transfert modal est important sur l'organisation des activités logistico-portuaires. Les entreprises de transport et de la logistique sont généralement localisées en fonction des niveaux d'accessibilité aux infrastructures et à leur aire de marché. La localisation dépend donc à la fois du mode de transport utilisé (transport routier ou intermodal) et des avantages des sites par rapport aux coûts de transport de desserte et de l'approvisionnement aux sources. La restructuration des systèmes logistiques, dans le cadre de la promotion d'un mode de transport par rapport à un autre, est un élément majeur.

Conclusion

Les analyses menées dans ce chapitre ont cherché à simplifier l'ensemble du phénomène de transport de fret pour en dégager les spécificités sectorielles, les caractéristiques pour chaque mode et les éléments spatiaux complexes issus de multiples interactions entre différentes variables.

Le transport international de fret est effectué majoritairement par la route, et les Autoroutes de la Mer « AdM » constituent une solution alternative à ce mode de transport prédominant. Ce chapitre pose les bases théoriques fondamentales de l'étude du transport international par AdM, en focalisant l'attention tout d'abord sur les variables spatiales et a-spatiales jouant un rôle dans le transport de fret. Les concepts et les théories qui permettent d'analyser et de mesurer les interactions de ces variables avec le transport international de fret sont représentés sur la figure 16.

Les dimensions de l'espace et du temps sont intégrées différemment selon les disciplines et les modèles. Leur importance réside dans l'explication des phénomènes tels que l'émergence des interactions spatiales, les évolutions et les projections futures des transports de fret. Une attention particulière est portée sur les éléments majeurs de l'espace des flux et des réseaux de transport routier et des AdM. Parmi lesquels, les principaux nœuds du réseau tels que les ports, les frontières, les lieux de la logistique et les infrastructures et les superstructures de transport. Un autre aspect majeur réside dans la multiscalarité du transport international. Cette caractéristique interagit avec le niveau d'observation des phénomènes et leur compréhension selon les territoires étudiés. Enfin, la durabilité des transports de fret s'avère être un objectif difficile à atteindre à court terme. Les AdM, en tant que solution alternative à la route, présentent l'avantage de permettre de diminuer les nuisances environnementales produites par le transport routier.



Source : J. Ndayishimiye, (2014).

Figure 16: Théories et concepts autour du transport international de fret par AdM.

CHAPITRE II. INTERACTIONS ET POTENTIEL SPATIAL DANS LES TERRITOIRES DES FLUX INTERNATIONAUX DU FRET

Introduction

Les approches développées par les modèles de transport sont caractérisées par une description géographique des objets dans l'espace. Plusieurs approches traitent de la complexité du transport de fret par une définition des individus en mouvement dans leur territoire et vers des territoires proches ou éloignés. Nous comprenons bien ici la dualité entre un seul individu (véhicule ou transporteur) et les objets spatiaux agrégés dans des unités spatiales (département ou région, etc). Dans cette recherche, l'individu est représenté par l'unité spatiale. À chaque unité spatiale, nous attribuons un potentiel d'échanges dans le commerce international.

La notion de potentiel interne et externe fait référence à la capacité des unités spatiales à l'exportation et à l'importation de marchandises. Les mouvements et les flux générés dépendent directement de ces potentiels.

La complexité du système des échanges internationaux de fret implique néanmoins plusieurs variables et de nombreux acteurs participant d'une façon ou d'une autre à la génération des flux. Pour pouvoir créer ce potentiel qui résume la capacité au niveau de chaque département ou province, il a fallu d'abord identifier puis analyser la distribution spatio-temporelle de l'ensemble de ces variables (Tableau 8). Ces variables explicatives ont une influence directe ou indirecte sur la variation des flux de transport. Une fois que ces variables sont connues, l'étape suivante consiste à repérer les liens interactionnels existant entre elles. À partir de ces liens peut émerger la relation d'ensemble servant à mettre au point un potentiel au niveau interne et externe des échanges de fret.

Le Potentiel Global est établi comme *une valeur synthétique qui définit pour chaque unité spatiale son potentiel d'échanger avec les autres territoires*. Cette force concerne une capacité interne et externe selon les relations scalaires et l'intensité des échanges entre les zones. Le potentiel interne exprime les dynamiques internes de production, de consommation et des activités logistiques. Au-delà du potentiel interne caractéristique des zones macro-économiques, la capacité d'un département pour développer une activité de commerce international vers les autres zones macro-économiques est exprimée par un potentiel externe.

Les principales variables utilisées pour le calcul du potentiel global sont les suivantes:

- Production: dans le but de détecter les unités industrielles desservies par les systèmes de transport et, par conséquent, l'accessibilité spatiale aux services proposés. Le système de production représente l'offre et la demande dans les échanges du transport international. Les aires industrielles sont par conséquent considérées comme les principales « émettrices » ou « réceptrices » des flux internationaux. Les organismes statistiques nationaux sont

nécessaires pour décrire les marchés des transports routier, ferroviaire et maritime. Le nombre d'emplois est la principale donnée utilisée dans le modèle.

- Consommation: dans le but de détecter la demande de biens consommés (par les populations et les activités). La consommation peut être aussi nécessaire dans le but de montrer combien de personnes et de villes sont atteintes par les services de transport (spécifiques pour chaque mode). La consommation est étudiée dans les centres urbains et au travers la capacité de la population dans leur approvisionnement de besoins primaires. D'une façon générale, le total d'emploi est la variable étudiée dans cette thématique.
- Le système logistique: dans le but de détecter l'organisation logistique sur l'ensemble de la chaîne de l'offre des transports. L'objectif est d'analyser l'interaction entre les systèmes de production et les services logistiques. Les données logistiques requises sont les suivantes : le nombre d'entreprises et d'emploi dans le secteur de la logistique (ces données décrivent la distribution des services logistiques reliés aux stockages, aux premiers traitements des produits et à toutes les activités relatives). Cette donnée est analysée par une prise en compte de l'offre et de la demande industrielle.
- Les valeurs monétaires à l'importation et à l'exportation: dans le but de détecter le partage modal en référence aux valeurs et aux volumes des produits transportés. Ces variables jouent un rôle central dans les échanges internationaux. La valeur monétaire à l'importation et à l'exportation est directement reliée aux variables de production et de consommation explicitées dans les lignes précédentes. L'objectif d'incorporer cette information est de comprendre les échanges de biens exprimés en valeur ou en volume, indépendamment des consommations locales.
- Les activités de transport: Les entreprises de transport de fret et/ou le nombre de véhicules lourds sont les deux variables utilisées. Les activités de transport sont identifiées dans l'espace local mais leur rôle principal est lié aux déplacements de biens d'un lieu à un autre lieu.
- L'impact environnemental: dans le but de montrer le rôle que joue cette nouvelle dimension dans les flux transport internationaux. L'impact environnemental permet d'ajouter les coûts externes marginaux dans l'ensemble des coûts de transport. La réduction des impacts sociaux, économiques et environnementaux est la principale composante de cette thématique. La pollution atmosphérique, la congestion, les accidents et incidents, les problèmes de bruit et tous les autres problèmes environnementaux représentent le coût externe marginal intégré dans le coût généralisé du transport. Une dimension sociale de l'évolution de l'emploi et des économies d'échelle peut être ajoutée dans l'évaluation du transport durable.

Les variables ci-haut mentionnées vont servir à mettre au point un Potentiel Global pour les Importations et les Exportations. (PGI et/ou PGE)

FRANCE, ITALY and SPAIN	Spatial variables used	Unit	Source	Observation period	Theme and studied phenomena	Study item and Chapter
	1. -Industrial employment number in France and Italy -For Spain: Industrial employment and salaried; Active population in Industry	Employment number	INE ISTAT INSEE	2001 – 2009 2000- 2008 2008-2012	Production level	Chap II. Assessing the global spatial potential in international trade
	2. -Total employment number in France and Italy -For Spain: Total employment and salaried; Total active population.	Employment number	INE ISTAT INSEE	2001 – 2009 2000-2008 2009-2012	Consumption	
	3. -Logistics enterprises number for Italy and Spain; -Logistics and transport employment	-Firms number -Employment number	INE ISTAT INSEE	2001 - 2009	Logistics system	
	4. -Freight transport enterprises for Italy and Spain; -Freight vehicles number for France	-Firms number -Freight vehicles number	INE ISTAT INSEE	2001 - 2009	Transport activities	
	5. Monetary value in importation	Euro	Idem	2001 - 2009	Import	
	6. Monetary value in exportation	Euro	Idem	2001 - 2009	Export	
	7. Transport infrastructures	Km or hour	Self calculation	2001 - 2009	Road and MoS network	Chap III. Methodology and theory to gravity model
	8. Road traffic	Tons	INE ISTAT INSEE	2001 - 2009	Transported freight quantities	
	9. External marginal cost	Euro	Chap. III	2001 - 2009	Road and maritime pollution	Chap III. Modal choice modelling.
	10. Subsidies and road transport cost	Euro	Chap. III	2001 - 2009	Promotion MoS policies	
	11. Port and maritime vessel cost	Euro	Chap. III	2001 - 2009	Port cost	

Tableau 8: Description des données et des variables spatiales utilisées à un niveau départemental. (Source : J. Ndayishimiye, (2013))

Section IV. Principales données socio-économiques du transport international de fret : Niveau local et global

Etudier les flux internationaux de marchandises entre la France, l'Italie et l'Espagne, revient en première position à se questionner sur le rôle des territoires dans la génération des émissions et des attractions de mouvement des échanges (la demande) compte tenu des possibilités offertes (offre). La démarche proposée analyse d'abord les forces internes relatives à la capacité productive, au niveau de la consommation et aux services de gestion du supply chain et des prestations logistiques. Au niveau local de chaque macrorégion, des dynamiques internes ont été observées, compte tenu de la situation globale du pays d'appartenance.

Dès que l'on sort des rouages et des mouvements internes de la macrorégion, les flux de marchandises subissent une influence extérieure, liée à des facteurs spécifiques du pays de destination et de la réglementation différente du pays d'origine. Ainsi, les forces extérieures se conjuguent aux forces internes, par l'importance des quantités ou des valeurs de biens importés ou exportés, par l'intégration des politiques et réglementations bilatérales ou multilatérales, par l'importance des flux et des trafics de véhicules lourds observés sur les principaux corridors européens et par l'importance de la croissance des activités de prestations de services aux entreprises de transport et de la logistique. En combinant les deux forces, nous arrivons à évaluer les potentiels territoriaux de chaque département dans sa macrorégion et dans les échanges avec d'autres macrorégions.

IV.1. Variables d'analyse du potentiel interne

IV.1.1. Consommation

Le présent paragraphe décrit en détail les variables utilisées pour évaluer le Potentiel Global du commerce international. Les figures 17 et 18 donnent une vue générale de la distribution spatiale de l'emploi entre les années 2001 et 2009. Elles décrivent la localisation des départements selon un nombre d'emploi observé. Cette situation est corrélée à d'autres variables qui seront explicitées dans les paragraphes suivants.

La variable utilisée dans cette section est le nombre d'emploi pour chaque unité spatiale (département ou province). Nous choisissons cette variable par sa relation directe à la consommation et aux salaires. Dans chaque état, (France, Italie et Espagne) nous trouvons différentes sources pour la collection de données : en Espagne, les statistiques utilisées représentent le nombre d'emploi total et les salariés pour les années 2001 jusqu'en 2008 arrondi aux milliers, et le nombre d'actifs par province entre 2009 et 2012 (postes de travail par province), en France et en Italie, les données statistiques sont les mêmes : le nombre

d'emploi. Pour permettre une comparaison générale sur toutes les macro-régions, nous utilisons le pourcentage pour chaque année pour la période d'observation (de 2001 à 2009).

Il s'agit d'établir un rapport entre le nombre d'emploi de chaque sous macro-région sur l'ensemble des deux macro-régions à l'origine ou à la destination des flux. Le pourcentage obtenu est donc représentatif de la macro-région d'appartenance de la sous macro-région.

Les valeurs absolues du nombre d'emploi sont très représentatives en considérant l'ensemble du territoire national et non pas une partie. Ce qui rend important les pourcentages relatifs obtenus, qui sont calculés en fonction du territoire d'étude et de l'origine des flux.

Pour ce faire, nous avons utilisé le pourcentage relatif spécifique à chaque macro-région avant leur comparaison cartographique dans une seule représentation spatiale malgré les différences des unités statistiques utilisées. L'ensemble des unités statistiques a été choisi pour leur relation avec la thématique de consommation dans l'ensemble du territoire et non pas par leur signification réelle en termes de statistiques absolues. Les pourcentages locaux (à chaque niveau d'étude) seront perçus comme des pourcentages relatifs pour toutes les variables utilisées.

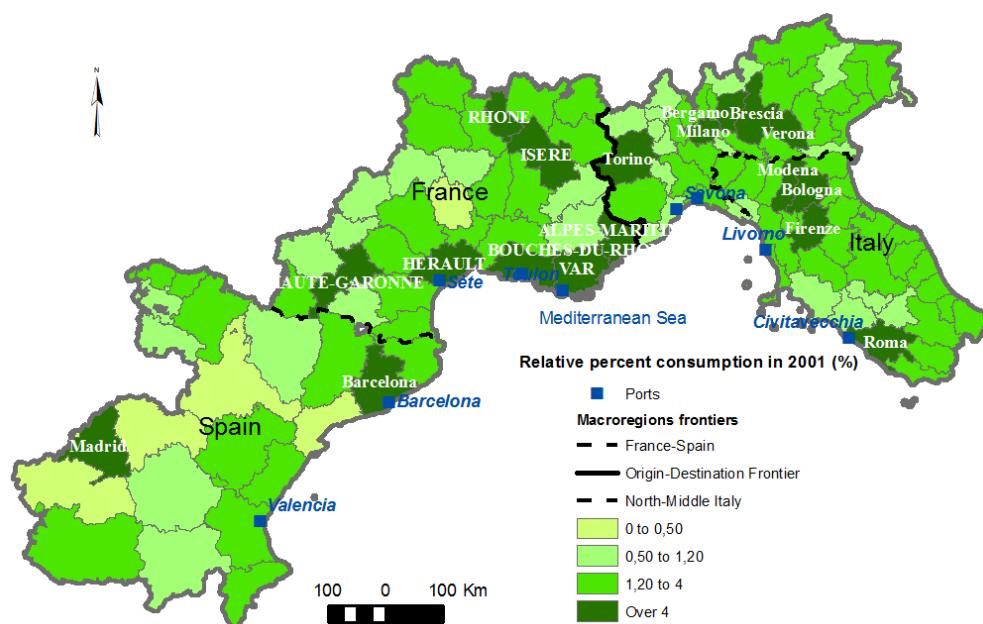


Figure 17: La répartition spatiale de l'emploi en pourcentage relatif (par référence aux zones macro-économiques) en 2001

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

La croissance des pourcentages relatifs d'emplois a été enregistrée dans le nord et le sud de l'Espagne, dans l'est et le centre-est de l'Italie. Les départements situés sur le littoral et la région du Rhône-Alpes en France présente une meilleure situation d'emploi pendant les années observées. (Fig. 10 et 11)

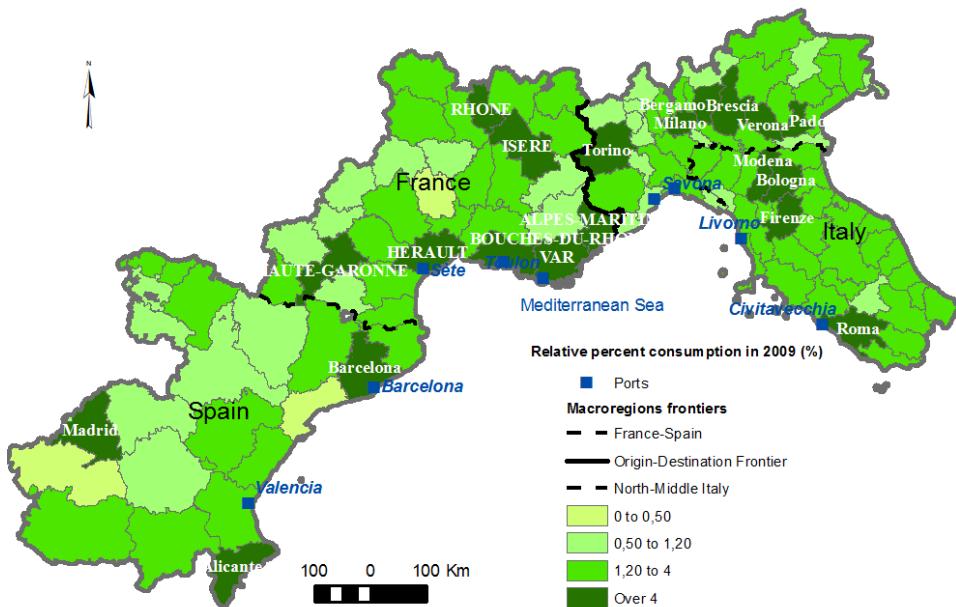


Figure 18: La répartition spatiale de l'emploi en pourcentage relative (par référence aux zones macro-économiques) en 2009

Source : J. Ndayishimiye, (2013).

IV.1.2. Le système de production

La distribution spatiale des unités de production est très proche de la répartition de l'emploi présentée dans le précédent paragraphe. Les départements avec un niveau d'emploi industriel élevé ou très élevé sont en quelques sortes les mêmes où sont observés un nombre d'emploi total élevé, par conséquent, où l'on trouve de très haut niveau de consommation de biens. Dans ce contexte, une corrélation forte peut être obtenue entre les deux variables.

La variable utilisée dans cette thématique (figures 19 et 20) est la valeur absolue du nombre d'emploi industriel pour chaque unité territoriale. Comme dans le cas de la consommation, nous avons trouvé différentes statistiques sur les différentes unités spatiales. En France, l'unité statistique choisie est le nombre d'emploi dans le secteur industriel. En Italie, l'unité statistique utilisée est le nombre d'emploi industriel, mais les données sont arrondies à des milliers jusqu'en 2007 (exemple : 14.000 à la place de 14.357) et ne peuvent être comparées aux statistiques françaises qu'en utilisant les pourcentages relatifs pour chaque macro-région. En Espagne, l'unité est la même comme pour la variable de la consommation avec néanmoins deux différentes périodes d'observation : 2000 à 2008 et de 2009 à 2012.

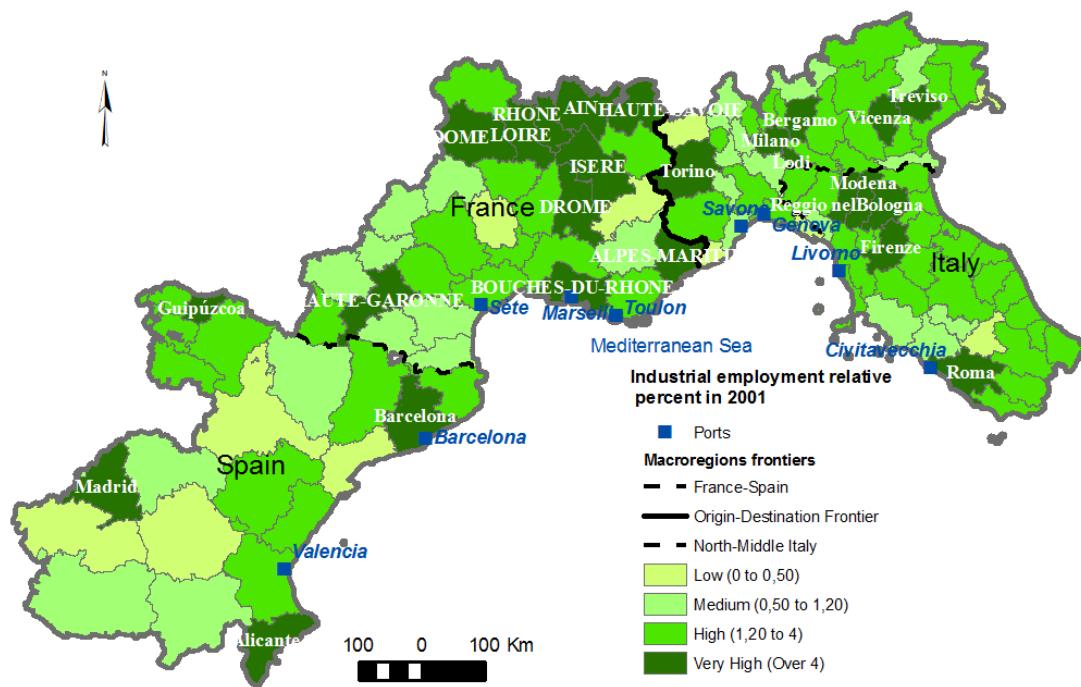


Figure 19: La répartition spatiale de l'emploi industriel en pourcentage relative (par référence aux zones macro-économiques) en 2001
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

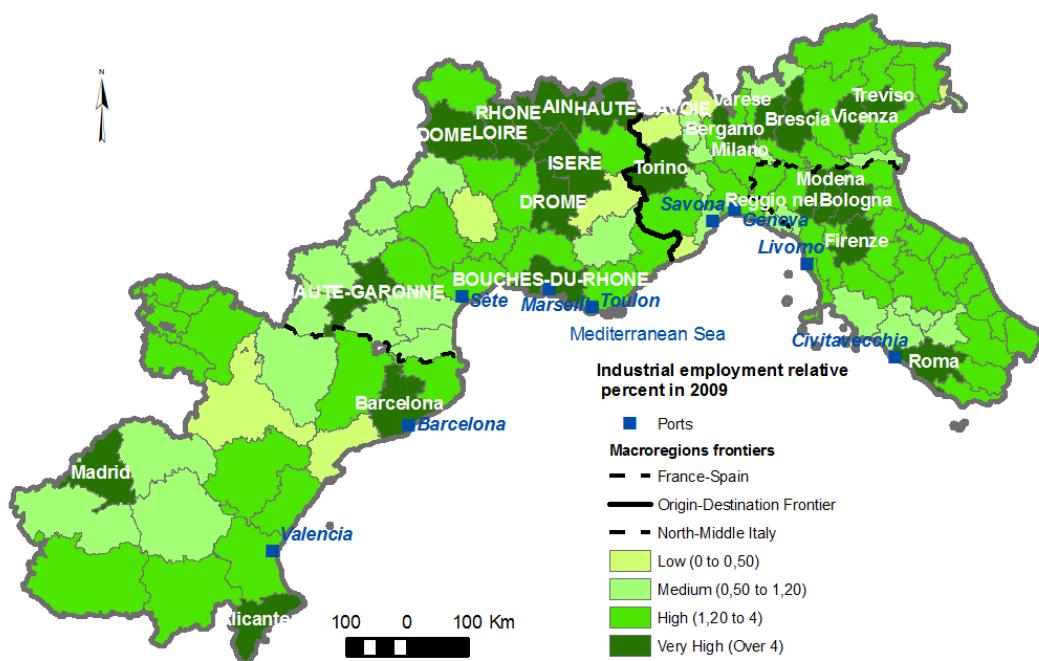


Figure 20: La répartition spatiale de l'emploi industriel en pourcentage relatif (par référence aux zones macro-économiques) en 2009.
Source: J., Ndayishimiye, (2013).

Il n'est pas possible de comparer ces valeurs par des statistiques absolues et d'en déduire des pourcentages globaux pour toutes les macro-régions des trois pays. Il n'est pas non plus pertinent de cartographier trois figures de la répartition de l'emploi total pour chaque pays. Pour avoir une représentation approximative de l'indicateur système de production, ces valeurs ont été converties en pourcentage relatif pour une meilleure interprétation. L'évolution comme la localisation spatiale des principales zones de production de biens sont identifiables sur les figures 19 et 20.

IV.1.3. Les activités logistiques

Cette variable décrit le nombre d'entreprises de stockage et de la logistique opérationnelles dans chaque département (ou province) pour l'Italie et l'Espagne (Fig.21 et 23). Pour le territoire Français (Fig. 22 et 24), la variable utilisée est le nombre d'emplois dans le secteur du transport et de la logistique (les deux activités étant réunies ensemble) et les superficies des constructions commencées des aires logistiques. Pour cette raison, nous avons opté pour une représentation de différentes cartes pour la France, tout en restant dans la thématique de l'évolution des systèmes logistiques. Comme on peut le voir sur l'ensemble de ces figures, les entreprises logistiques et les emplois disposent d'une localisation tout à fait particulière selon leur concentration dans des districts spécialisés et dans les clusters. Pour l'ensemble du territoire, la région du Latium, l'aire logistique milanaise, les régions du Rhône-Alpes et des Bouches-du-Rhône, la Catalogne et la Communauté de Valence sont les pôles majeurs de concentration d'activités logistiques. Cette situation est dûe à leur proximité par rapport aux territoires industriels, et aux régions portuaires. Dans ce dernier cas, la localisation des systèmes logistiques est reliée aux infrastructures de transport et aux corridors de distribution de produits vers l'hinterland.

L'évolution entre l'année 2001 et l'année 2009 a été bien identifiée dans l'est et le sud de la France, dans le nord-ouest de l'Espagne et entre Firenze et Piacenza en Italie. Pour mieux comprendre l'importance des services logistiques dans l'organisation des transports de fret et plus particulièrement du transport par AdM, nous allons étudier les changements des aires d'entrepôts survenus aux cours d'une période de 11 années (entre 1999 et 2010) à un niveau d'observation communale. Ces changements ne concernent que le transport routier de marchandises et au bout d'une certaine période le transport par l'AdM (avant la fermeture de la ligne Toulon-Civitavecchia).

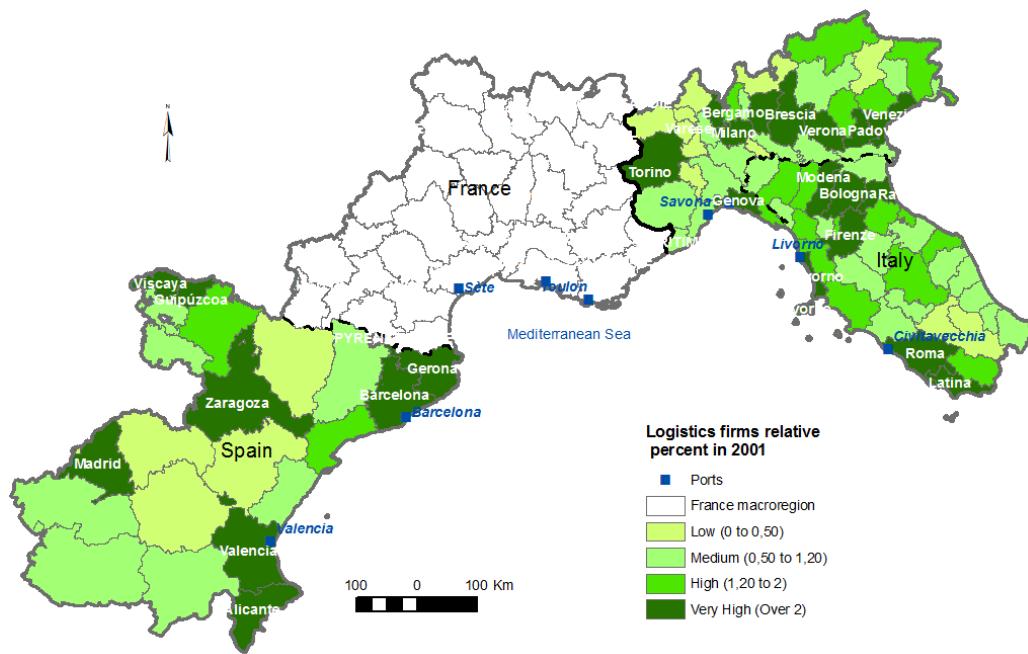


Figure 21 : Les entreprises de la logistique en pourcentage relatif en Espagne et en Italie (par référence aux zones macro-économiques) en 2001
Source: J., Ndayishimiye, (2013).

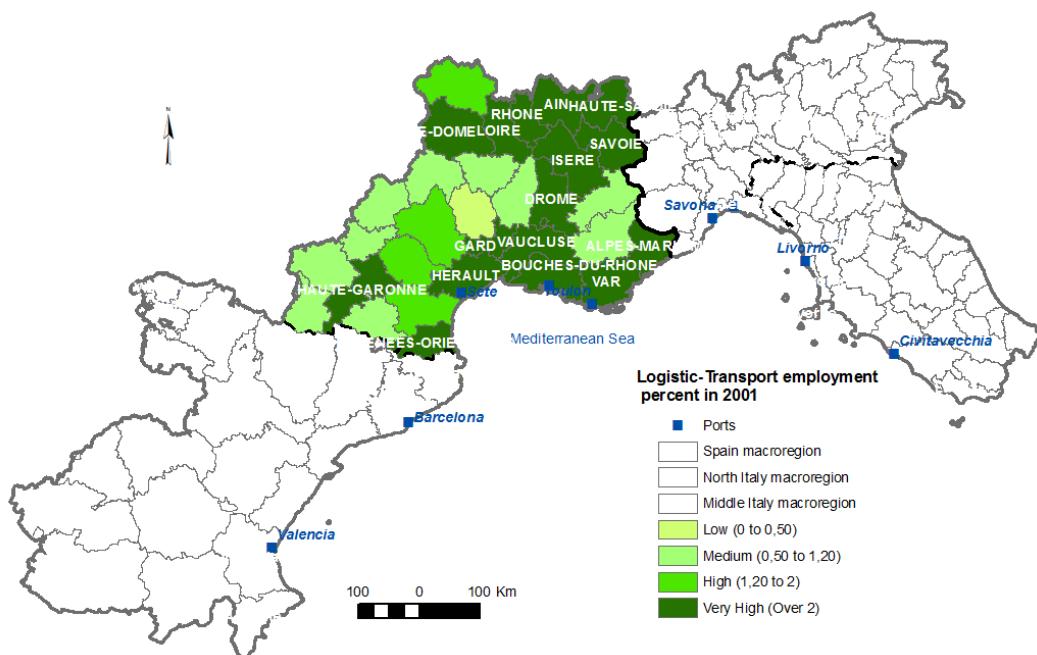


Figure 22: La répartition spatiale de l'emploi dans le transport et la logistique au sud de la France (par référence aux zones macro-économiques) en 2001
Source: J., Ndayishimiye, (2013).

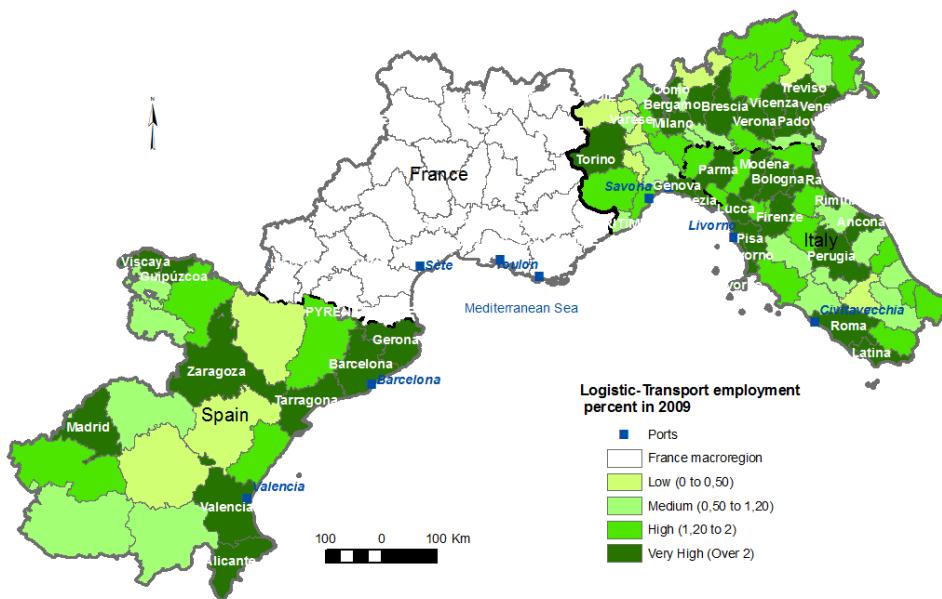


Figure 23: Les entreprises de la logistique en pourcentage relatif en Espagne et en Italie (par référence aux zones macro-économiques) en 2009
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

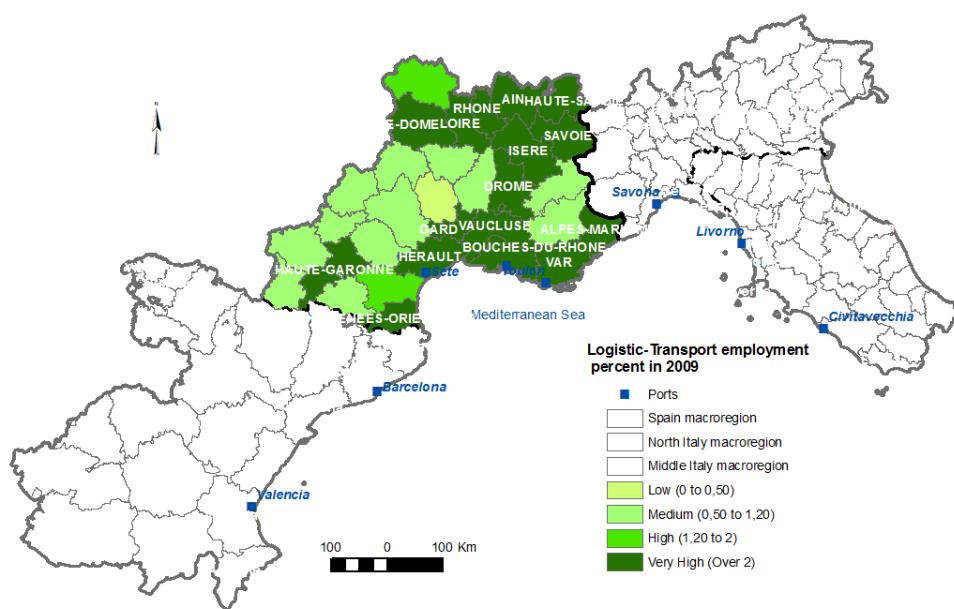


Figure 24: La répartition spatiale de l'emploi dans le transport et la logistique au sud de la France (par référence aux zones macro-économiques) en 2009
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

IV.1.3.1. La logistique et les Autoroutes de la Mer: Quel lien?

Le lien entre le développement des AdM et les services de la logistique peut être établi en fonction des activités de transport terrestre dans le pré et le post acheminement. Les AdM se caractérisent par une restructuration spatiale des lieux de la logistique qui diffèrent dans leur forme et leur taille des services assurés au transport routier. Les usagers potentiels des services d'AdM sont le plus souvent des entreprises d'une taille suffisamment grande disposant des marchés assez étendus vers le territoire de destination. Les structures de la logistique sont du même coup plus sollicitées par ces entreprises pour de nombreuses prestations avant l'envoi des commandes.

Deux cas de figures sont souvent identifiés, soit l'entreprise dispose de son propre entrepôt à proximité de son espace de production, ou soit elle confie les tâches logistiques et le stockage aux prestataires extérieurs qui s'occupent également du transport. La localisation spatiale des unités de production qui recourent aux services maritimes aussi bien qu'en termes de distances qui les séparent des ports d'entrée et de sortie des flux, que des formes d'espaces logistiques et d'entreposage qu'elles utilisent, est un préalable à la connaissance des relations entre entreprises-logistiques et transport par AdM.

A titre d'exemple, les usagers potentiels de l'AdM Toulon – Civitavecchia, étaient localisés dans les régions de Lyon, Grenoble et Valence, pour l'arrière-pays toulonnais, et du Latium, Campania, Rome, Naples et Salerno, pour l'arrière-pays de Civitavecchia. Ceci permet d'ores et déjà de cerner le cadre spatial des activités de production et de la logistique à la base de ses échanges extérieurs. (Baindur et Viegas, 2011)

La logistique des AdM est spécifiquement différente lorsque le nombre des envois d'entreprises ou leur taille diminue. Cette deuxième catégorie, la taille des entreprises la plus courante, est celle des simples entreprises de taille moyenne disposant d'un marché moins étendu. Ce qui limite le nombre d'envois hebdomadaire ou mensuel. Les structures groupées et spécialisées pour le premier cas font place ici à la gestion individualisée et unitaire des entreprises. Ces cas sont intéressants d'autant plus qu'ils concernent plusieurs transporteurs routiers et touchent une clientèle non négligeable. Pour arriver à les mettre ensemble, certaines aides octroyées –comme l'écobonus- encouragent les transporteurs routiers vers des structures groupées et des formations d'associations de transporteurs selon les intérêts en commun ou les caractéristiques communes des trajets. Une nouvelle forme d'organisation de la logistique peut favoriser cette unification des individus en un groupement.

IV.1.3.2. Les disparités spatio-temporelles des activités logistiques: La géographie des aires de stockage dans leur évolution entre 1999 et 2010 (Cas du sud de la France)

Les constructions commencées au cours de l'année 1999, qui s'ajoutent sur les entrepôts existants, ne montrent pas la dynamique réelle des aires de stockage. Une analyse sur les périodes de quatre ans 1999-2002, 2003-2006 et 2007-2010, explicitent les mutations territoriales des structures logistiques (voire les figures 25, 26 et 27)).

L'évolution sur la période de 1999-2002 oppose d'une façon globale le développement littoral des aires de stockage entre Toulon et Marseille, reliée vers l'ouest au développement réticulaire de l'axe du Languedoc-Roussillon en opposition aux aires de stockage situées autour de l'Agglomération Lyonnaise (Fig. 25). Les autres développements se localisent autour de l'Agglomération MontPELLIÉRaine et des environs d'Aix-en-Provence, le reste étant caractérisé par *un vide logistique*¹⁵ et de faible superficie allant de 0 m² à 600 m². La situation de stockage de 1999-2002 montre une moyenne située autour de 1.800 à 3.000m² et de quelques aires dépassant les superficies de 7.000m². L'évolution la plus significative est celle lue sur les constructions d'espaces de stockage entreprises entre les années 2003-2006 (Fig. 26). Le renforcement et la naissance de nouveau centre de la logistique émerge une occupation du territoire vers les régions moins équipées qui utilisaient auparavant les aires localisées vers quelques centres régionaux. Cet éclatement a vu émerger les centres logistiques autour de Gap, la vallée de l'Isère et dans la Haute-Savoie. Le territoire du Drôme étant toujours conditionné par un développement autour de l'axe Rhodanien. Les superficies augmentent aussi atteignant plus de 7.000m² dans les communes périphériques du centre lyonnais et le long du littoral méditerranéen.

L'absence de données sur les constructions commencées à partir de l'année 2008 et l'utilisation des données sur les constructions autorisées ont été volontairement ajoutées à nos analyses. Il s'agit avant tout de montrer l'évolution actuelle des tendances observées entre les périodes 1999-2002 et 2003-2007, mais aussi d'ajouter une dimension projets d'aménagement des aires de stockage qui traduit les demandes et les planifications locales. La carte d'évolution établie entre 2007-2010 montre un accroissement généralisé des aires de stockage en nombre et en superficie de plus de 10.000m² (Fig. 27). Une occupation du territoire plus dispersée -avec l'émergence de nouveaux pôles logistiques absents sur les évolutions précédentes- apparaît. Entre la métropole lyonnaise et la métropole marseillaise, le caractère axial se renforce et s'articule autour de grands nœuds de plus de 10.000 m². L'axe de Nice à Toulon se renforce aussi dans la partie de l'arrière-pays et l'apparition d'un axe dans la vallée durancienne joigne désormais le centre de Gap avec la région marseillaise.

¹⁵ Le vide logistique est le terme employé par M. Piquant (2003), pour désigner les territoires ayant moins d'activités logistiques par opposition aux territoires qui concentrent ces activités.

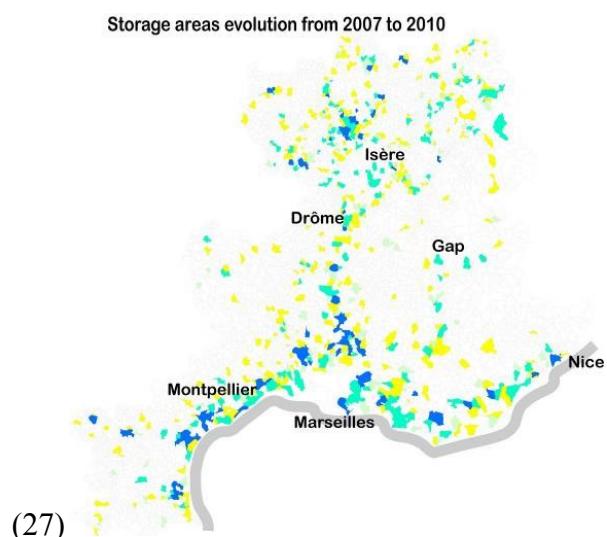
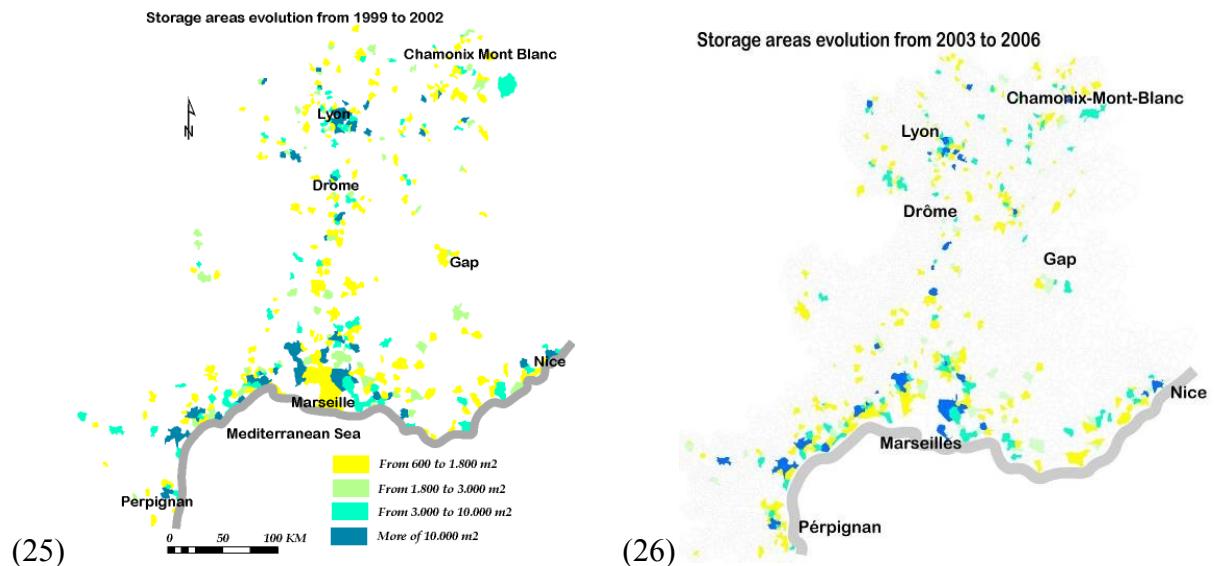


Figure 25, 26 et 27 : Evolution des aires de stockage entre 1999 et 2010
Source: Elaboré à partir de la base de données Sit@del, J. Ndayishimiye, (2011)

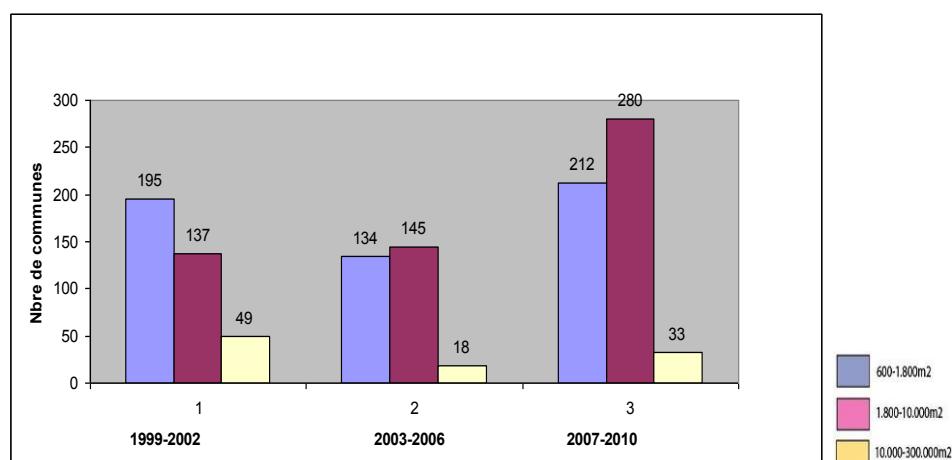
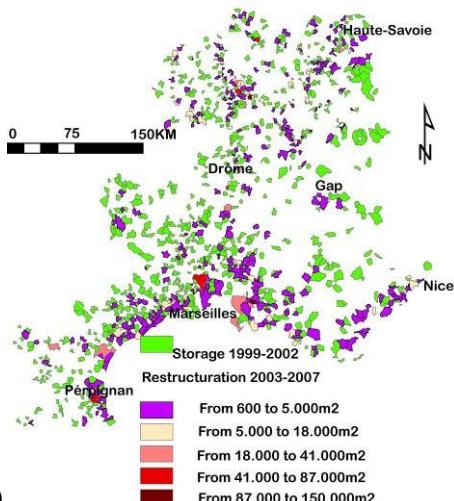


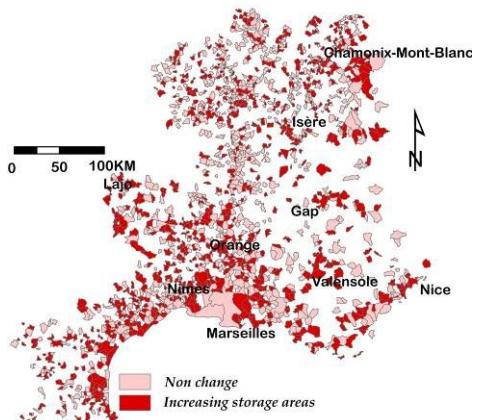
Figure 28: Evolution des aires de stockage entre 1999 et 2010
Source: Elaboré à partir de Sit@del, J. Ndayishimiye, (2011)

IV.1.3.3. La comparaison des restructurations et des dynamiques des espaces logistiques

La comparaison des évolutions respectives entre les périodes 1999-2002 et 2003-2007 émergent de nouvelles structurations territoriales dans les concepts clés des unités logistiques. Les figures 29, 30, 31 et 32 analysent les différenciations spatiales introduites au cours de cette période et les répartitions des accroissements communaux à l'année 2006.



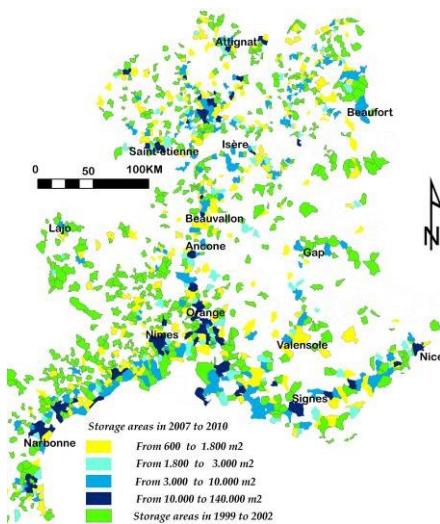
(29)



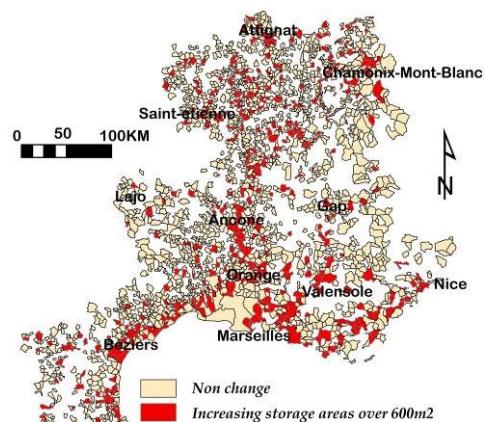
(30)

Figure 29 et 30 : Comparaison de l'évolution des aires de stockage entre 1999-2002 et 2003-2007

Source: Elaboré à partir de la base de données Sit@del2 database, J. Ndayishimiye, 2011.



(31)



(32)

Figure 31 et 32 : Comparaison de l'évolution des aires de stockage entre 1999-2002 et 2007-2010

Source : Elaboré à partir de la base de données Sit@del, J. Ndayishimiye, (2011).

D'une manière générale, la croissance en superficie des aires de stockage s'accompagne par un accroissement des espacements entre ces grands entrepôts à caractère plus départementaux. Les augmentations de 600 à 5.000m² concernent les communes riveraines regroupées en de nouveaux pôles de croissances logistiques. De même, les comparaisons établies entre les périodes 1999-2002 et 2007-2010, vont dans le sens de l'accroissement des superficies avec l'apparition de très grands entrepôts articulés le long des points noraux bien localisés territorialement. A ce propos, P. Vallin (2010), signale que « *la tendance actuelle à concentrer les stocks fait évoluer les réseaux de distribution. Les structures à deux niveaux de stockage (entrepôt central + entrepôts régionaux) se transforment en une structure à un seul niveau constituée de plates-formes d'éclatement* » (Vallin, 2010, pge122-123). Un fait particulier à cette récente période concerne le déplacement des enjeux littoraux vers les arrière-pays ou les périphéries des anciens centres de stockage. Les autorisations de constructions délivrées montrent aussi un début de peuplement des *vides logistiques* et une orientation générale vers les espaces transfrontaliers par les portes d'entrée. (Fig. 31 et 32)

IV.1.3.4 Corrélation spatiale des évolutions de la production, de la consommation et des activités logistiques.

IV.1.3.4.1 Littérature existante sur les relations entre la production, la consommation et logistique

Dans la littérature existante, nous avons pu identifier quelques travaux pertinents sur les interactions spatiales et les liens entre les productions industrielles et la consommation d'un côté, ainsi que les services logistiques. J. Guy et V. Jérôme (2004) démontrent l'existence d'un lien interactionnel évident entre la production industrielle et la consommation, expliqué par les niveaux de la demande des produits industriels par les centres urbains.

B. Yann (2012) étudie les liens entre les facteurs de la production économique et les transports de fret, en mettant l'accent sur les distances comme facteur très déterminant dans les échanges territoriaux. Les structures d'organisation, les échanges entre les acteurs et les dynamiques des systèmes d'échanges sont étudiés en fonction de la distance qui sépare les différentes unités spatiales étudiées. L'explication scientifique est recherchée sur les logiques d'organisation spatiale entre les activités industrielles, les activités d'entreposage et de la logistique, qui sont les principales activités qui expliquent l'évolution des distances parcourues en termes de tonnages transportés par kilomètres. Le développement économique et la demande du transport sont étudiés dans des approches organisationnelles, localisatrices et évolutionnaires. La variable utilisée dans le travail de J. Guy et V. Jérôme (2004) pour caractériser les activités économiques (qui représentent la demande de transport) est le produit intérieur brut.

A. Francis et al. (2006) tentent d'apporter une explication sur les relations urbains-ruraux dans des unités territoires délimités par les « Pays », en étudiant les principaux facteurs

spatiaux déterminants l'évolution des relations entre les populations et les échanges économiques. Ces auteurs développent un modèle logit multinomial, et établissent une classification territoriale des différentes unités spatiales selon les densités et les spécialisations fonctionnelles. L'appartenance à des Pays urbains et ruraux est fonction de cette classification entre la population dans leur mobilité, la densité et les activités économiques.

V. Gacogne (2003), définit le système logistique en distinguant les décisions stratégiques liées à l'organisation de la production, les structures de distribution et les décisions d'ordre opérationnel. Le territoire intervient dans son modèle par la localisation des sites de production et par leur spécialisation dans la production industrielle.

Les approches développées dans des travaux précédents ont en commun deux logiques d'étude: les logiques de mobilités et des flux d'échanges entre les territoires et les logiques des potentiels de développement socio-économique qui sont à la base de ces échanges. Dès lors que l'on traite d'une question qui touche le transport (que ce soit celui de personnes ou de fret) les deux aspects spatiaux et de flux sont intimement reliés et, apportent diverses explications sur les évolutions et les dynamiques structurelles de l'espace.

Une importance relative est notée sur les facteurs de la localisation des objets ou des unités spatiales, les unes par rapport aux autres. La localisation concerne les sites industriels, les implantations des services logistiques et des centres urbains. Elle définit les distances des échanges entre ces unités. Ces distances augmentent ou diminuent en fonction des stratégies et des évolutions des structures d'échanges. D'autres travaux insistent plutôt sur l'aspect de la classification fonctionnelle et structurelle de l'espace selon les niveaux de variables principales choisies. L'espace est classifié selon l'interaction entre ces variables.

Interaction spatiale entre la production, la consommation et les activités logistiques : Exemple pour le sud de la France

Une comparaison de l'évolution de ces trois variables sur chaque année puis sur la période d'observation montre bien qu'il existe un lien d'interaction à définir encore. Entre le niveau de la production et de la consommation, l'indépendance entre les deux variables est très évidente. Les deux variables évoluent dans une même direction et sont sujettes à de variations souvent proches. Les activités de la logistique varient, indépendamment des deux variables, dans une autre direction mais qui suggère une interrogation sur leur rôle et leur importance dans la production et dans la distribution de produits vers les consommateurs. La figure 33 synthétise les relations d'évolution des phénomènes de la production et la consommation. Sur cette figure, nous pouvons lire que les départements riches dans les activités de production se distinguent de ceux où le niveau de production est inférieur par rapport à la consommation.

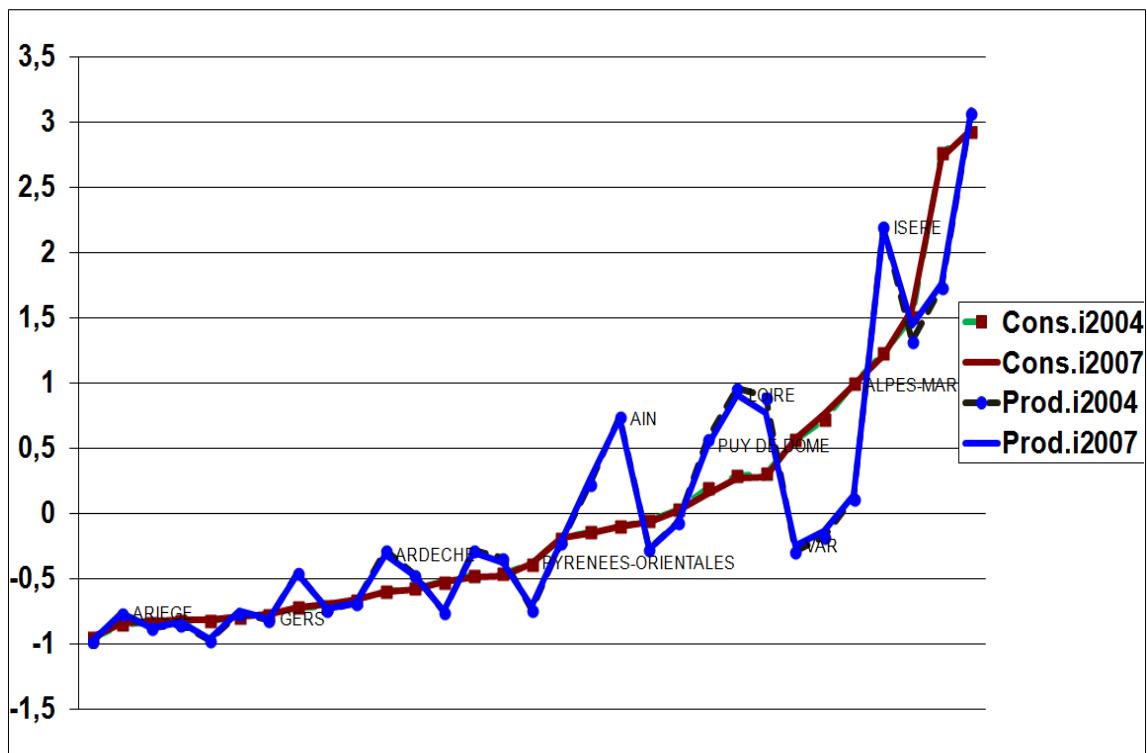


Figure 33 : Interaction spatiale entre la production et la consommation pour les années 2004 et 2007

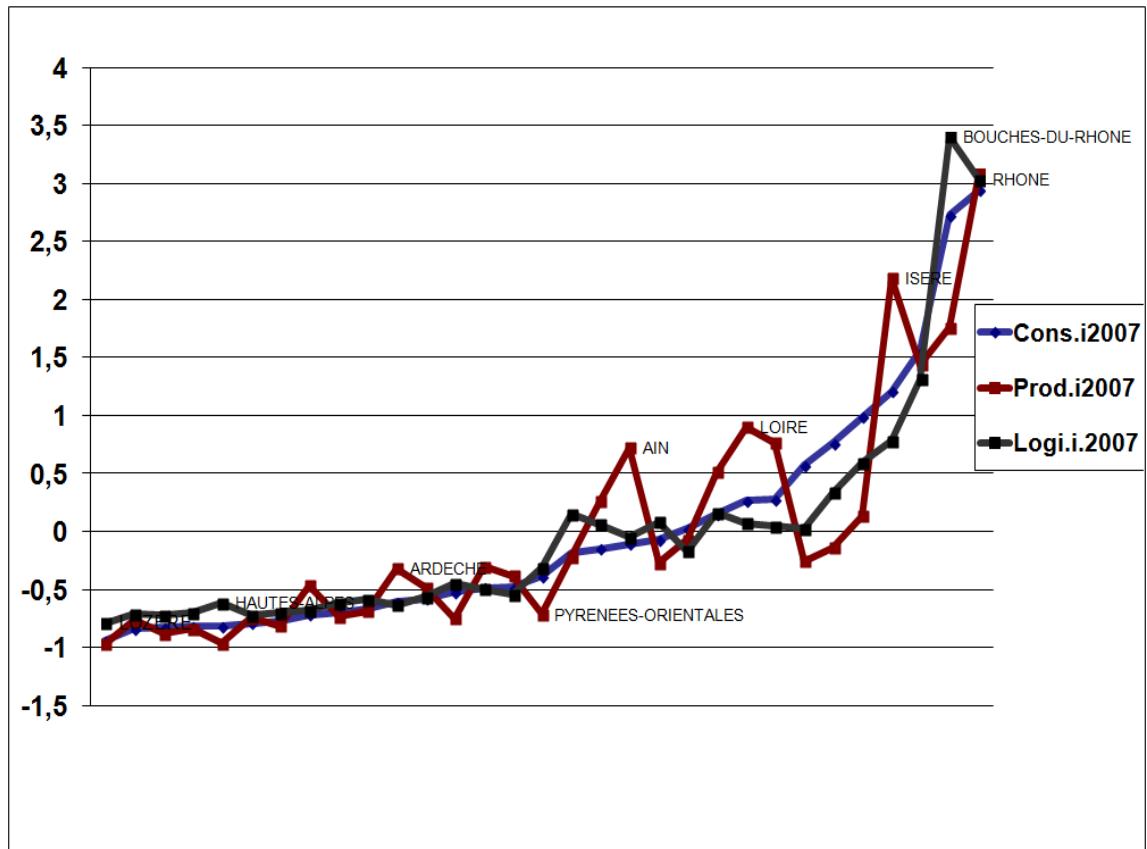


Figure 34: Interaction spatiale entre la production, la consommation et les services logistiques pendant l'année 2007

Les valeurs utilisées sont des valeurs obtenues à partir des caractéristiques de tendances centrales (la moyenne arithmétique \bar{x} et l'écart-type σ):

$$Z_i = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{\sigma_i}$$

Avec x_i la variable explicative étudiée; \bar{x} la moyenne arithmétique; σ_i l'écart type.

Les valeurs utilisées permettent de comparer plusieurs variables qui n'ont pas nécessairement les mêmes unités de mesure ou, difficile à représenter graphiquement.

La figure 34 traduit bien le rôle organisateur des services logistiques. La variation spatio-temporelle de la logistique dépend non seulement du niveau de la production-consommation relevé au sein du département, mais aussi des départements situés aux environs de ce dernier. Il existe une grande corrélation entre les activités logistiques et le niveau de la consommation. Il est rare de trouver un équilibre entre les trois variables, exception faite pour les cas des départements du Rhône et de la Haute-Garonne. Les entrepôts et les services logistiques tendent vers une régionalisation des services.

IV. 2. Principales données socio-économiques du transport international de fret : au niveau externe.

I V.2.1. Activités et entreprises de transport internationales

Avant de parler des infrastructures et du réseau de transport, nous montrons d'abord la répartition des activités du transport de marchandises à l'intérieur de chaque territoire d'étude. Le transport international de fret a été évalué par une prise en compte de la localisation des entreprises de transport (enregistrées et opérationnelles dans chaque département) ou des parks de véhicules lourds en activités dans chaque département. En Espagne et en Italie (Fig.35 et 37) les données trouvées sont le nombre des entreprises de transport de fret, tandis qu'en France (Fig.36 et 38), nous avons utilisé le nombre de véhicules opérationnel dans chaque département. Il n'est pas facile de trouver en même temps les données comparables partout. Nous avons travaillé avec les données disponibles acquises sur les différentes sources statistiques. Par conséquent, les pourcentages relatifs employés dans les précédentes thématiques seront utilisés et interprétés comme un indicateur approximatif de la réalité du phénomène du transport de fret.

Ce travail se propose d'initier une réflexion exhaustive sur la question du transport international de fret par les AdM. Pour cela, les approximations et les absences de données sont directement remplacées par des variables plus ou moins proches ou similaires afin

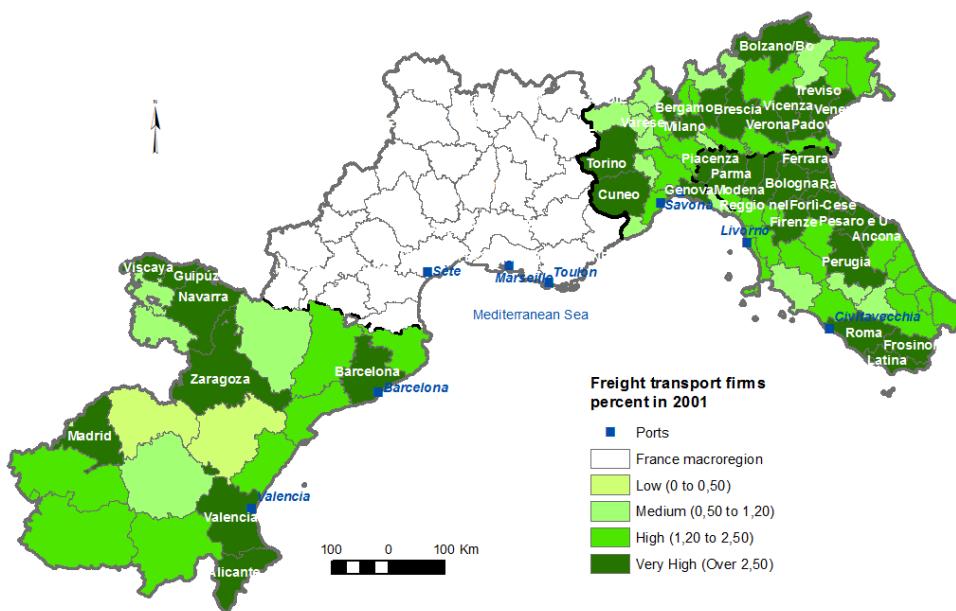


Figure 35 : Les entreprises de transport de fret en pourcentage relatif (par référence aux zones macro-économiques) en Italie et en Espagne en 2001
 Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

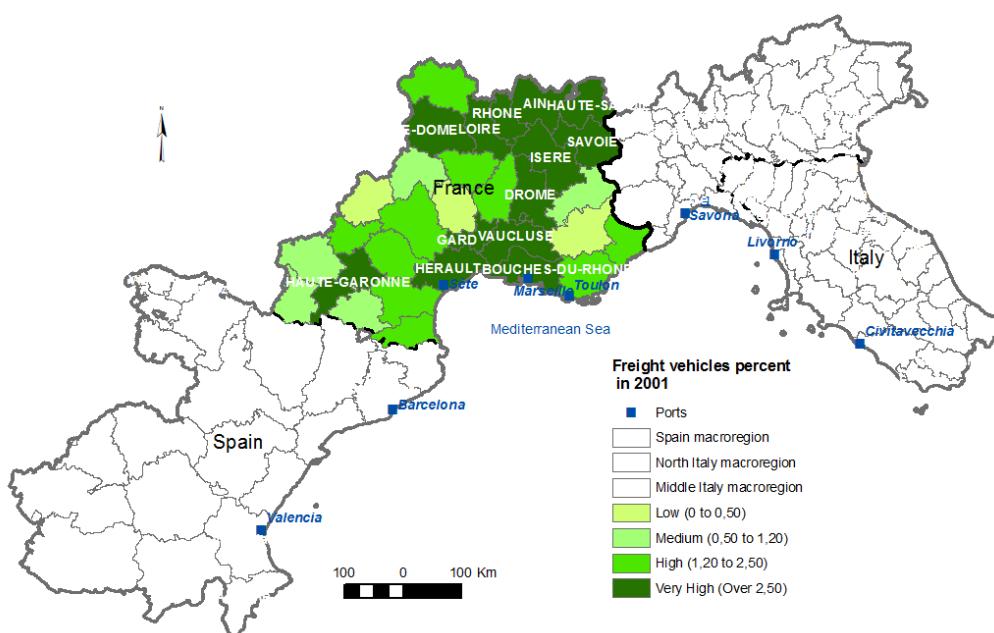


Figure 36 : Les véhicules lourds de fret en pourcentage relatif (par référence aux zones macro-économiques) au sud de la France en 2001

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

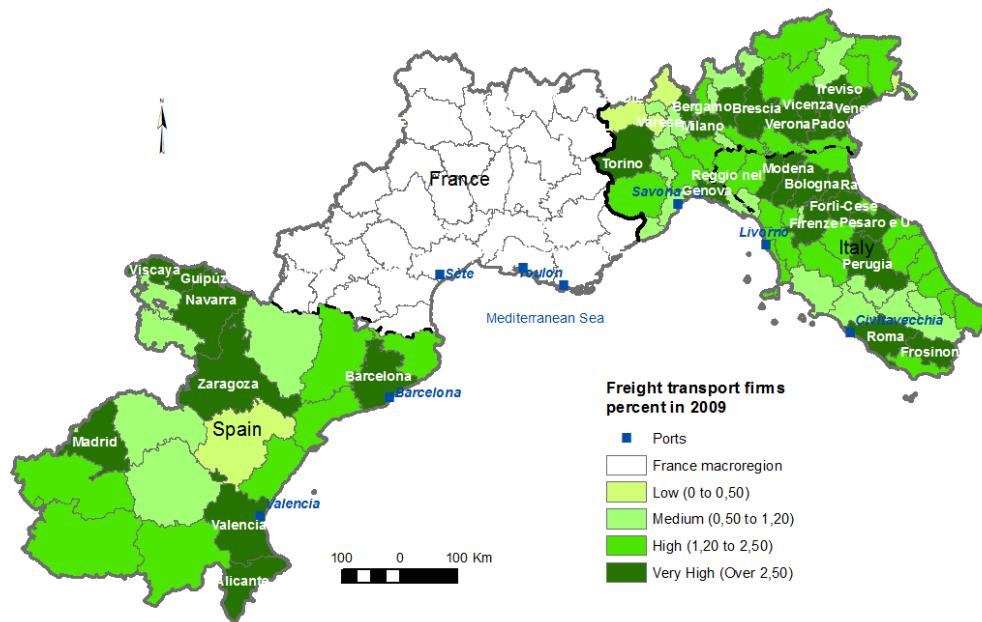


Figure 37: Les entreprises de transport de fret en pourcentage relatif (par référence aux zones macro-économiques) en Italie et en Espagne en 2009
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

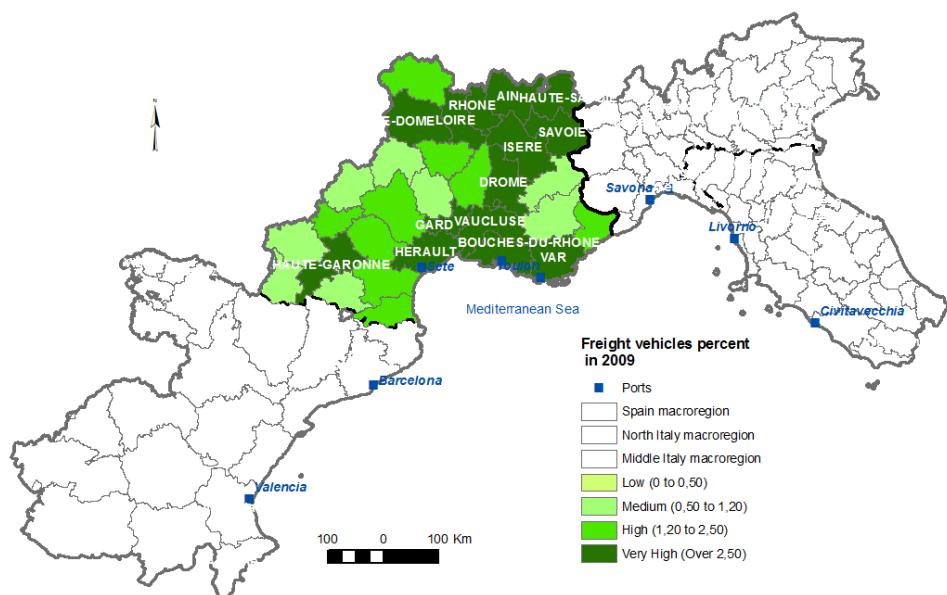


Figure 38 : Les véhicules lourds de fret en pourcentage relatif (par référence aux zones macro-économiques) au sud de la France en 2009
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

d'arriver à étudier un phénomène complexe, tel que le transport de fret, en prenant en compte le maximum d'éléments qui entrent en jeu, et à la fois dans une seule et unique comparaison international de fret. Après avoir jeté les bases de cette réflexion, et après avoir obtenu des résultats plus ou moins proches de la réalité, nous émettrons des propositions et des recommandations pour mettre au point une base de données homogène et qui intègrent toutes les variables directes sur chaque thématique. A cette condition, les résultats de ce travail pourraient être généralisés à d'autres territoires.

Une très bonne corrélation peut être établie entre les entreprises de transport et le nombre d'emplois logistiques. Dans ce contexte, nous avons choisi deux variables comme de variables centrales dans le but d'étendre la dynamique interne vers d'autres territoires. Après avoir étudié les quatre variables nous ajoutons les valeurs à l'importation et à l'exportation exprimées en million d'euro, observées sur les frontières italiennes, espagnoles et françaises. L'ensemble de ces variables seront utilisées pour créer un indice global montrant les capacités territoriales à l'importation et à l'exportation.

IV.2.2. Valeur monétaire à l'importation et à l'exportation de produits

Les figures 39 à 44 montrent la répartition spatiale des valeurs monétaires d'importation et d'exportation exprimée en pourcentage relatif pour permettre les comparaisons entre les différentes zones macro-économiques. Ces figures localisent les principaux pôles émettant ou recevant plus de marchandises que d'autres. Les observations faites à un niveau départemental situent ces pôles soit dans un ensemble de deux ou plusieurs départements proches qui se partagent un même espace de production et des activités de commerce international ou soit des départements isolés mais dont l'importance spatiale les maintient comme centre principal dans les échanges internationaux. C'est le cas de Madrid, de Barcelona, de Roma, des Bouches-du-Rhône, de Chieti, de Teruel, etc. Ces départements ne sont pas isolés au sens propre du terme, ils se démarquent tout simplement de leur entourage par leurs valeurs d'échanges très élevées. Ces figures offrent également une lecture d'évolution depuis l'année 2001 jusqu'à l'année 2009.

A l'exemple des interactions spatiales trouvées entre la production, la consommation et la logistique, il existe un lien évident entre les activités de transport international et les valeurs à l'exportation et à l'importation de produits de consommation. Rappelons que ces variables sont reliées aux activités internationales en déhors du territoire d'origine. Entre donc les capacités internes et les forces extérieures aux échanges, une valeur synthétique montrant la relation entre le local et le global, le potentiel interne et externe, définit le potentiel global aux échanges de marchandises.

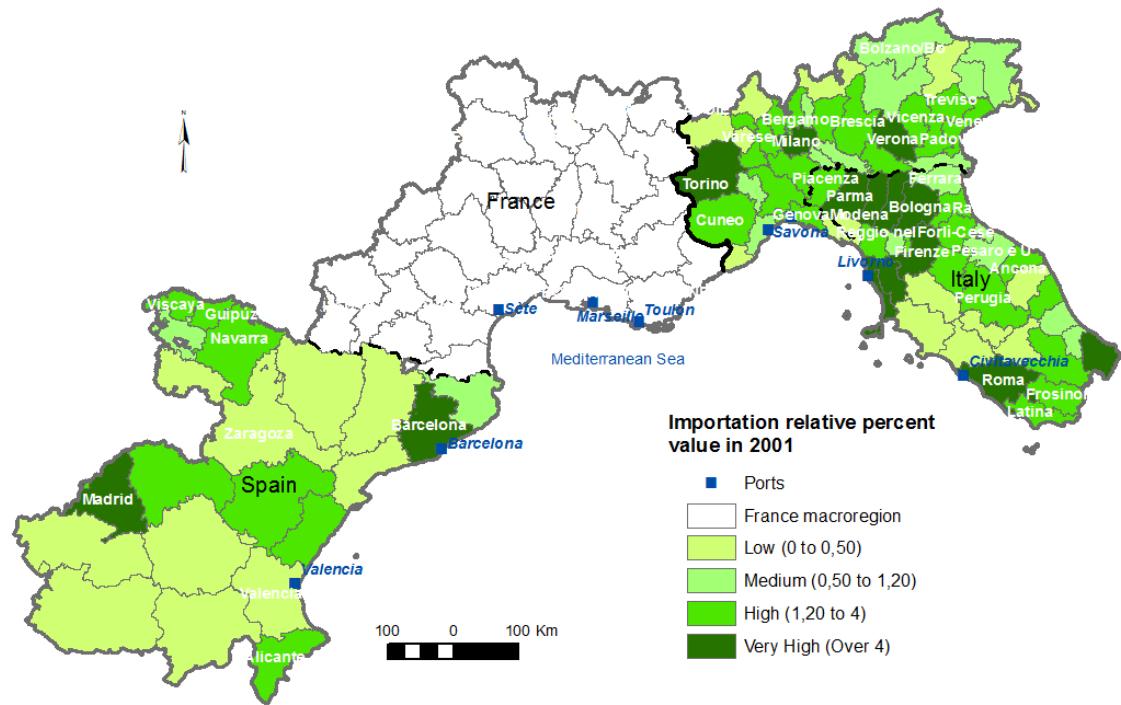


Figure 39: Pourcentage relatif des valeurs monétaire à l'importation en Italie et en Espagne (par référence aux zones macro-économiques) en 2001
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

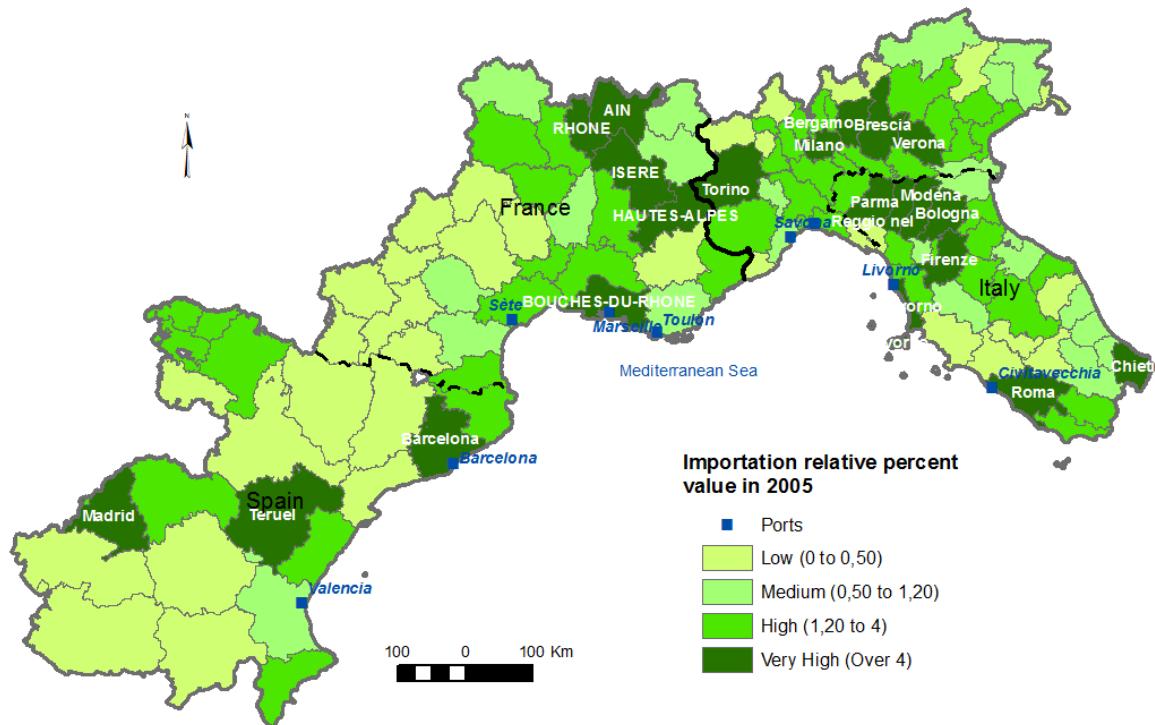


Figure 40: Pourcentage relatif des valeurs monétaire à l'importation (par référence aux zones macro-économiques) en 2005
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

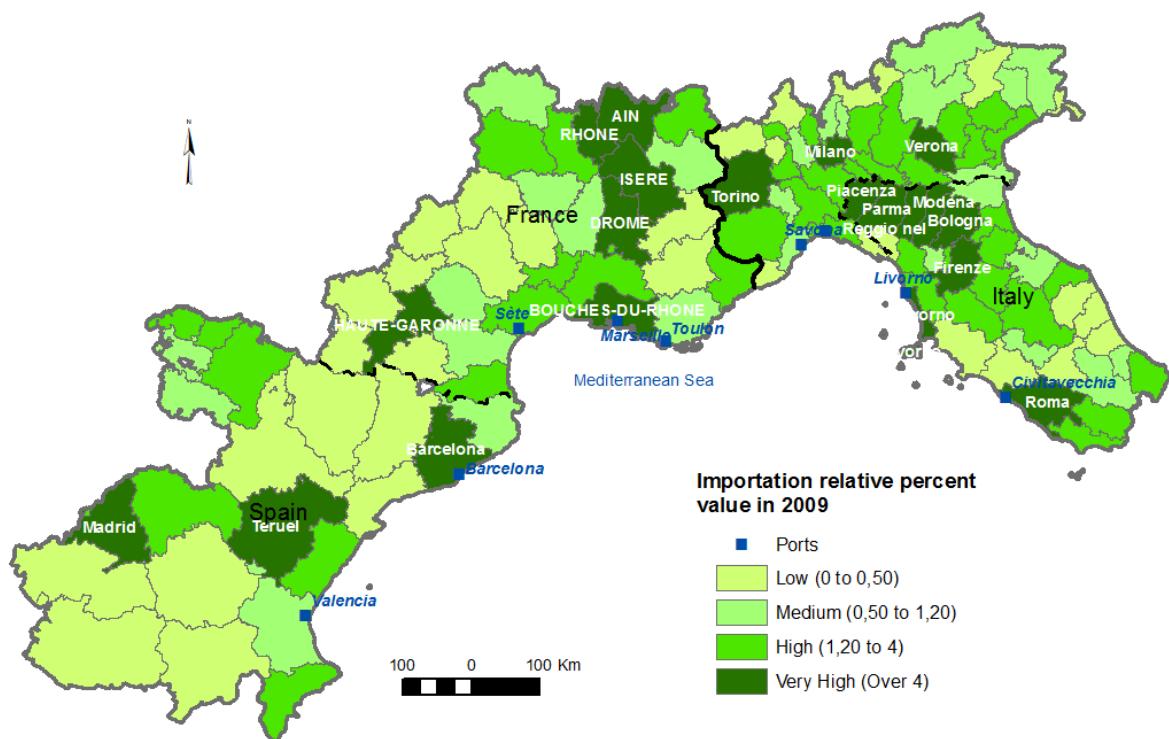


Figure 41: Pourcentage relatif des valeurs monétaire à l'importation (par référence aux zones macro-économiques) en 2009
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

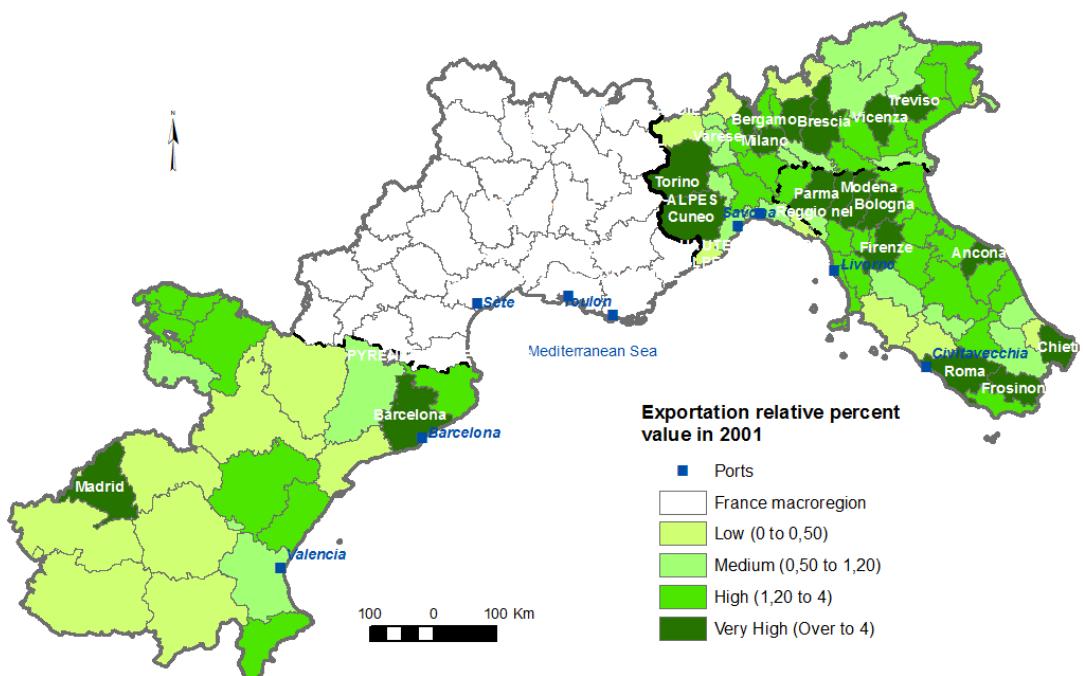


Figure 42: Pourcentage relatif des valeurs monétaire à l'exportation en Italie et en Espagne (par référence aux zones macro-économiques) en 2001
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

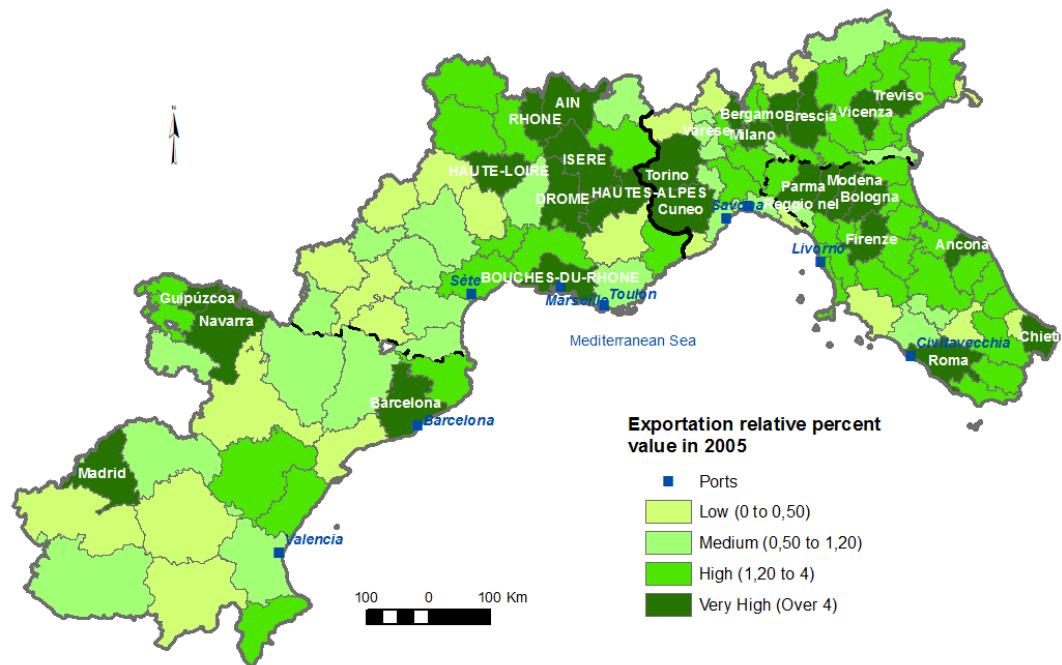


Figure 43: Pourcentage relatif des valeurs monétaire à l'exportation (par référence aux zones macro-économiques) en 2005

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

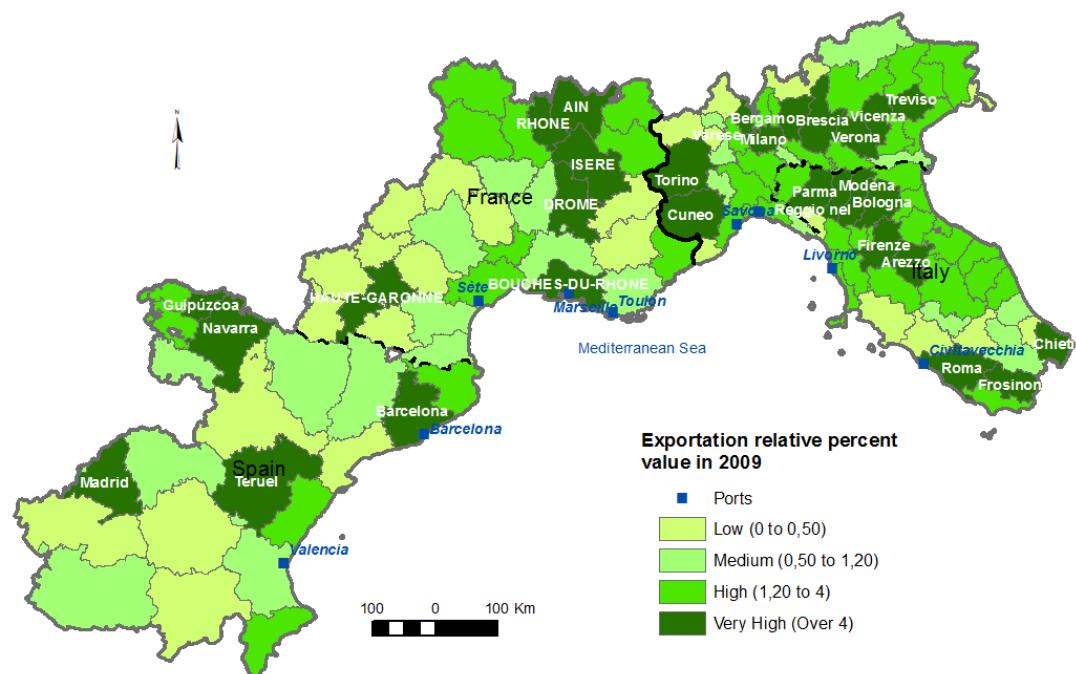


Figure 44: Pourcentage relatif des valeurs monétaire à l'exportation (par référence aux zones macro-économiques) en 2009

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Section V. Potentiel global dans le commerce international : Conceptualisation et méthodologie d'évaluation

Le potentiel global du commerce international représente une valeur synthétique montrant la capacité de commerce pour une unité spatiale vers d'autres unités. Cette valeur intègre toutes les forces qui participent dans l'émission et l'attraction du trafic international de fret. Le potentiel spatial a été construit autour du transport et des activités logistiques qui représentent des facteurs d'organisation et d'extension des échanges de biens. Les tableaux 9 et 10 montrent les principales étapes d'obtention du *Potentiel Global à l'Importation et à l'Exportation* (PGI et PGE en sigle).

« Le concept de potentiel global est basé sur l'introduction de l'espace et des dynamiques spatiales parmi les principales variables qui interagissent dans l'émission et l'attraction des flux de fret. Selon la signification complexe et multisectorielle des éléments du transport international de fret, le potentiel global est établi comme *une valeur synthétique qui définit pour chaque unité spatiale son potentiel d'échanger avec les autres territoires*. Cette valeur essaie d'exprimer les forces spatiales qui interagissent entre elles et génèrent les flux de transport. Cette force concerne une capacité interne et externe selon les relations scalaires et l'intensité des échanges entre les zones.

Le potentiel interne exprime les dynamiques internes de production, de consommation et des activités logistiques. Nous postulons que la production d'un département n, dépend de ses consommations internes et des consommations des autres départements appartenant à sa macro-région. Donc, le potentiel interne est obtenu par l'interaction entre l'entreposage et les systèmes logistiques avec les systèmes de production et de consommation de biens.

Au-delà du potentiel interne caractéristique des zones macro-économiques, la capacité d'un département pour développer une activité de commerce international vers les autres zones macro-économiques est exprimée par un potentiel externe. Ce dernier est défini comme une capacité pour une unité spatiale donnée, à un instant t, de satisfaire, au-delà des demandes internes et des demandes de ses proches voisins situés dans sa zone macro-économique, la demande des zones macro-économiques extérieures des autres pays.

Tableau 9 : Potentiel interne et externe dans le transport de marchandises

Internal potential	Formula	Prod . xi	Conso. yj	Logi. xi
	$n \cdot j = \frac{1}{N} \sum_j \text{prod. } i \times \text{Conso. } j$ (1)		(1) Production and consumption of all units.	
	$X \text{ prod. } i = \frac{1}{n} \sum_i n \cdot j \times \text{prod. } i$ (2)		(2) Individual production impact on subregional units.	
	$P.I.i = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^n \frac{X \text{ prod. } i}{\text{logi. } i}$ (3)		(3) Logistic system role in production and consumption systems.	
External potential	Formula	Imp. i	Exp. j	Trans p.i,j
	$n \cdot j = \frac{1}{N'} \sum_j \text{Imp. } i [1] \times \text{Imp. } j [2]$ (4)		(4) Import and export value (or quantity) by mode of all units.	
	$P.E.I(E)i = \frac{1}{N'} \sum_{i=0}^n n \cdot j \times \text{transp. } i$ (5)		(5) Transport as an impulsion to the external trade.	

Tableau 10: Potentiel Global

Global potential	Formula	P.I	P.E.I (E)	P.G.I (E)
	$P.G.I(E)i = \frac{1}{N+N'} \sum \frac{(P.I.i + P.E.I.(E)i)}{P.I.i}$ (6)		(6) Interaction between internal and external potential in international trade.	

Source: J., Ndayishimiye, (2013).

P.I est le potentiel interne

P.E.I(E) est le potentiel externe à l'importation et à l'exportation

P.G.I (E) est le potentiel global à l'importation et à l'exportation

La figure 45 schématise les relations d'échanges de fret d'un département avec les départements appartenant à sa macrorégion économique. En dehors de cette macrorégion, le potentiel externe est une affirmation des dynamiques internes. Au niveau international (Figure 46), la représentation des échanges donne lieu à deux macrorégions, reliées par des corridors de transport internationaux. Les valeurs représentées sur la figure 46, expriment les potentiels extérieurs d'échanges de marchandises. A l'intérieur de chaque macrorégion, les individus disposent des activités et des trajectoires internes propres. On parle ainsi des échanges extérieurs, lorsque ces activités et trajectoires sortent des limites d'une macrorégion pour

échanger avec les individus situés dans une autre macrorégion. (Figure 39) Le concept de potentiel interne et externe se base donc sur ces deux schémas dans le but de détecter tous les facteurs explicatifs qui seraient à la base de l'évolution des échanges internationaux de fret par la voie des transports durables.

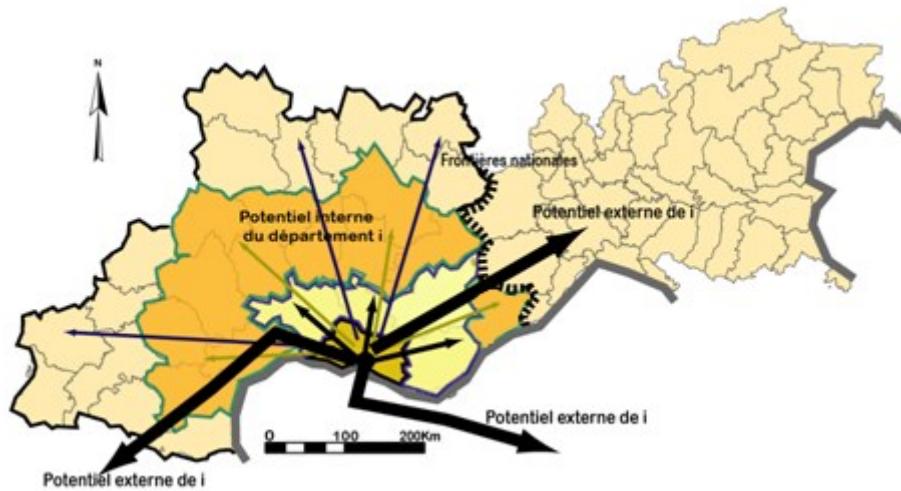


Figure 45: Croquis de proximités, éloignement et effets de frontière dans la définition des potentiels internes et externes

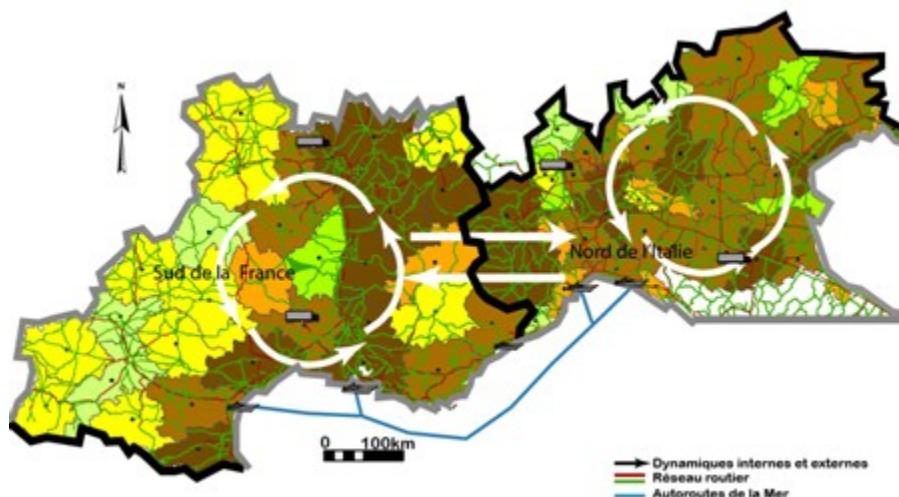


Figure 46: Schéma illustratif des territoires des flux de transport de fret international

Le potentiel global est donc le résultat des forces internes et externes, basées sur les mouvements internationaux entre deux unités spatiales, appartenant à deux différentes macrorégions, et à deux différents pays, ayant chacun un potentiel interne exprimant les dynamiques internes synchronisées par un potentiel externe à une échelle internationale. Cette force est exprimée par le PGE (Potentiel Global à l'Exportation) comme un mouvement d'exportation de biens vers une autre unité spatiale et par un PGI (Potentiel Global à l'Importation) comme force d'importation attirant les flux internationaux ».

V.1. Méthode statistique d'évaluation du Potentiel Global

Les étapes suivantes montrent la méthodologie statistique utilisée pour évaluer le Potentiel Global :

V.1.1. Méthode d'évaluation du Potentiel Interne

Dans l'évaluation des potentiels internes et externes la première étape est la méthode de multiplication de variables dans les matrices d'origine et destination. Les différences entre les deux matrices sont basées uniquement sur les localisations spatiales des points d'origine et de destination. Pour l'évaluation du potentiel interne, la première étape est l'interaction entre la production et la consommation à l'intérieur d'une matrice origine/destination :

Tableau 11: Matrice entre la production p. et la consommation c. pour chaque département

Origin /Destination (2)		x1	x2	xn	Mean of origins yj=Ni . (1)	Consumption
Production	x1	T11	T12	T1n	T1.	
	x2	T21	T22	T2n	T2.	
	Xn	Tn1	Tn2	Tnn	Tn.	
Mean of destination xi=Ni.j		T.1	T.2	T.n	N.. (3)	

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Le tableau 11 montre la récupération des valeurs des moyennes marginalisées entre la production et la consommation (N_i) et la moyenne des moyennes ($N..$). Nous multiplions ensuite les moyennes marginales (N_i) par la valeur de la production (p.) utilisée dans les unités spatiales d'origine de la matrice. Nous divisons après avec la moyenne des moyennes ($N..$). Le résultat obtenu (4) est la moyenne conditionnelle de la production interne au sein de chaque zone macro-économique.

$$\bar{X}_j = \frac{1}{N..} \sum_{i,j} n_{i,j} \times x_i$$

Tableau 12: Le rôle des systèmes logistiques dans l'organisation des échanges internes

Mean of origins $yj=Ni . (1)$	Production p. (2)	Product (1)and(2)	(4) Division by (3) N..	(5) Logistic value (Logi.)
T1.	x1	T1. \times x1	(T1. \times x1)/N..	[(T1. \times x1)/N..]/logi.1
T2.	x2	T2. \times x2	(T2. \times x2)/N..	[(T2. \times x2)/N..]/logi.2
Tn.	Xn	Tn. \times xn	(Tn. \times xn)/N..	[(Tn. \times xn)/N..]/logi.n
N .. (3)	N. j	-	-	-

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Le tableau 12 décrit l'ultime étape de l'évaluation du potentiel interne est l'affectation d'un rôle organisateur aux systèmes logistiques par leur division aux moyennes conditionnelles à la production (4). Le résultat général (5) donne une valeur montrant pour chaque département n qui appartient à une macro-région N, sa capacité interne dans les liens interactionnels de proximités avec ses proches voisins. Le potentiel interne (P.I) est une valeur synthétisant la dynamique interne des échanges de produits pour chaque département (xi) dans sa macro-région (n).

V.1.2. Le potentiel externe à l'importation et à l'exportation

Dans le potentiel externe nous reproduisons la méthode de la matrice d'origine/destination par une multiplication des valeurs d'exportation pour les unités spatiales à l'origine (xi) avec les valeurs à l'importation pour les départements de destination yj. Ce schéma est inversé selon la direction des échanges de fret.

La première étape est la récupération des toutes les valeurs des moyennes marginales aussi bien aux origines comme aux destinations (Tableau 13).

Tableau 13: Matrice entre les exportations exp. et les importations imp. pour chaque département.

Origin /Destination (2)	y1	y2	yn	Mean of origins $yj=Ni . (1)$
x1	T11	T12	T1n	T1.
x2	T21	T22	T2n	T2.
Xn	Tn1	Tn2	Tnn	Tn.
Mean of destination $xi=N.j$	T.1	T.2	T.n	N .. (3)

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Tableau 14: Le rôle du transport dans l'émission et l'attraction des flux internationaux

Origin /Destination (2)	yj=Ni . (1) xi=N.j	(4) Division by (3) N. .	(5) Multiplying transportation variable
x1	T1.	T1./N. .	(T1./N. .)× transp.1
x2	T2.	T2./N. .	(T2./N. .)× transp.2
xn	Tn.	Tn./N. .	(Tn./N. .)× transp.n
y1	T.1	T.1/N. .	(T.1/N. .)× transp.1
y2	T.2	T.2/N. .	(T.2/N. .)× transp.2
yn	T.n	T.n/N. .	(T.n/N. .)× transp.n

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Ceci signifie que les valeurs récupérées sont directement rapportées à la moyenne des moyennes (N.). La dernière étape de l'évaluation du potentiel externe est l'incorporation du transport (transp.) comme un facteur d'émissivité et d'expansion des échanges de fret par leur multiplication à la moyenne marginale obtenue (4) (tableau 13). Le potentiel externe obtenu se distingue selon qu'il s'agisse les points d'origine (xi) (P.E.E: Potentiel Externe à l'Exportation) exportant vers les points de destination (yj) (P.E.I : Potentiel Externe à l'Importation) qui importent des produits à partir des premiers.

V.1.3. Potentiel Global à l'Importation et à l'Exportation

Dans tout le processus d'évaluation du potentiel interne et externe les résultats obtenus sont:

$$P.I \text{ le potential interne pour chaque département (xi) dans sa macrorégion (n)} \quad (1)$$

$$P.E.I \text{ est le potential externe à l'importation pour les départements de destination (y1, y2,..., yn)} \quad (2)$$

$$P.E.E \text{ est le potential externe à l'exportation pour les départements origine (x1, x2,...,xn)} \quad (3)$$

Le Potentiel Global à l'Importation et à l'Exportation est obtenu par la formule suivante:

$$P.G.E.(xi) = \frac{1}{N+N'} \sum_{n \in N} \sum_{n' \in N'} \frac{(P.I.xi + P.E.E.xi)}{P.I.xi} \quad (4)$$

$$P.G.I.(yj) = \frac{1}{N+N'} \sum_{n \in N} \sum_{n' \in N'} \frac{(P.I.yj + P.E.I.yj)}{P.I.yj} \quad (5)$$

PGE (xi) est le potential global à l'exportation pour (xi) pour les départements d'origine
PGI (yj) est le potential global à l'importation pour (yj) pour les départements de destination
N et N' sont deux pays en échanges dans lesquels figurant les départements (xi) et (yj) pour les macro-régions (n) et (n').

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

La valeur du Potentiel Global est évaluée en mettant en valeur plus le potentiel interne que le potentiel externe dans le commerce international. Le concept des forces internes signifie qu'un département donné (x_i) exporte ou importe à partir d'un département éloigné situé dans un autre pays après la satisfaction de ses demandes internes et des voisins situés dans sa zone macro-économique. Ceci nous conduit à rapporter le potentiel interne à la somme des deux potentiels pour obtenir soit la capacité du commerce international à l'importation (4) et à l'exportation (5).

V.2. Dynamique du potentiel global à l'importation et à l'exportation entre 2001, 2009 et 2020

Le potentiel global entre les années 2001, 2009 et 2020: La valeur synthétique des capacités départementales à l'importation de biens est représentée par le Potentiel Global à l'Importation (PGI) et à l'Exportation (PGE). Cette valeur est obtenue à travers un modèle interactionnel et complexe prenant en compte toutes les variables qui concourent dans l'attractivité des flux de fret. La matrice type origine/destination (tab.15) utilisée pour l'évaluation des potentiels des échanges internationaux de marchandises, a été élaborée à partir des départements des macro-régions à l'origine (France-Espagne) et à la destination des flux (Italie).

Tableau 15 : Matrice type origine-destination utilisée pour évaluer le potentiel international des échanges de marchandises entre les départements français, espagnols et italiens.

Variables	Import-Export	Destination Italie Nord et Central				Emissions $\sum_j T_{ij}$
	Dpt	Alessandria	Aosta	Arezzo	Autres Dpt	Total
Origine France-Espagne	Ain	T11	T12	T13	T1j	T1. ≈ E1
	Cantal	T21	T22	T23	T2j	T2. ≈ E2
	Alpes-Maritimes	T31	T32	T33	T3j	T3. ≈ E3
	Autres Dpt	Ti1	Ti2	Ti3	Tij	
Attractions $\sum_i T_{ij}$	Total	T.1≈ A1	T.2≈ A2	T.3≈ A3		T ou T.. = $\sum_{i,j} T_{ij}$

Les changements survenus entre 2001 et 2009 peuvent être observés selon la répartition des valeurs. D'une façon générale, le Potentiel Global en 2001 décrit la situation globale des échanges internationaux entre les trois pays. La dynamique structurelle des départements côtiers est très élevée compte tenu des infrastructures de transport et des superstructures

comme les ports. Sur les arrière-pays portuaires, les résultats montrent différemment la localisation des départements ayant un niveau élevé dans les importations et les exportations de biens. L'axe entre les régions du Rhône, de Turin et de Milan est un bon exemple d'une régionalisation internationale des échanges de biens. Cet axe est relié aux centres émetteurs de Piacenza et de Firenze situés sur les hinterlands des ports de La Spezia et de Livorno. En Espagne, les provinces de Madrid et du País-Basque-Espagnol et leurs environs enregistrent des potentiels globaux très élevés.

Les figures 47, 49 et 51 évaluent le Potentiel Global dans le commerce international de biens entre les points d'origines situés en Espagne et au Sud de la France et les points de destination situés en Italie. Tandis que les figures 48, 50 et 52 évaluent le Potentiel Global dans le commerce international de biens entre les points d'origines situés en Italie et les points de destination situés en Espagne et en France. La matrice d'origine/destination du Potentiel Global a été évaluée en tenant compte à la fois des valeurs d'exportation à l'origine (représentant les facteurs d'émissions) et, les valeurs à l'importation à la destination (représentant les facteurs d'attractivité des flux extérieurs).

Les changements observés entre le PGI et le PGE (Potentiel Global à l'Importation et/ou à l'Exportation) sont très significatifs dans le transport de fret. Les changements observés sont intimement liés aux valeurs d'importation et d'exportation de biens.

Ces valeurs du PGI et du PGE sont des résultats préliminaires de notre modèle. Ils ont été obtenus à travers l'ensemble des variables explicatives directement ou indirectement impliquées dans le commerce extérieur de fret. La représentation spatiale faite dans ces figures, montrent la variation sur une échelle d'observation plus expressive de la capacité départementale dans les importations et les exportations de biens. Ces résultats seront combinés avec les résultats des coûts de transport et de l'information du trafic pour renforcer la représentativité de la matrice des origines/destinations des flux à des niveaux d'observation départemental et régional.

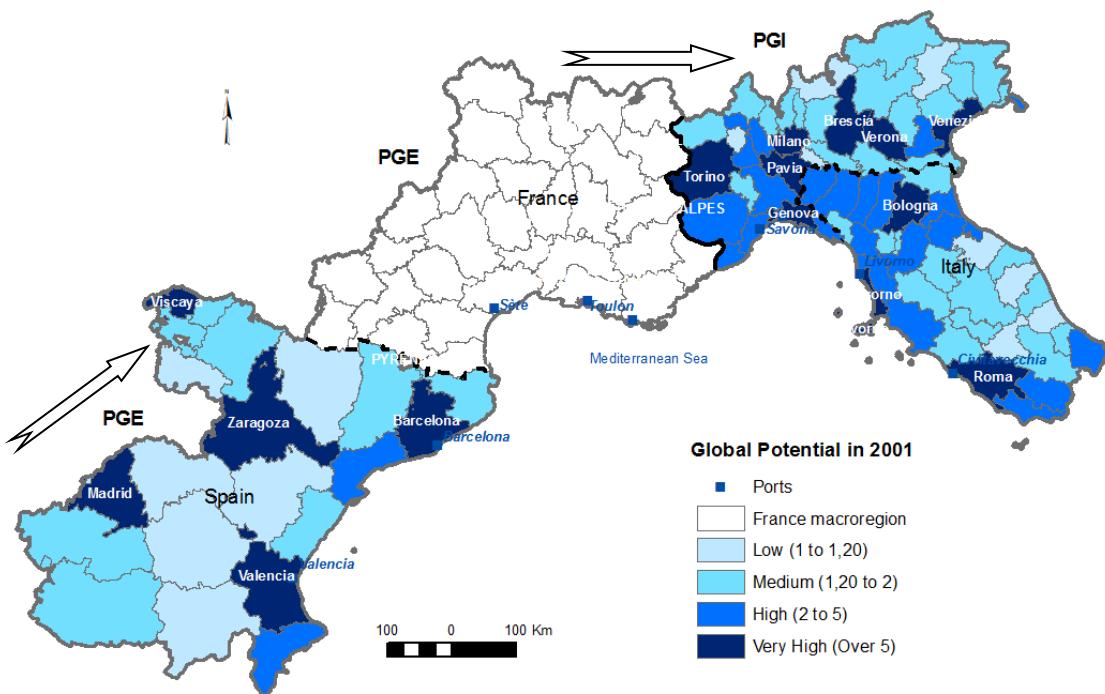


Figure 47: Potentiel Global dans le transport international en 2001 (Espagne vers l'Italie)

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

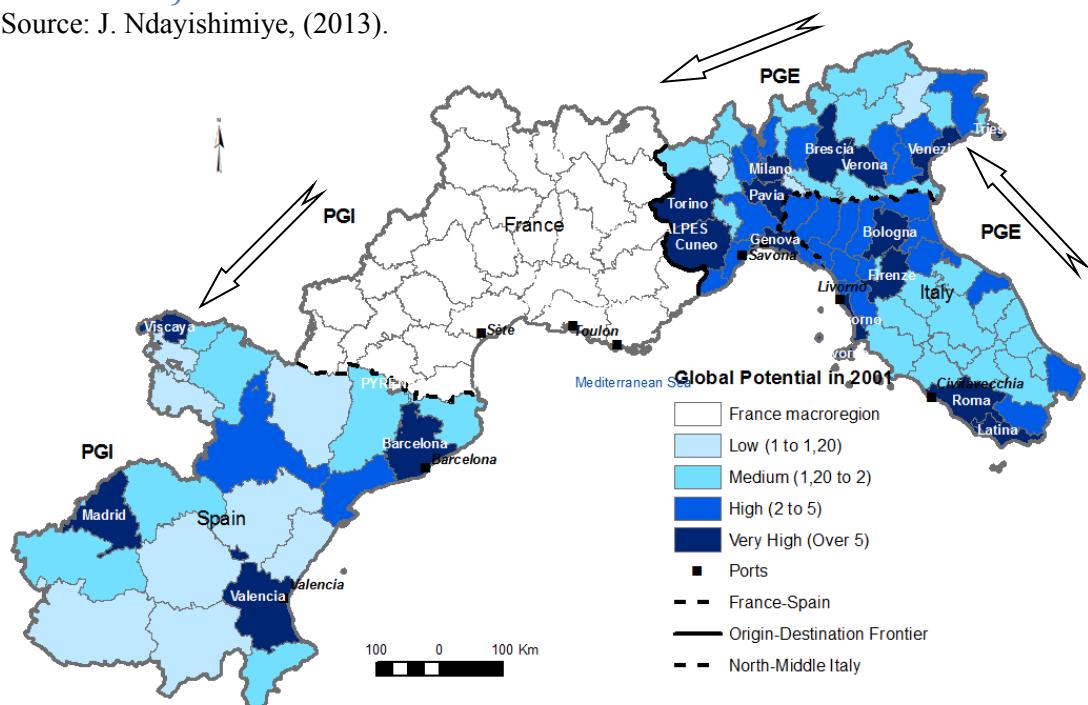


Figure 48: Potentiel Global dans le transport international en 2001 (Italie vers l'Espagne)

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

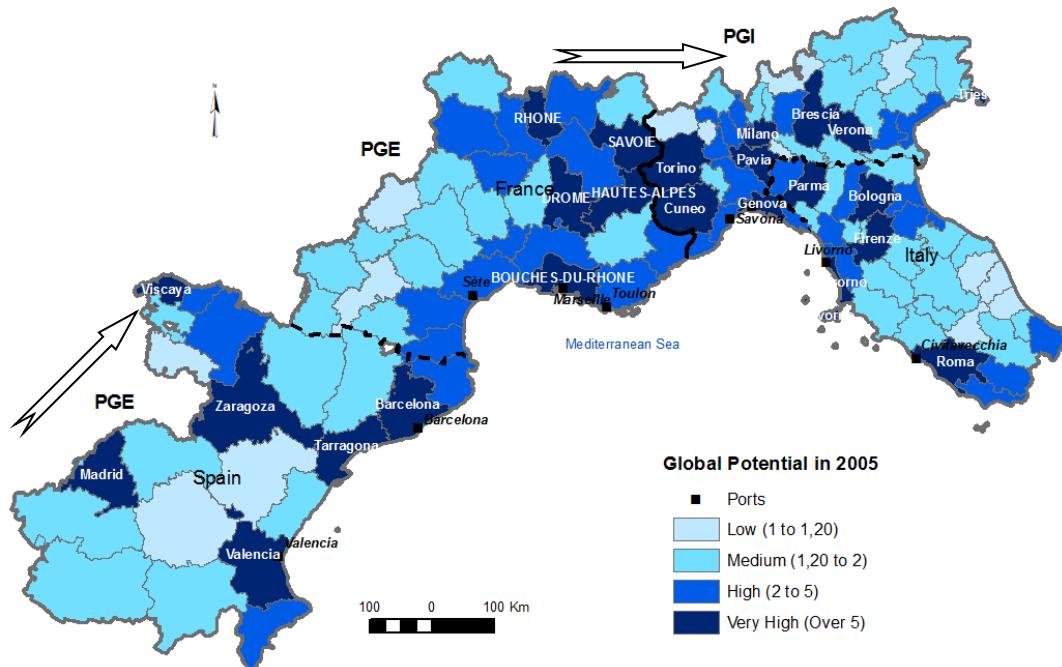


Figure 49: Potentiel Global dans le transport international en 2005 (France-Espagne vers l'Italie)

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

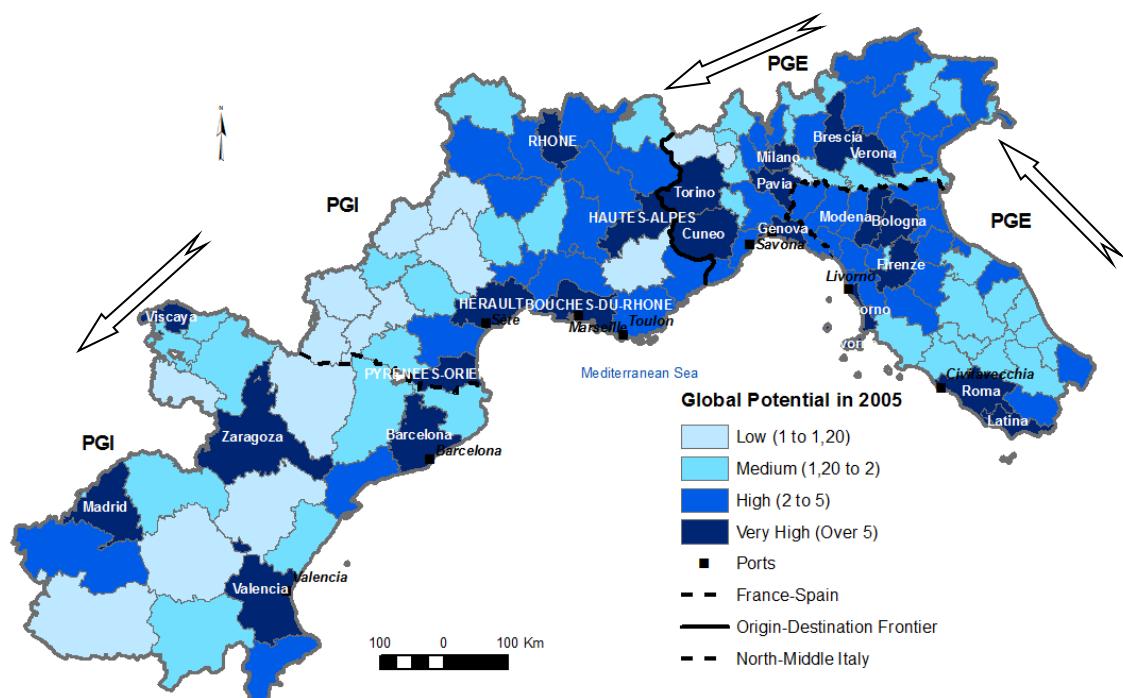


Figure 50: Potentiel Global dans le transport international en 2005 (Italie vers France-Espagne)

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

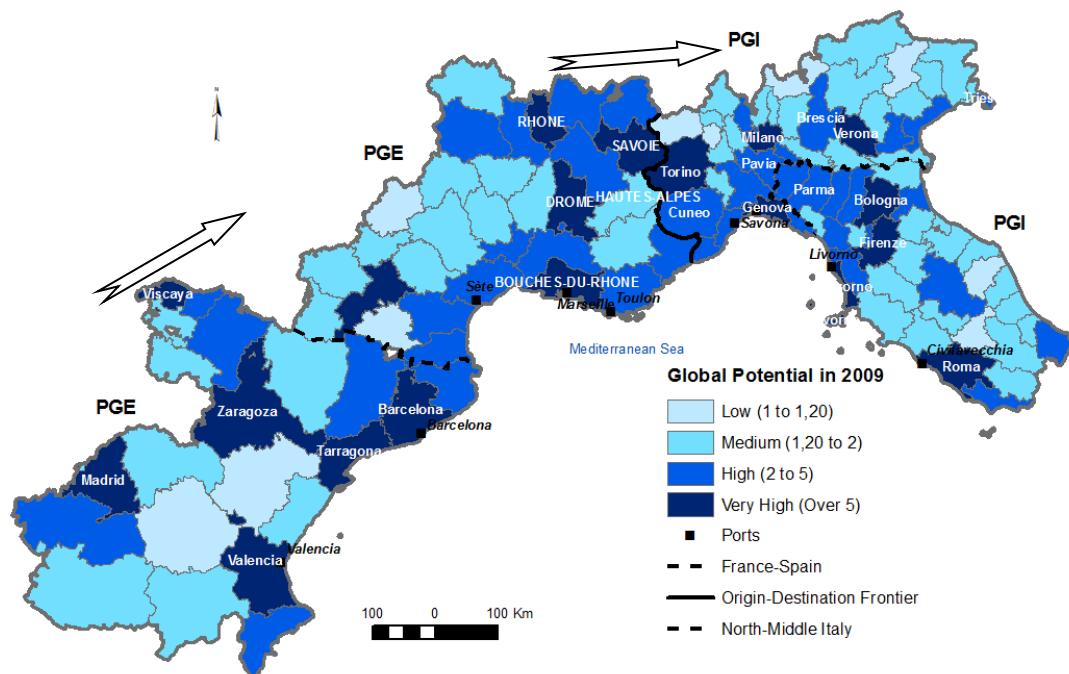


Figure 51: Potentiel Global dans le transport international en 2009 (France-Espagne vers l'Italie)

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

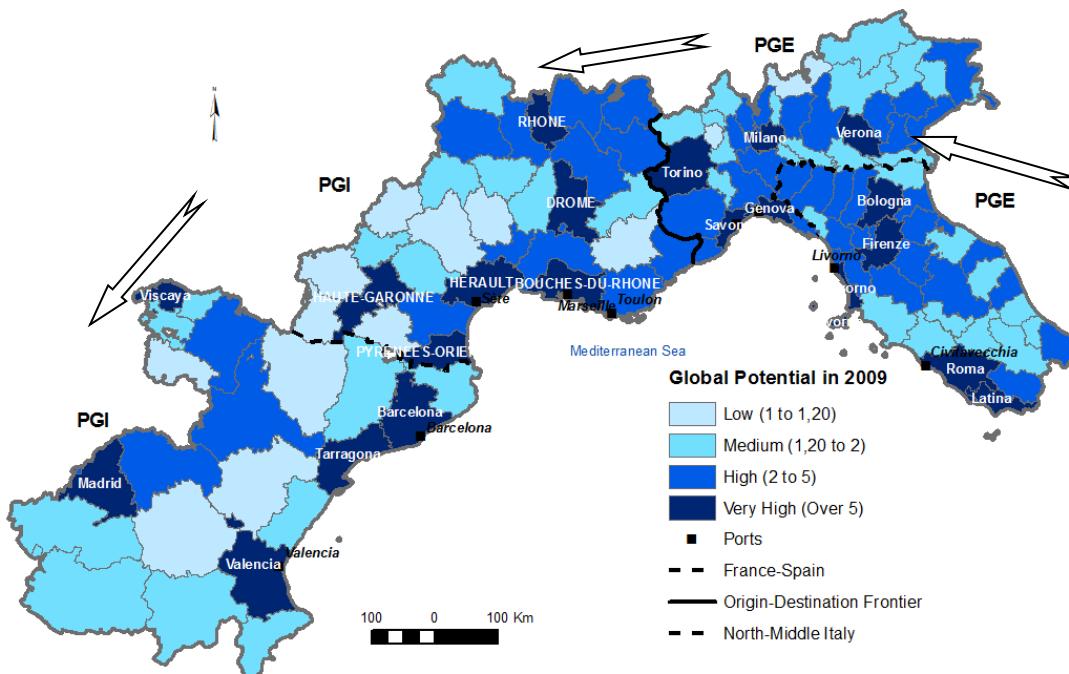


Figure 52: Potentiel Global dans le transport international en 2009. (Italie vers France-Espagne).

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Il y a une diminution liée aux tendances récentes d'une légère baisse des échanges et de la crise économique ayant frappé plus les échanges internationaux espagnols. Cette diminution est très sensible, pour les échanges de Barcelone, de Madrid et de Valence. Par ailleurs, l'ensemble des territoires d'étude subit un déplacement des centres d'intérêt et une concentration des ressources plus accrues vers les départements proches (la liaison entre Tarragone et Saragose est effectuée par la captation des flux de Barcelone et de Valence). Le calcul du potentiel international des échanges n'est qu'une étape préalable du modèle d'échanges internationaux de fret. Ce potentiel doit être utilisé en combinaison avec les autres facteurs explicatifs (notamment les coûts de transport, les externalités environnementales et les politiques de planification des transports) pour évaluer les parts des marchés des AdM (voire le chapitre III et IV). Les potentiels calculés représentent une étape importante permettant de combiner plusieurs variables indépendantes et dépendantes pour expliquer la capacité territoriale dans les échanges internationaux.

V.3. La validation du Potentiel Global par rapport aux valeurs de l'importation et de l'exportation

Pour valider les valeurs des Potentiels Globaux obtenues, la méthode de la régression linéaire entre les variables à l'importation et à l'exportation de biens et les PGE et PGI, selon les directions des mouvements de flux (tableau 15). D'une façon générale, le coefficient de corrélation multiple est dans 90% des situations observées au-delà de 0,70 et très proche de 1.

Ces valeurs démontrent une grande relation d'interdépendances réciproques tendant vers la dépendance totale dans les cas où le résultat s'approche de 1 (100%). Ces résultats justifient une relation d'influence réciproque très forte entre les vraies valeurs monétaires à l'importation et à l'exportation des produits avec les Potentiels Globaux obtenus entre l'Espagne, la France et l'Italie. A un intervalle de confiance de 95%, tous ces pays sont caractérisés par des Potentiels Globaux dans les échanges extérieurs valides sauf quelques coefficients variant entre 0,60 et 0,70. Ces derniers cas sont liés au fait que les données à l'importation et à l'exportation sont des valeurs générales des échanges de chaque département vers tout le pays de destination ou d'origine des flux sans tenir compte des macro-régions étudiées comme zone d'étude.

Tableau 15: Validation du Potentiel Global à l'importation et à l'exportation par les coefficients de régression linéaire

Years	Trade direction	Multiple determination coefficient (r) France	Multiple determination coefficient (r) Spain	Multiple determination coefficient (r) north and central Italy
2001	France and Spain to Italy		0,61	0,81
2001	Italy to France and Spain		0,83	0,74
2005	France and Spain to Italy	0,83	0,68	0,82
2005	Italy to France and Spain	0,70	0,82	0,76
2007	France and Spain to Italy	0,86	0,68	0,79
2007	Italy to France and Spain	0,93	0,82	0,72
2009	France - Spain to Italy	0,91	0,73	0,76
2009	Italy to France-Spain	0,90	0,84	0,73

Source: Elaborated from the PGE and PGI with the monetary value in international trade, J. Ndayishimiye, (2013).

Nous avons utilisé la même méthode pour évaluer l'influence des facteurs de production et de la consommation sur la variation des potentiels globaux à l'importation et à l'exportation. (tableaux 16 et 17). L'influence d'une variable par rapport aux échanges extérieurs varie d'une année à une autre et selon la région d'origine de la consommation et de la production. Il existe donc un lien entre les activités du commerce international et les activités de la production/consommation de biens. Les deux variables ont été choisies à titre d'exemple pour illustrer leur rôle dans la génération des flux de transport international. Leur niveau d'influence étant complémentaire aux autres facteurs détaillés dans les paragraphes précédents.

Tableau 16 : Influence de la consommation sur le potentiel global à l'importation et à l'exportation par les coefficients de régression linéaire

Years	Trade direction	Multiple determination coefficient (r) France	Multiple determination coefficient (r) Spain	Multiple determination coefficient (r) north and central Italy
2009	France and Spain to Italy	0,05	0,91	0,87
2009	Italy to France and Spain	0,10	0,87	0,91

Source: Elaborated from the PGE and PGI with the consumption percent variable, J. Ndayishimiye, (2014).

Tableau 17: Influence de la production sur le potentiel global à l'importation et à l'exportation par les coefficients de régression linéaire

Years	Trade direction	Multiple determination coefficient (r) France	Multiple determination coefficient (r) Spain	Multiple determination coefficient (r) north and central Italy
2009	France and Spain to Italy	0,02	0,73	0,83
2009	Italy to France and Spain	0,10	0,62	0,77

Source: Elaborated from the PGE and PGI with the production percent variable, J. Ndayishimiye, (2014).

Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons identifié toutes les variables explicatives ayant une influence sur l'évolution des échanges extérieurs de fret. La géographie de la répartition de chacune de ces variables a montré une grande dynamique des espaces selon la thématique étudiée. Les phénomènes de production et de consommation de biens ont été étudiés au niveau interne dans les échanges de chaque département avec ses proches voisins. Les deux variables évoluent de façon plus ou moins semblable. Les services logistiques ont connu une très grande dynamique au fil des temps. Ses services jouent un rôle majeur dans l'organisation des flux de livraison et d'approvisionnement des industriels et des centres urbains de consommation de biens. Les services logistiques ont tendance à évoluer depuis les services des entrepôts de proximités vers les services plus ou moins élargis vers plusieurs entreprises et plusieurs départements. Les spécialisations de ces services suivis de la concentration des activités industrielles dans des pôles de compétitivité sont les deux éléments majeurs ayant conditionné l'évolution spatio-temporelle de la logistique. Ce phénomène est bien perceptible

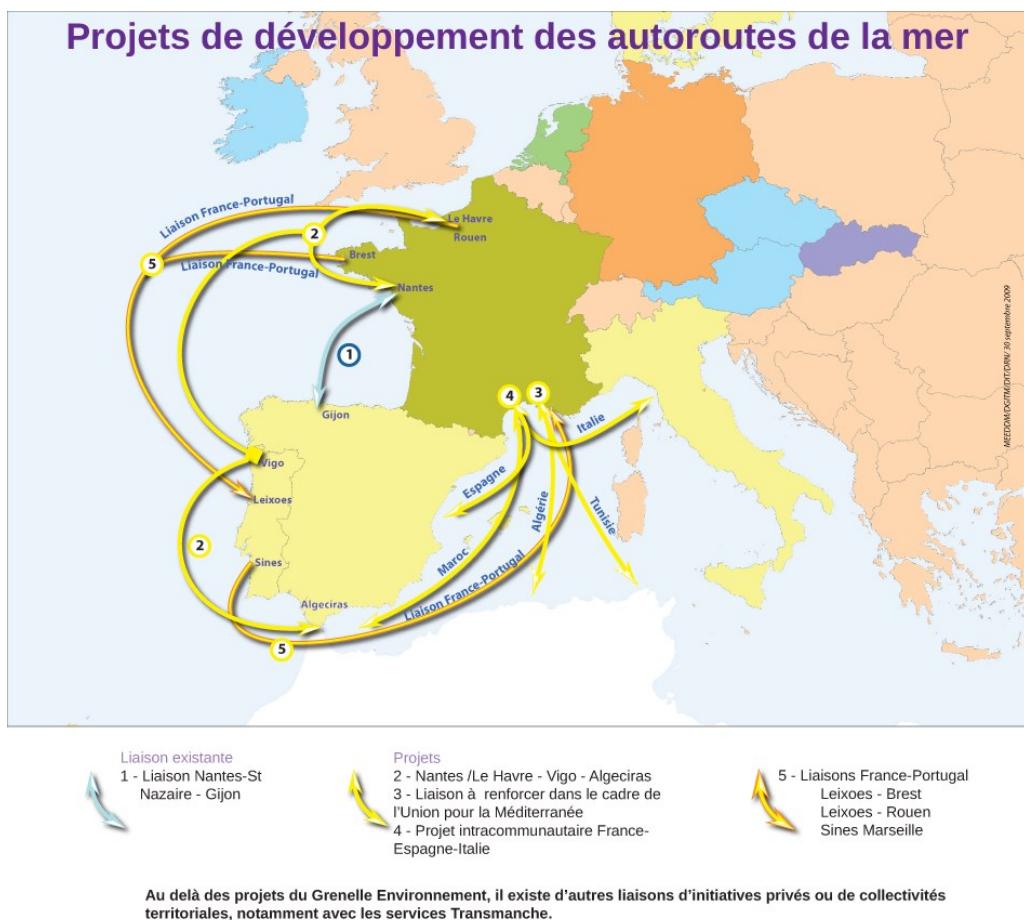
quand on se place à un niveau d'observation plus fine (commune) où les changements survenus en termes de nouvelles aires d'entreposage commencées montrent une attraction des activités logistiques vers les grands pôles.

Les dynamiques et structures internes, combinées aux facteurs externes d'importation et d'exportation de produits, nous ont permis de créer un indice qui synthétise la capacité pour chaque unité spatiale à échanger les biens avec les autres unités situées dans d'autres pays.

**DEUXIEME PARTIE. MODELISATION SPATIALE DE LA
DURABILITE DES TRANSPORTS PAR AUTOROUTES DE LA MER**

INTRODUCTION : DEUXIEME PARTIE

Le projet des Autoroutes de la mer entre la France, l'Espagne et l'Italie étudié dans cette recherche, s'insère dans un schéma global (fig. 53) visant à renforcer le réseau d'Autoroutes déjà opérationnels. Les objectifs de mise en place de nouvelles lignes visent à un désengorgement des axes routiers, en offrant la possibilité d'un important report modal et, d'un même coup, de réduire les émissions de gaz à effet de serre. (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2011).



Source: <http://www.developpement-durable.gouv.fr/>

Figure 53: Exemple de projet d'Autoroutes de la Mer

Néanmoins, la réussite d'un report modal est soumise à plusieurs conditions de compatibilité et de transférabilité des flux routiers vers la voie maritime. La figure 55 schématisise les grands projets maritimes des lignes selon les ports d'origine et les territoires côtiers de destinations. Mais la réalité du tracé de ces lignes se réfère aux trafics de fret routiers et à l'importance des flux littoraux observés (fig. 54 et 55).



(54)



(55)

Source : <http://www.oceanattitude.org/> et <http://www.ifrap.org/>

Figure 54-55: L'importance des flux et du trafic côtier de véhicules lourds dans les projets d'Autoroutes de la Mer

En se basant sur la morphologie des réseaux de transport routiers, un report modal est d'autant plus important quand les liaisons terrestres sont orientées le long du tracé littoral longeant la ligne maritime de substitution. Un rapport des distances coûts et des distances temps de transport entre l'Autoroute de la Mer et le transport routier, permet de déterminer les avantages offerts par le transfert modal en termes socio-économiques et environnementaux.

Réussir un report modal vers les Autoroutes de la Mer suppose donc une intégration effective des flux routiers dans un transport intermodal fondé sur l'interconnexion des grands corridors de fret.

Les figures 54 et 55 illustrent l'importance de la notion de corridor terrestre de fret dans la pérennité d'une ligne d'Autoroute de la Mer. Plus le corridor s'éloigne de l'espace côtier plus il sera difficile de l'intégrer dans le réseau des transports intermodaux. Un corridor de fret est défini comme étant « *un ensemble de lignes maritimes, ferroviaires et routières, reliant deux terminaux ou plus le long d'un itinéraire principal* »¹⁶. Dans un autre angle, les corridors de commerce de fret sont définis sur trois principales considérations :

- *les flux de produits, services, personnes et informations résultant d'une concentration des fonctions de production, de transformation et de distribution ;*

¹⁶ <http://www.mobilit.belgium.be/>

- les systèmes et les infrastructures de transport qui facilitent ces flux ;
- les politiques et lois qui règlementent ces éléments. (Claude Comtois, <http://www.faq-logistique.com/>)

Ces définitions nous renvoient donc à la question de l'intermodalité et de la multimodalité qui soutiennent le fonctionnement des Autoroutes maritimes. La liaison entre les principaux nœuds intermodaux du réseau par un ensemble de routes desservant l'accès d'un point d'origine vers un autre point de destination fonde la notion de corridor. L'importance des nœuds qui articulent un axe de transport dépend donc de la fonction qu'ils jouent sur l'ensemble des flux qui y convergent. Le transfert modal passe d'abord par l'affirmation des rôles centraux des nœuds portuaires dans leur liaison avec les autres nœuds situés sur les corridors importants des flux terrestres mais également par une dynamique générale des territoires entourant ces nœuds.

Pour un projet d'Autoroute de la Mer, un corridor terrestre de flux de fret intègre un aspect plus important qui est celui des flux de distribution finale vers les clients. Ces axes ne sont pas physiquement inclus ni dans les corridors terrestres de fret à substituer ni dans ceux de trajet maritime qui se limitent aux espaces portuaires et leurs environs. Cette question revient donc à pouvoir élargir la notion de corridor aux services des clients situés à deux bouts de la chaîne intermodale. Les stratégies de promotion du transport intermodal seront plus pertinentes en fonction du niveau d'intégration intelligente des flux des dessertes finales et de l'extension des seuils au-delà desquels la compétitivité du transport intermodal perd de l'importance face au transport monomodal.

Le rôle des nœuds intermodaux est par conséquent lié aux territoires de chalandise des flux portuaires. Ce constat impose non seulement de connaître les différentes fonctions jouées par ces nœuds sur le corridor mais également les capacités des territoires dans lesquels sont implantés ces nœuds, d'où découle l'importance du système : «corridor de flux de fret-principaux nœuds-principales fonctions-aires de chalandises portuaires-territoires».

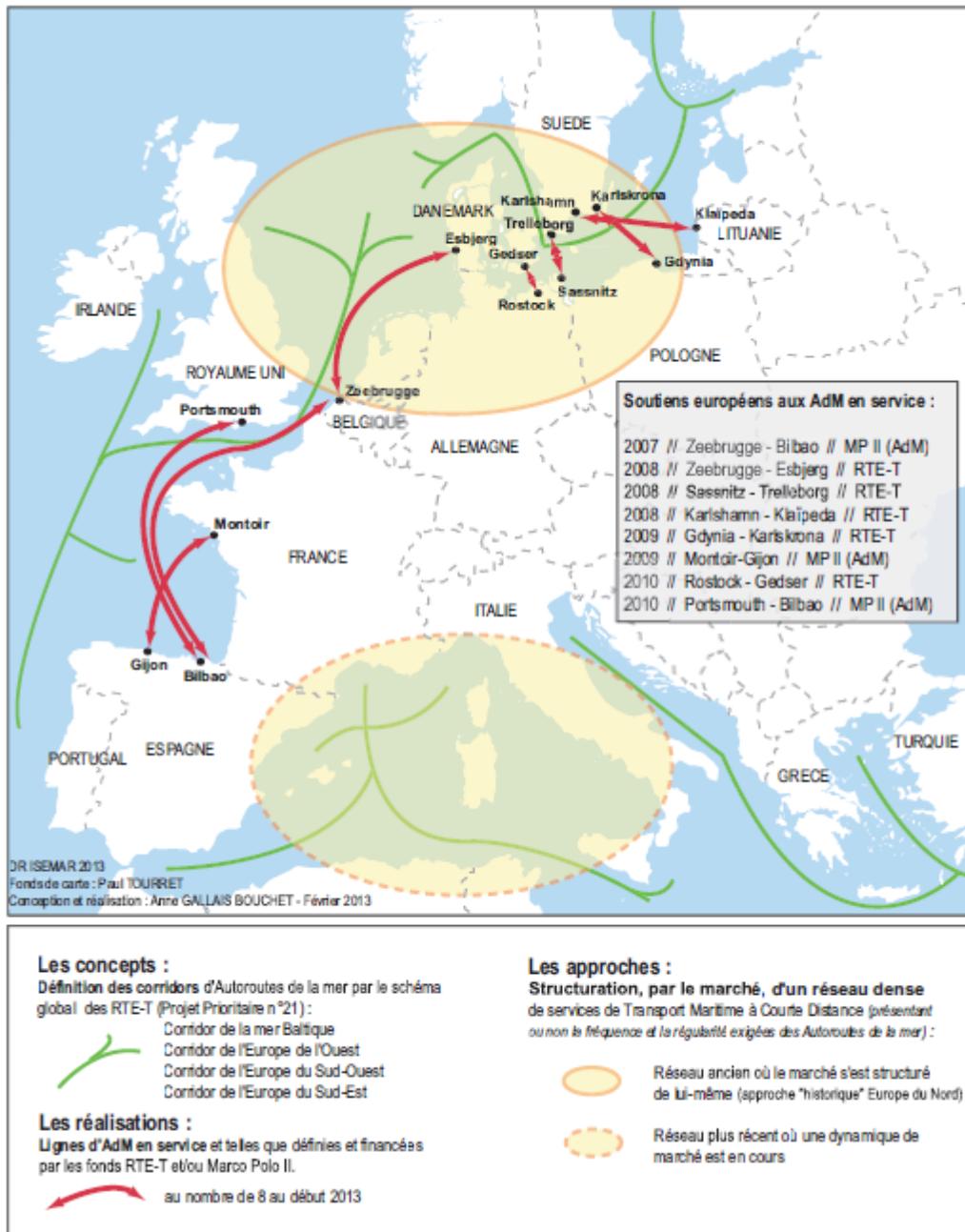
La figure 56 représente les quatre principaux corridors européens à base desquels s'établissent des projets d'Autoroutes de la Mer, ainsi que les programmes de financement européen des AdM, dans le cadre des fonds réseau de transport transeuropéen (RTE-T), car elles sont envisagées par l'Union européenne tout autant sous l'angle service maritime que sous l'angle infrastructure de transport.

Les grands corridors sont :

- L'autoroute de la mer Baltique ;
- L'autoroute de l'Europe de l'Ouest ;

- L'autoroute du sud-est de l'Europe ;
- L'autoroute du sud-ouest de l'Europe (en méditerranée).

Cette dernière autoroute comprend l'axe de l'arc méditerranéen des flux routiers, maritimes et ferroviaires qui relient l'Espagne, la France et l'Italie.



Source : <http://www.isemar.asso.fr/fr/ressources/cartographie.php>

Figure 56 : Les grands corridors européens des Autoroutes de la Mer

CHAPITRE III. MODELISATION SPATIALE DU CHOIX ET DU TRANSFERT MODAL: DU TRANSPORT ROUTIER VERS LES AUTOROUTES DE LA MER

Introduction

Le modèle spatial de transport de fret proposé évalue les opportunités de transfert modal de la route vers les Autoroutes de la Mer (AdM). Ce modèle cherche à spatialiser l'ensemble de la chaîne multimodale des transports, articulée par les espaces de transbordement et d'intermodalité. Le trafic est analysé en référence aux dynamiques d'évolution spatio-temporelles en relation avec les politiques et les projets de transport.

L'évaluation de l'impact environnemental du transfert modal est la priorité de cette recherche. Cette évaluation est conduite par le biais des coûts de transport en vue de montrer l'impact de la réduction du trafic routier sur les territoires desservis. L'impact est étudié aussi bien sur la structure du transport que sur l'ensemble de la gestion de la chaîne de l'offre et de la demande de transport.

Les modèles spatiaux intègrent le temps à travers l'évolution des systèmes spatiaux pour déterminer un phénomène en fonction du temps. À titre d'exemple, le temps joue un rôle central dans la localisation des individus ou des véhicules pendant les trajets. À ce propos, ce travail de recherche ouvre les champs des possibles à plusieurs applications touchant différentes formes de déplacement des individus dans l'espace. Parmi les variables explicatives des flux de fret -les profils des unités spatiales, leur proximité spatiale par rapport aux services offerts et les variables socio-économiques- restent les plus citées dans les travaux sur l'accessibilité aux services publics. Le transport international de fret est un champ d'application où l'espace et le temps jouent un rôle central.

Les différentes approches des modèles de transport sont caractérisées par une description géographique des objets dans l'espace. Plusieurs approches essayent de traiter la complexité du transport de fret par une définition des individus en mouvement dans leur territoire et vers des territoires proches ou éloignés. Nous comprenons par là la dualité entre un seul individu (un transporteur ou un chargeur) et les quantités de marchandises agrégées dans des unités spatiales (département ou région, etc). Dans cette recherche, l'unité spatiale est représentée par une région. Il s'agira d'analyser les flux de tous les transportateurs routiers et maritimes dont le départ ou la destination se fait à partir d'une région.

Le coût de transport intégré étend l'évaluation des coûts internes vers la prise en compte de l'environnement par les coûts externes marginaux. Par conséquent, le coût de transport est à la fois attribué aux individus et aux territoires pour joindre un lieu à un autre. Le temps mis par les individus n'est pas un temps continu dans l'espace. Ce temps varie en fonction de la rugosité et de la topologie des réseaux de transport. Les flux effectués dans le cadre d'une

région sont soumis à des contraintes socio-économiques et organisationnelles liées à l'espace. Le temps de transport, les pollutions environnementales et les nuisances relatives aux flux de transport sont considérés comme des contraintes spatiales et externes.

Nous étudions dans ce troisième chapitre la modélisation spatiale des flux de transport de fret entre l'Espagne, la France et l'Italie. Cette modélisation se base sur les résultats des potentiels globaux obtenus dans le second chapitre et qui seront utilisés à la place des quantités de tonnage transportées affectées à chaque point d'origine et de destination comme potentiel territorial à l'échange de biens. Les simulations faites par le modèle gravitaire à double contraintes -à l'origine comme à la destination- donnent des résultats intéressants sur le transfert modal de la route vers les AdM, selon les deux scénarios (situation actuelle, situation projetée du futur) et selon les trois typologies des coûts de transport. L'influence des distances et des fréquences apparaît sur la répartition des flux de transport et l'évolution des marchés mais le facteur de la localisation aux ports ne concerne qu'une partie des régions localisées sur le littoral. Les coûts de transport et l'importance des marchés à l'importation et à l'exportation restent les deux facteurs principaux qui expliquent le niveau d'évolution des marchés des AdM. Pour mieux détecter l'influence des facteurs explicatifs de la localisation et des structures des marchés des AdM, une analyse multi-scalaire entre l'échelle des macro-régions à l'origine ou à la destination des flux et l'échelle internationale des échanges de fret, nous avons détaillé les résultats à un niveau régional afin de comprendre les résultats observés à un niveau départemental obtenus dans le second chapitre.

Section I. Le choix et le partage modal : Théories et conceptualisation d'un modèle de choix modal

La section suivante propose de revisiter les modèles de choix modal déclarés par les transporteurs, les prestataires logistiques ou les chargeurs dans le transport international de fret. L'AdM est définie dans ses relations et interactions multiples avec la partie terrestre des flux intermodaux de véhicules lourds. En réponse à des impératifs de réduction des pollutions et des émissions des gaz à effet de serre, le choix modal cesse d'être seulement conçu en termes de gains et d'économies réalisés par les entreprises et les acteurs de fret pour intégrer, du début jusqu'à la fin de la chaîne des transports et de la logistique, une entrée spatiale plus respectueuse de la durabilité des transports de fret. La prise en compte de l'espace et de ses dimensions dans l'organisation et l'explication des dynamiques de transport et de la logistique, renchérit les aspects environnementaux et écologiques de la promotion des transports alternatifs à la route.

En effet, l'objectif de cette recherche est de montrer le rôle de l'espace dans la lecture des flux géographiques de transport de fret et l'interprétation du choix et du transfert modal. Une vraie question de méthodes et d'analyse qui oppose les attentes qualitatives des acteurs, les avantages quantitatifs sur leurs activités socio-économiques et les enjeux spatiaux dans le

transport international de fret. Les méthodes de choix de préférences déclarées sont souvent perçues comme un outil efficace à la détermination des raisons de choix modal des usagers de transports. Les traitements statistiques et l'interprétation des résultats obtenus sont pourtant révélateurs d'une possible spatialisation des enjeux de choix déclarés avec les facteurs territoriaux de fret. Les méthodes de choix de préférence déclarée visent ici à intégrer les aspirations et les déclarations faites par les usagers sous une dimension qui ouvre les champs des possibles vers les apports de l'espace dans les choix déclarés.

Le modèle de prospective spatiale de transport de fret développé est basé sur une dualité des logiques de la modélisation, d'un côté, une approche désagrégée autour des jugements de valeur et des perceptions d'acteurs dans leur prise de décision de transport, et de l'autre, une approche agrégée basée sur les apports des analyses spatiales et des variables déterministes pour expliciter les plus profondes raisons des enjeux de choix modal déclarés par ces acteurs. La pertinence des résultats du modèle conçu dépend largement du terrain d'entente faisant converger les deux approches par des ajustements réciproques. Le modèle "mixed multinomial logit", dans ses récents développements et son intégration dans les modèles et les analyses spatiales des dynamiques d'évolution des échanges internationaux de fret, est un passage pour arriver à construire un modèle de prospective spatiale. Le transport international de fret, dans les travaux de prospective de transport actuellement menés, est un phénomène qui ne cesse de prouver sa complexité aussi bien dans les systèmes et sous-systèmes qu'il implique que dans sa façon d'échapper complètement à une vision sectorielle qui se limite à une partie de ses composantes. Le modèle de prospective territoriale serait donc un outil cherchant à intégrer cette complexité dans ses différentes facettes relatives à l'espace des relations et des enjeux de choix modal. Ses règles et son architecture composent avec les démarches et les étapes des modèles de fret dans une dimension géographique et spatiale.

I.1. Théories et modèles de choix modal dans le transport routier et les AdM : essai de classification des modèles de transport de fret

Les principaux modèles de fret les plus couramment utilisés dans le cas des échanges internationaux par AdM sont :

- Les modèles économétriques de choix modal continu ou discontinu. Les modèles de choix modal discontinu cherchent à démontrer les interactions entre les variables par un processus itératif qui fait émerger leurs interrelations. Les approches continues modélisent le transport dans un espace de relation continue non soumis aux influences réciproques entre les variables. Les modèles économiques de types coûts-bénéfices (CBA ou ACA) font partie de ces modèles ;

- Les modèles de simulation basés sur le choix modal orienté dans la planification et la simulation des transports de fret. Le modèle le plus connu est le modèle multinomial logit avec une fonction de types exponentielle ou logistique ;
- Les modèles en dynamique des systèmes qui sont basés sur la simulation des systèmes complexes intégrant une grande partie des variables explicatives qui ont un rôle à jouer dans le transport de fret. On trouve notamment les modèles de prospective de transport de fret basés sur les fonctions de l'offre et de la demande de transport. L'équilibre entre l'offre et la demande est obtenue par les élasticités sur la variation des principaux attributs. Les variables prises en compte dans ces modèles sont étudiées dans la complexité des relations et interactions spatiales qui les caractérisent ;
- Les modèles d'interaction spatiale de types gravitaires qui modélisent les échanges entre les territoires à l'origine et à la destination des flux tout en prenant en considération les distances et les coûts de transport avec les poids socio-économiques de ces territoires.

Le modèle est construit en différents systèmes eux-mêmes subdivisés en sous-systèmes. Les modèles en dynamiques des systèmes sont les exemples parmi les plus utilisés en France.

L'introduction dans ce travail d'un modèle de transport de fret qui intègre la théorie et les fondements de l'analyse spatiale des flux sera faite par l'adaptation du modèle gravitaire à double contraintes. Une étape de choix modal sera ajoutée pour faciliter l'intégration des variables explicatives et des variables discrètes.

Tableau 18 : Modèles de choix modal entre le transport routier et les Autoroutes de la Mer.

<i>Modèles de choix modal</i>	<i>Auteurs et années</i>	<i>Approches et méthodes</i>	<i>Facteurs importants identifiés</i>
Modèles de réseau et modèles économétriques coûts-bénéfices.	-E. Mange, 2006	-Analyse coûts-bénéfices entre l'offre et la demande.	-Le rôle des coûts externes marginaux liés à l'environnement est très considérable dans la valorisation des services d'autoroutes de la mer. Les coûts de transport et l'importance des trafics sont aussi importants.
	-V. Paulauskas, K. Bentzen, 2008	Un modèle de réseau développé à base des coûts de transport	L'analyse multicritère sur différents produits montre l'importance des coûts et de la fiabilité des transports pour l'intégration dans le supply chain et logistique.
	-A. Di Febbrero et al, 2010	-Théorie des graphes et des réseaux, Algorithme de Dijkstra avec affectation des coûts sur les arcs.	-Détermination du plus court chemin entre les noeuds du réseau. Les coûts de transport routier et intermodal est un facteur qui distingue la compétitivité modale sur une route.
	-M-F.Pau et al. 2012	-Analyse coûts-bénéfices entre les principales alternatives.	-Le coût et le temps de transport sont les facteurs de choix les plus importants.
Analyses empiriques	-A-C-P. Casaca et P-B. Marlow, 2005	-Enquête auprès des armateurs, prestataires logistiques et intermodaux. Analyses statistiques des données empiriques.	-La compétitivité du Short Sea Shipping passe par son intégration effective dans la chaîne multimodale de la logistique. 13,9% des usagers sont prêts à utiliser les services du Short Sea Shipping.
Modèle de simulation de type logit et probit	-J-C-P. Mesa, E-G. Gomez, 2008	Demande de transport évaluée par les utilités probables de choix modal par les modèles logit binomial et combiné.	Les coûts de transit et le temps sont les deux facteurs importants relevés dans ce travail.
	-J. Rich, P-M. Holmlad, C-O. Hansen, 2009	Un modèle de type logit emboîté de choix entre 5 modes de transport. Un potentiel de la demande est assigné à chaque paire OD.	La diminution des élasticités des coûts et des temps de transport.
	- M. Feo, R. Espino, L. Garcia, 2011	Une fonction logistique d'utilité permet de déterminer les choix. Modèle de type logit combiné-Distribution-Partage modal.	La fréquence et la fiabilité se révèlent comme les plus importants facteurs que les coûts et les temps de transport.
	D. Baindur et J-M. Viegas, 2011	Un modèle désagrégé de choix modal discret de type logit emboîté.	Le choix des transporteurs et des expéditeurs de fret augmente avec l'introduction de la politique de soutien (Ecobonus).
	A-S. Bergantino et S.Bolis, 2003	Le modèle développé est un modèle Tobit de la maximisation de profit des usagers.	Un marché important est localisé. Les facteurs diffèrent selon les types de produits et les destinations.

I.1.1. Formes et typologies des modèles utilisés dans le transport de fret

I.1.1.1. Entre une approche agrégée et désagrégée

Les modèles agrégés et désagrégés se distinguent aussi bien par leur niveau d'observation des objets statistiques analysés que par leurs méthodes et approches d'étude. Les modèles agrégés sont des modèles qui utilisent des valeurs moyennes des observations sur un niveau territorial bien délimité (région, département, centre urbain, etc). Ils se distinguent ainsi des modèles de réseau par une analyse de données territoriales groupées, et non une analyse des données sur les comportements individualisés. Dans les modèles agrégés la matrice OD des flux de marchandises et les variables explicatives constituent la base de la modélisation des transports. Les principaux modèles les plus souvent utilisés sont le modèle gravitaire par programmation linéaire dans lequel une fonction de coûts de transport et les variables explicatives permettent de comparer les différents modes de transport, le modèle de partage modal de type logit agrégé utilisant les coûts de transport généralisés dans la détermination des parts modales par rapport à l'ensemble des trafics ou à un autre mode de transport et le modèle de comportement agrégé. Les modèles agrégés traitent ainsi les flux de transport dans leur globalité. Ce qui exclut de ce modèle une analyse des comportements des agents de transport (chargeurs, transporteurs, producteurs, etc.) qui restent très difficiles à saisir avec le seul recours aux modèles déterministes.

Les modèles de choix modal désagrégés utilisent les fonctions d'utilité des agents dans leur choix modal. Ils se basent sur la théorie du consommateur dans laquelle l'utilité à l'usage d'un mode de transport donné dépend des attributs de marchandises à transporter et des variables aléatoires issues du comportement de ces agents. La probabilité de choisir un mode de transport dépend donc des utilités des utilisateurs (consommateur, producteur, chargeur et transporteur). Les modèles logit et probit sont le plus souvent connus avec des distributions indépendantes et identiques ou des distributions basées sur la loi de Gumbel. Le choix d'un mode de transport est obtenu par les différences dans les utilités sur les attributs de marchandises.

Dans l'approche agrégée ainsi que désagrégée, la modélisation des flux s'effectue par l'évaluation de l'utilité. Dans les modèles désagrégés l'utilité est aléatoire. Dans cette approche le choix de l'individu est déterminé aussi bien par l'utilité aléatoire que par la partie déterministe.

I.1.1.2. Les modèles d'analyse coûts-bénéfices

Les modèles d'analyse coûts-bénéfices appelés aussi avantages-coûts font partie de la catégorie des modèles économiques dans lesquels le choix modal d'un usager de transport est effectué en fonction de la différence des coûts de transport. Ils sont aussi appelés modèles de réseau de transport. Le choix modal entre les AdM et les autres modes de transport passe par la construction d'un graphe de transport multimodal. Les variables de choix modal (coûts de transport, temps de transport, coûts environnementaux, etc.) sont affectés sur les tronçons par une fonction des coûts. Le chemin le plus court étant obtenu par le mode de transport ayant les coûts moindres par rapport aux autres modes. A. Di Febbrero et *al.*, (2010), E. Mange, (2006).

A. Di Febbrero et *al.* (2010) comparent la compétitivité des AdM au mode de transport routier par la méthode coût-bénéfice. Le réseau de transport multimodal est dessiné sous forme d'un graphe composé de nœuds et de tronçons. Une fonction d'évaluation d'un coût de transport maritime entre un nœud portuaire à l'origine et un nœud portuaire à la destination est utilisée pour chaque liaison maritime. La fonction utilisée prend en compte les principales variables de coûts de transport par AdM : entre chaque origine/destination, sont pris en compte le nombre de départ de navires rouliers, le temps du trajet considéré, le nombre de départ hebdomadaire, les frais payés par usager ainsi que les capacités moyennes des navires réalisés entre l'origine et la destination considérée. Ces variables permettent d'obtenir les temps et les coûts de transport entre un nœud portuaire origine et un nœud de destination. Les modèles de réseau posent le choix modal entre deux modes de transport par un algorithme permettant de trouver le plus court chemin. A. Di Febbrero et *al.* utilisent l'algorithme de Dijkstra pour comparer les modes de transport et obtenir ainsi les chemins les plus courts.

E. Mange (2006) développe, par une approche coûts-bénéfices, un modèle économétrique qui montre les avantages et les gains apportés par les AdM comparativement au mode de transport routier. Sa méthodologie diffère de celle entreprise par A. Di Febbrero et *al.* où la fonction des coûts par mode est le résultat entre la demande et l'offre de transport. Elle intègre dans sa fonction les activités socio-économiques et le contexte environnemental (pollution, congestion, bruit, gazu à effet de serre) ainsi qu'une étude de prévision des flux de transport des AdM sur une période de 20 ans. L'évaluation des coûts de transport pour chaque mode est faite par un calcul des dépenses et coûts totaux depuis les points d'origine jusqu'aux points de destination. Les gains monétaires d'un mode de transport sur un autre sont obtenus par une différence des coûts entre les deux modes sur toutes les variables prises en compte (voire la formule de Mange 2006) :

$$at = \Delta Tt + \Delta Xt + \Delta Mt + \Delta Rt + \Delta Env.t + \Delta St + \Delta Ct - \Delta Pt \quad (\text{Mange 2006})$$

Pour l'année t, les avantages monétaires nets d'un mode par rapport à un autre (at) s'obtiennent en prenant en compte les variables suivantes :

ΔT Les avantages des transporteurs routiers (poids lourds) dans le temps de transit, en soustrayant les dépenses routières, en soustrayant les dépenses de la maintenance, et les frais d'AdM ($-\Delta M$)

ΔX Les avantages sur les variations des taxes routiers (paiements des transporteurs à l'Etat)

ΔM Frais d'AdM (paiement des transporteurs vers les opérateurs maritimes)

ΔR Variation des revenus des opérateurs routiers (paiement des transporteurs vers les opérateurs routiers)

ΔEnv pollution de l'air, le bruit et les gaz à effet de serre

ΔC Les avantages sur la congestion

ΔS Les avantages sur la sécurité

ΔP Le projet portuaire, les coûts de l'exploitation et de la maintenance.

Dans les modèles de réseau (tableau 18), une représentation par des nœuds et des arcs choisis selon le rôle qu'ils jouent dans le transport est utilisée pour évaluer les coûts et les temps mis pour aller d'un point à un autre. Ils sont bien adaptés pour déterminer les chemins les plus courts par une introduction sur le réseau des coûts de transport par mode utilisés. Ils sont basés sur les comportements des acteurs de transport sur le réseau. Les transports sont modélisés sur le réseau grâce à des coûts de transport et des valeurs de temps. Ces modèles se distinguent par l'affectation des valeurs monétaires sur le réseau. Certains considèrent le réseau de transport comme un réseau continu, d'autres fondés sur la théorie de graphes additionnent les coûts monétaires d'une façon discontinue sur l'ensemble des arcs du réseau et enfin, d'autres modélisent les comportements individuels sur l'ensemble du réseau.

Le modèle de A. Di Febrero et *al.*, cité précédemment, compare la compétitivité des AdM au mode de transport routier par la méthode coût-bénéfice, le réseau de transport multimodal est dessiné sous forme d'un graphe composé de nœuds et d'arcs. E. Mange (2006) développe par une approche coûts-bénéfices par l'introduction sur l'origine et la destination des flux d'une fonction des coûts par mode. Ces coûts établissent un équilibre entre la demande et l'offre de transport avec une intégration de variables des activités socio-économiques et du contexte environnemental. F. Jiang (1998) distingue le modèle d'équilibre de réseaux, du modèle d'équilibre de prix spatial et du modèle d'équilibre de prix spatial généralisé.

Dans ces modèles le choix modal est obtenu par la détermination du plus court chemin correspondant au mode de transport présentant des coûts moindres. M-F. Pau et al. (2012) développent un modèle d'analyse des coûts-bénéfices des modes de transport de fret sur le réseau de transport. V. Paulauskas et K. Bentzen, (2008) développent un modèle de réseau agrégé pour une intégration des AdM dans l'ensemble du supply chain des transports et de la logistique. F. Russo et A-G. Cartisano (2003) construisent un graphe de transport intermodal basé sur les trois principales phases de transport : le trajet maritime, les opérations intermodales portuaires et le trajet routier ou terrestre. Le graphe est évalué par l'affectation des coûts sur les arcs qui donnent les coûts sur les trajets et les flux sur les arcs qui donnent les flux sur les trajets. La modélisation de l'offre de transport sur les opérations de chargement et de déchargement de véhicules aboutit à des résultats différents selon les types de véhicules chargés ou déchargés dans leur rangement à bord des navires rouliers.

Cette démarche est très différente surtout sur l'affectation des valeurs monétaires au réseau de transport qui n'exige aucun recours au graphe multimodal, et qui utilise une analyse des routes par mode.

F. Jiang (1998) distingue trois principales catégories de modèles de réseau :

- Le modèle d'équilibre de réseaux ;
- Le modèle d'équilibre de prix spatial ;
- Le modèle d'équilibre de prix spatial généralisé.

Le modèle d'équilibre de réseaux se base sur la modélisation des comportements des chargeurs et des transporteurs. La génération des flux de transport dans le modèle d'équilibre de réseaux est connue. Les prix et les coûts de transport de chaque région sont utilisés pour établir un équilibre entre l'origine et la destination des flux. Certains modèles sont séquentiels c'est-à-dire que les comportements des agents sont analysés séparément. Le modèle d'équilibre de réseau de transport (FNEM) ne réalise pas simultanément la prévision du comportement des chargeurs et des transporteurs mais utilise une approche séquentielle dans laquelle on établit d'abord la demande de transport des chargeurs qu'on introduit ensuite dans le réseau des transporteurs afin de maximiser le profit de chaque transporteur pris individuellement ». (F. Jiang 1998) D'autres modèles développent des algorithmes capables de modéliser simultanément les comportements des chargeurs et des transporteurs.

Le modèle d'équilibre de prix spatial (SPE), analyse les interactions des comportements entre les producteurs, les consommateurs, les chargeurs et les transporteurs. Une fonction de la demande et de l'offre du transport est introduite pour chaque région en échange avec d'autres régions. Cette fonction dépend du prix à l'origine et du prix à la destination qui définissent les fonctions à la demande et à l'offre entre les deux régions. Le comportement des transporteurs

est pris en compte par une fonction des coûts de transport. « En conséquence, les fonctions de demande de transport résultent des jeux de force des marchés entre les régions i et j, grâce à un processus d'équilibre ». (Jiang 1998)

$$O(fe) - D(fe) + \sum \sum T(i,e) - \sum \sum T(e,j) = 0 \text{ (Jiang 1998)}$$

O (fe) fonction d'offre dans la région e

D (fe) fonction de la demande dans la région e

(fe) prix de la marchandise dans la région e

T (i,e) et T (e,j) les flux entre (i,e) et (e,j)

Le modèle d'équilibre de prix spatial généralisé analyse les interactions spatiales des comportements des producteurs, des consommateurs et des chargeurs. À la différence du précédent modèle, ce modèle substitue la fonction des coûts de transports par un sous-modèle de comportement des transporteurs. « Ce modèle peut alors prévoir simultanément les prix et quantités de marchandises dans chaque région, les coûts de transport ainsi que les itinéraires de transport. » (Jiang 1998)

Le modèle DETCCM définit des distances équivalentes pour le choix des chaînes multimodales à partir d'une combinatoire exhaustive des trajets entre les points noraux des différents réseaux de transport et la comparaison directe des services des différents modes (M-F. Hipolito 2010). Le modèle DETCCM ou «Distances Équivalentes de Transport pour le Choix de Chaînes Multimodales» est un modèle de choix modal qui avait été utilisé pour comparer les chaines de transport routier et du cabotage maritime. Un modèle qui nous intéresse, à juste titre, car le cabotage maritime ou Short Sea Shipping, est un système de transport qui se rapproche de près au transport par AdM, aussi bien sur l'organisation territoriale des flux de transport que sur les infrastructures de transport utilisées. Le modèle DETCCM utilise la théorie des graphes et l'interprétation mathématique pour modéliser le choix modal. Il se base en outre sur une combinatoire exhaustive des trajets entre les points noraux des différents réseaux de transport et la comparaison directe des services des différents modes (M-F. Hipolito 2010).

Dans ce modèle, les comparaisons des chaines de transport sont faites par le biais des coûts de transport, selon les cinq principaux critères suivants : les coûts, les temps, les dépenses énergétiques, la pollution et les dommages provoqués aux infrastructures. Le modèle donne en effet, pour chaque critère, le niveau de compétitivité du transport routier par rapport au cabotage maritime. La comparaison a été possible grâce à l'homogénéisation des distances de transport entre les modes différents grâce à une mesure de « Distances équivalentes de transport » (DET). Les distances utilisées ici prennent en compte des critères de comparabilité qui diffèrent des distances physiques. Les volumes transportés par chacun des modes sont

ramenés à l'unité afin de permettre d'avoir une unité commune au moyen massifié qu'au moyen unitaire. Ainsi, il est possible de comparer entre un poids lourd sans ou avec remorque avec un bateau caboteur.

La méthode utilisée par M-F. Hipolito (2010) se sert d'une approche réticulaire et des graphes pour affecter les coûts relatifs aux critères retenus et à chaque mode de transport. Le plus court chemin est déterminé selon le mode de transport qui enregistre les coûts moindres sur un même trajet. Les cheminements diffèrent aussi selon qu'il s'agisse d'un transport unique ou d'un transport intermodal. Ce dernier présente parfois plus de nœuds intermodaux pour les connections avec les points d'origine et de destination.

I.1.1.3. Les modèles de simulation du choix modal

Simulation de choix modal de type logit

La modélisation et la simulation du choix modal entre le transport routier et le transport intermodal a connu une application récente des modèles de simulation basés sur le comportement des individus qui cherchent à maximiser leurs profits ou en fonction des utilités de chaque mode de transport. Les principaux comportements simulés permettent de distinguer d'une façon spatiale trois types de modèles : les modèles de simulation des événements survenus sur les espaces portuaires et leur impact sur l'ensemble de la chaîne intermodale, les modèles de planification et d'organisation spatiale des transports insistant sur les données d'entrée et les modèles de simulation des mouvements et des flux. Cette classification distingue les arrière-pays portuaires dans leur structuration spatiale par les systèmes impliqués dans le transport international de fret, les espaces portuaires et les espaces de la concentration et de la distribution des flux vers les destinations finales et les infrastructures de transport qui établissent des liens entre ces espaces. Une distinction peut être faite entre les modèles de simulation dont les données d'entrée sont agrégées, des modèles désagrégés.

Dans les modèles agrégés, les comportements des acteurs sont simulés sous la forme d'un individu moyen qui représente un territoire spatialement délimité. Leur avantage réside dans le fait que ces modèles sont plus adaptés à étudier les comportements d'un groupe ou des territoires qui échangent, mais perdent la qualité d'un comportement individuel nécessaire pour simuler la réalité du transport de fret. Ce défi est relevé par les modèles désagrégés, où l'individu est un individu réel, qui est suivi dans ses comportements et ses relations avec les autres individus. Inversement, ces modèles saisissent les fondements territoriaux des échanges de fret.

Trois types de modèles de simulation sont distingués. Il s'agit des Input-oriented model, Outcome-oriented model et des process-oriented model. Une différence fondamentale entre les trois modèles réside dans l'étape d'observation des dynamiques issues des interactions

entre les variables choisies. Selon la morphologie des réseaux intermodaux et routiers, les simulations cherchent à expliquer comment une évolution des transports peut atteindre à un objectif fixé ou bien quels sont les impacts issus d'une modification d'un paramètre tout au long de la chaîne des transports. Les simulations microscopiques sur les AdM visent essentiellement trois étapes : le moment de l'arrivée ou de départ des navires dans les ports, la gestion et le management des services portuaires, le chargement et le déchargement sur les terminaux portuaires et les hinterlands. Le modèle proposé par V. Assumma et A. Vitetta (2006) concerne la simulation des opérations de chargement et de déchargement dans les ports et les aires logistiques à l'aide de l'introduction du transport combiné rail-route sur la chaîne du transport intermodal.

D. Baindur et J-M. Viegas (2011) démontrent l'impact positif de l'écobonus et de l'accroissement des services du transport intermodal sur le choix modal. J. Rich et al. (2009) appliquent, le nested logit model ou modèle logit emboîté, sur des paires OD des flux. Leur modèle dispose d'une entrée territoriale avec des données empiriques agrégées. Le choix modal est fonction des utilités de temps et des coûts de transport par modes selon le tonnage et le type de produit transporté. A-C-P. Casaca et P-B. Marlow (2005) analysent empiriquement les facteurs de compétitivité du Short Sea Shipping dans l'ensemble de la chaîne des transports intermodale. M. Feo et al. (2011) appliquent un modèle logit combiné pour le cas du transport intermodal entre les régions espagnoles et les pays européens. A-S. Bergantino et S. Bolis (2003) développent un modèle Tobit basé sur la maximisation de profit des usagers dans leur choix modal. G-C-P. Mesa et E-G. Gomez (2008) évaluent la demande des transports par une comparaison entre des résultats d'un modèle logit combiné et d'un modèle logit binomial (binomial and mixed logit model) en fonction des utilités probables des usagers sur les modes de transport proposés.

Dans le cas du choix modal entre deux ou plusieurs modes de transport, le choix de l'usager dépend d'une fonction d'utilité que ce dernier attribue au mode choisi. La fonction d'utilité d'un mode de transport est une fonction qui utilise les prix des services offerts, les quantités de marchandises à déplacer et les paramètres qualitatifs moins connus qui dépendent des services recherchés par un usager. Le choix modal des individus est déterminé aussi bien par les paramètres explicatifs que par l'utilité aléatoire.

P. Bonnel (2006) définit la formulation du calcul probabiliste de l'utilité aléatoire difficile à mesurer par l'approche déterministe comme suit:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} = f(X_{in}) + \varepsilon_{in} \quad (\text{Bonnal 2006}).$$

ε_{in} est le terme de l'utilité aléatoire

X_{in} est un vecteur de paramètres explicatifs de l'utilité de l'alternative i pour l'individu n (V_{in} étant la partie déterministe du modèle désagrégé).

Les individus sont placés face à des choix modaux bien définis. Ils disposent d'une information sur les choix à faire. Cette information peut être connue seulement sur la partie déterministe, et reste difficile à connaître sur la partie aléatoire. Les choix entre les modes de transport proposés sont réalisés par une recherche de la maximisation de l'utilité. Le choix est donc établi en fonction du mode de transport présentant des valeurs d'utilités très élevées.

$$P(i | Cn) = P((V_{in} - V_{jn}) \geq (\varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in})) \text{ pour tout } j \neq i \in Cn \text{ (Bonnel, 2006, pge249)}$$

j et i sont les alternatives modales pour l'individu n

Cn l'ensemble des alternatives

Vn la partie déterministe du choix modal

en la partie déterminée par la fonction d'utilité aléatoire.

La modélisation des comportements des acteurs dans le choix du mode de transport est effectuée sur des modèles de types logit ou tobit par une fonction exponentielle ou logarithmique. Les modèles logit à approche désagrégée représentent des choix individuels modélisés séparément. La probabilité de choisir un mode de transport pour un individu est égale à 1 ou 0. L'individu n'est pas un individu moyen comme pour le cas des modèles logit agrégés. Dans le cas des modèles agrégés, la probabilité de choix modal est obtenue par une moyenne des probabilités de choix de l'alternative i par chacun des individus composant la population N. (Bonnel 2006) Le modèle logit désagrégé étudie un individu réel qui effectue un trajet sur le réseau par le choix fait sur la destination et le mode de transport, selon les informations et la connaissance qu'il dispose.

La valeur du temps et des coûts de transport du modèle logit est introduite de manière à intégrer les facteurs déterministes des facteurs stochastiques exprimés par une fonction exponentielle ou logarithmique. F. Russo et G. Chila (2009) simulent par un modèle multinomial logit l'impact de la variation des vitesses dans le transport intermodal sur la réduction des temps de transport et l'augmentation des probabilités de choix de l'autoroute de la mer par rapport au transport routier. J. Mangan et al. (2002) évaluent le choix des ports d'accostage des ferries sur les larges de la Grande-Bretagne et de l'Irlande par une approche holistique du modèle de type process-oriented. S. Sauri et al. (2011) analysent la façon dont les ports répondent aux perturbations des opérations terminalistes par une réduction des temps de chargement/déchargement et des temps de transit portuaire en général. Dans le même ordre d'idées, M. Mazzarino (2004) dans son « process-oriented model » tente de déterminer les critères de choix portuaire des usagers localisés sur le supply chain de la logistique. Les critères sont hiérarchisés selon leur importance dans la qualité des services recherchés et les besoins logistiques des dernières distributions de la chaîne intermodale.

Les modèles de simulation de type logit les plus couramment utilisés dans le choix modal entre la route et les AdM sont les modèles avec une approche désagrégée. En effet, ces modèles permettent d'intégrer à la fonction de choix modal une partie de l'utilité qui exprime le choix en fonction des variables déterministes et une autre partie permettant d'ajouter des variables non déterminées par les résultats empiriques. Cette dernière partie est obtenue par des enquêtes de choix déclarés auprès des acteurs de transport. Elle détermine les raisons de leur choix qui ne sont pas exprimées par la partie déterministe. Les modèles logit à approche désagrégée représentent des choix individuels obtenus séparément. La probabilité de choix modal d'un individu étant soit de 1 ou de 0. L'individu n'est pas un individu moyen comme pour le cas des modèles logit agrégés. C'est un individu réellement enquêté qui effectue un trajet selon le choix de transport parmi les alternatives possibles qui existent.

La simulation de V. Assumma et A. Vitetta (2006) cherche à répondre à une question « Que se passerait-t-il si ? ». En effet, ces auteurs introduisent dans l'étape des opérations de chargement et déchargement le transport combiné (train-poids lourds). L'objectif de leur modèle est de montrer les changements et les gains de temps survenus après cette introduction. Le déchargement et le chargement des véhicules des navires rouliers vers les trains étant parmi les opérations portuaires qui durent un peu plus longtemps: (environ deux heures voire même plus pour les navires rouliers au chargement comme au déchargement). Les scénarios se répartissent entre les opérations qui se déroulent dans des conditions normales et les opérations perturbées par l'un ou l'autre incident.

La modélisation des temps des opérations de chargement et déchargement intègrent les temps perdus à cause des perturbations survenus sur la chaîne des étapes du modèle. Une fonction de probabilité est appliquée ($f(T, \alpha, \beta)$). Le temps stochastique lié aux perturbations (T_{stock}) peut prendre plusieurs valeurs et représente le coefficient de covariation: (Assumma et Vitetta 2006).

$$T = T_{det} + T_{stoc} \quad (1)$$

T le temps total évalué sous une situation de perturbation des opérations de chargement/déchargement

T_{det} le temps déterministe évalué sous une situation normale

T_{stoc} le temps stochastique évalué pour une situation anormale ou perturbée. Ce temps est obtenu par la fonction exponentielle suivante :

$$f(T, \alpha, \beta) = 1/\beta^\alpha \Gamma(\alpha) \times T^{(\alpha-1)} e^{-T/\beta} \quad (2) \text{ de moyenne } \alpha\beta = E(T) \text{ et variance } \alpha\beta^2 = \text{var}(T)$$

α étant un paramètre réel positif de la forme

β étant un paramètre réel positif de l'échelle

$r(\alpha)$ étant obtenu par $\int_0^\infty t^{\alpha-1} e^{-t} dt$ (Assumma et Vitetta 2006)

Le modèle stochastique de simulation de l'événement (chargement/déchargement) développé par ces auteurs, figure parmi les modèles de simulation les plus utilisés sur l'un des principales étapes de la chaîne des transports et de la logistique des AdM. Ces modèles de simulation mathématique ont pour objectif d'étudier les impacts d'un événement survenus sur la variation des temps ou des coûts de transport. Ces modèles diffèrent des modèles de planification qui sont des modèles orientés vers des objectifs bien déterminés (Que faut-t-il faire pour...?).

F. Russo et G. Chila (2009) analysent l'impact de l'accroissement des vitesses dans le transport intermodal route-mer sur la réduction des temps de transport, et par conséquent, sur l'augmentation des probabilités de choix du mode intermodal par rapport aux choix du mode routier. Le modèle de choix modal est de type multinomial logit dans lequel le choix des individus est pris en compte selon des variables explicatives et des variables aléatoires. Un modèle désaggrége de choix modal qui utilise, les attributs des classes et des quantités de marchandises, et les paramètres de services fournis par mode sur le comportement de choix des transporteurs (Russo et Chila 2009). La simulation des flux est faite en jouant sur la variation de vitesses des navires rouliers de nouvelle génération (de 30, 32, 35 et 38 noeuds) et en les comparants par les services offerts par le mode routier.

Dans les travaux de simulation de flux des AdM, un problème d'intégration des données extérieures aux modèles par rapport aux données incluses dans le modèle, est toujours très récurrent. Les données extérieures à la modélisation concernent l'ensemble des données qui sont générées après le fonctionnement d'une AdM ou d'une autre ligne de transport. Mais ce problème ne concerne que le cas de la proposition d'une ligne de transport théorique soumise à une absence de données de référence. Le modèle de F. Russo et G. Chila, est une bonne illustration de l'application des modèles de simulation de type multinomial logit. Dans un premier temps les coûts et les prix de transport sont modélisés. Les différences des prix et des coûts obtenues dans les scénarios relatifs à la variation des vitesses du transport combiné route-mer, permettent d'établir les coûts unitaires sur les routes étudiées entre une origine et une destination. Ces prix et coûts de référence sont ensuite utilisés pour évaluer le partage modal et ainsi déterminer les nouveaux marchés gagnés par le mode alternatif.

Ce modèle entre dans un cadre très similaire du modèle de V. Assumma et A. Vitetta (2006), qui concernait l'amélioration des services d'intermodalité sur les lieux de chargement et de

déchargement. Les simulations microscopiques des phénomènes de transport par AdM cherchent à accroître la qualité des services offerts par une réduction des temps, des coûts de transport et des autres attributs du transport intermodal sur une partie de la chaîne du transport et de la logistique ayant un impact fort évident sur l'ensemble de la chaîne. Ces simulations sont possibles par le recours aux modèles désagrégés qui modélisent le comportement des acteurs et des décideurs de choix modal (des transporteurs, des producteurs, des chargeurs ou des prestataires de transport et de la logistique). Pour passer de la phase de la simulation des individus à une phase de choix modal et de transfert modal, une agrégation des résultats individuels sur l'ensemble de la population d'étude est requise. L'agrégation des modèles désagrégés se fait par la formule suivante :

$$P_N(i) = \frac{1}{N} \sum_n P_n(i)$$

$P_N(i)$ désigne la probabilité agrégée N pour une population d'individu (i). Cette probabilité représente la moyenne des probabilités de choix de l'alternative i par chacun des individus composant la population N (Bonnel 2006). L'agrégation des modèles désagrégés pour avoir des résultats de référence sur l'ensemble de la population d'étude ou des unités territoriales d'étude est une problématique qui est traitée selon le niveau de précision des modèles utilisés et les possibilités de généralisation des résultats individuels sur l'ensemble des unités étudiées. Il s'agit pourtant d'une étape cruciale pour le modèle désagrégré car elle permettra d'effectuer des prévisions à l'aide des données agrégées ou d'avoir des parts de marchés modales réelles.

J. Mangan et al. (2002) évaluent le choix des ports d'accostage des ferries sur les larges de la Grande-Bretagne et de l'Irlande par une approche holistique du modèle de type process-oriented. Les déterminants de choix de ports par les armateurs et les chargeurs dépendent aussi bien des réponses qualitatives que quantitatives apportées par ces ports pour les usagers. L'influence des facteurs qualitatifs de choix modal est ici très décisive. Les résultats de ce modèle de choix portuaire ont permis d'identifier les trois principaux facteurs de choix portuaires regroupant les variables :

- Facteurs vitesse/risque/types de produits;
- Facteurs de coûts et de types de produits;
- Facteur conducteur.

Le modèle construit à partir des résultats obtenus en questionnant les différents usagers (holistic, structural, process-oriented model), a permis d'aboutir aux conclusions suivantes sur

les échanges par Ro-Ro entre l’Irlande et le Royaume-Uni et entre l’Irlande et l’Europe : une question principale sur l’intégration verticale des services impliqués dans le transport par Ro-Ro se pose. Les services fournis s’étendent tout au long de la chaîne des transports depuis les origines des flux terrestres jusqu’aux destinations finales. Les services devraient donc être interconnectés tout au long de la chaîne au lieu de se limiter sur une prestation unique et déconnectée des opérations suivantes ou précédentes. Par ailleurs, les fluctuations et les variations de la demande engendrent des besoins nouveaux dans les services de la logistique. Ces besoins devraient être satisfaits pour éviter notamment les retards des livraisons et l’incapacité des services fournis face à ces nouvelles croissances. Les fluctuations sont notamment liées aux départs nocturnes et du fin de l’après midi, à la question des vitesses et à l’ouverture de nouveaux marchés avec l’Europe continentale.

La prospective de fret pour les échanges maritimes constitue ici l’objet de recherche mais s’inscrit dans un cadre général du transport intermodal par les liaisons avec les transports terrestres. La situation du trafic maritime par Ro-Ro en Irlande est très importante. Plus de 47 % de ce trafic s’effectue par le transport non accompagné. La plus importante part de ce trafic est échangée avec la Grande-Bretagne 98% tandis que seulement 2 % des échanges vont directement vers l’Europe continentale.

L’importance de la démarche est fondée sur une explication réciproque entre les variables quantitatives et les facteurs qualitatifs de choix modal. Les deux parties du modèle étant inséparablement liées pour comprendre les raisons fondamentales des choix faits par les usagers.

Les modèles en dynamiques des systèmes

L’une des différences entre les modèles dynamiques et les modèles statiques réside dans l’importance des temps de transport. Dans les modèles statiques, le temps ou la valeur du temps revêt un caractère secondaire. Les relations entre les individus importent peu. Les objets d’étude sont analysés d’une façon statique. C’est surtout la quantification des phénomènes à un instant donné qui est importante. Ce qui n’est pas le cas des modèles dits dynamiques où le temps de transport et les coûts associés disposent d’une très grande importance. Dans les modèles dynamiques le temps de transport est évalué sur les liaisons séparant les nœuds de transport. Quand un individu se déplace sur cette liaison, un temps de départ est enregistré sur le nœud de départ. La différence entre le temps de départ et d’arrivée donnera le temps réel de déplacement d’un individu sur une liaison donnée. Le mécanisme de dynamisme des systèmes dans le transport de fret, les relations et les interactions étudiées, ne concernent pas uniquement le temps de transport. Elles sont étendues vers une plus grande

intégration des variables explicatives et des variables aléatoires qui entrent dans l'explication des phénomènes des échanges de fret.

Une modélisation en dynamiques des systèmes figure parmi les modèles capables de montrer et d'évaluer le rôle de la prise en compte des facteurs environnementaux dans la réduction des impacts du transport routier et du transfert modal. Les coûts externes, dans l'ensemble des coûts de transport supportés par les entreprises de production, représentent une partie non négligeable et dont les effets secondaires vont croissants sur le long terme (V. Gacogne 2003).

Les principales parties du modèle sont étudiées à travers les liens d'échanges et d'interactions divers. Les relations entre les systèmes logistiques et les industries génèrent des flux de distribution et de livraison de marchandises dont l'ampleur dépend des quantités et de l'importance de l'externalisation des fonctions logistiques. Les entreprises constituent de fait la principale source de la demande des services logistiques. Elles sont régulièrement approvisionnées à partir des aires d'activités logistiques situées loin de leurs établissements. D'un autre côté, les entrepôts sont alimentés en produits depuis les sources de production. Deux catégories de flux de transport peuvent être distinguées : les flux d'alimentation de produits vers les espaces logistiques et les flux de distribution/approvisionnement des industries en provenance de ces lieux de la logistique. Cette partie de la chaîne de transport de marchandises s'analyse à la fois au travers de la nature et du type de produits échangés mais également par le nombre de véhicules et le poids ou les volumes de marchandises transportées. Ce bref aperçu des relations entre transport-production-entreprises de production est très difficile à étudier par une approche sectorielle. D'où donc l'intérêt et le fondement des modèles en dynamiques des systèmes qui prennent en compte les relations entre les éléments du système dans leur globalité et leurs relations complexes.

Les modèles en dynamique des systèmes sont fondés sur *les théories de la complexité*. Les théories de la complexité sont nécessaires pour analyser des systèmes qui ne sont pas simples à étudier. Les interactions spatiales entre les éléments qui composent les systèmes de transport de fret et la logistique sont dans ce sens un terrain d'étude complexe difficile à analyser par des approches simplistes. La plupart des travaux (F. Plassard (2004), A. Dauphiné (1978), M. Le berre (1996)) montrent l'importance d'avoir recours aux théories et lois de la complexité comme la théorie du chaos, la théorie des fractales, etc, pour expliquer l'état et l'évolution des systèmes dans leur globalité et renoncer aux méthodes simplistes. M. Le Berre (1996) explique que le maintien de la structure d'un système témoigne de sa capacité de reproduction. Cette capacité est le fait de pouvoir remplacer ces éléments par les éléments de même nature, mais également de reproduire les relations qui unissent ces éléments. «..., un système est doté d'une certaine invariance organisatrice pour se maintenir et se reproduire» (Le Berre, 1996, page 4). F. Plassard (2004) propose à ce propos de revisiter les théories du chaos et des fractales. Ces théories permettent, en effet, de mettre en cause les approches

réductionnistes simples, en définissant d'autres méthodes plus complexes différentes des relations « de la simple causalité ».

Les modèles utilisés dans les dynamiques des systèmes, en particulier dans le transport de fret, essaient de rendre plus simples et moins complexes, les réalités de tous éléments en interactions et en interrelations dans les échanges. Des boucles de rétroaction sont ainsi constituées pour faciliter l'enchainement et les liaisons entre les variables de ces modèles. La conception de ces modèles se fait par le regroupement des variables entre la demande et l'offre de transport. Parfois des variables dites externes sont ajoutées à ces modèles (politiques du transport ou les variables liées aux échanges internationaux). La dynamique des systèmes est un outil efficace permettant d'analyser des phénomènes complexes qui sont particulièrement difficiles à étudier à l'aide des modèles simples.

L'exemple des modèles de prospective de fret intégrant de nombreuses variables de la demande et de l'offre, témoigne de la complexité des phénomènes étudiés. Certaines variables de la demande sont groupées et permettent de donner la situation de la demande interne mais aussi de la demande extérieure. Un deuxième groupe concerne les variables de l'offre. Le premier travail consiste à subdiviser les grandes thématiques de transport de fret en principaux secteurs (exemple : le secteur logistique et le secteur prix, marges et coûts). Ces secteurs, dont chacun dispose des propres paramètres, sont interreliés entre eux, et sont classés en des secteurs généraux de l'offre ou de la demande. Après une modélisation des deux grands groupes «demande et offre» le modèle de prospective de fret prévoit une adéquation entre l'offre et la demande. Les figures 57 et 58 illustrent les structures synthétisées des boucles de rétroaction et des mécanismes des relations systémiques entre les variables des modèles de dynamiques des systèmes (Gacogne 2006 et KBS, 2001).

V. Gacogne (2003) utilise donc un modèle dans les dynamiques des systèmes pour analyser les flux de transport de fret à une échelle locale des entreprises de production. Son modèle joue beaucoup sur le rôle des systèmes logistiques dans la chaîne de transport en essayant de corrélérer les distances et les coûts de transport avec les autres paramètres. La partie du diagnostic de son modèle permet en gros de déterminer les principales boucles de rétroaction du modèle. Le modèle montre les liens par les flux de transport de marchandises entre les unités de production vers la distribution finale en passant par une régulation des systèmes logistiques. Les différentes variables du modèle sont reliées par des flèches dont le sens et les signes indiquent qu'une variable évolue dans le même sens que celle qui l'influence. V. Gacogne (2003)

Dans un autre travail, le même auteur intègre les aspects environnementaux dans les dynamiques des échanges des entreprises de production avec les espaces de la logistique. Il intègre une dimension environnementale notamment par le biais de la prise en compte du bilan carbone, (Gacogne 2006).

Diagramme : Mécanismes de base du modèle SANDOMA (diagramme d'influence)

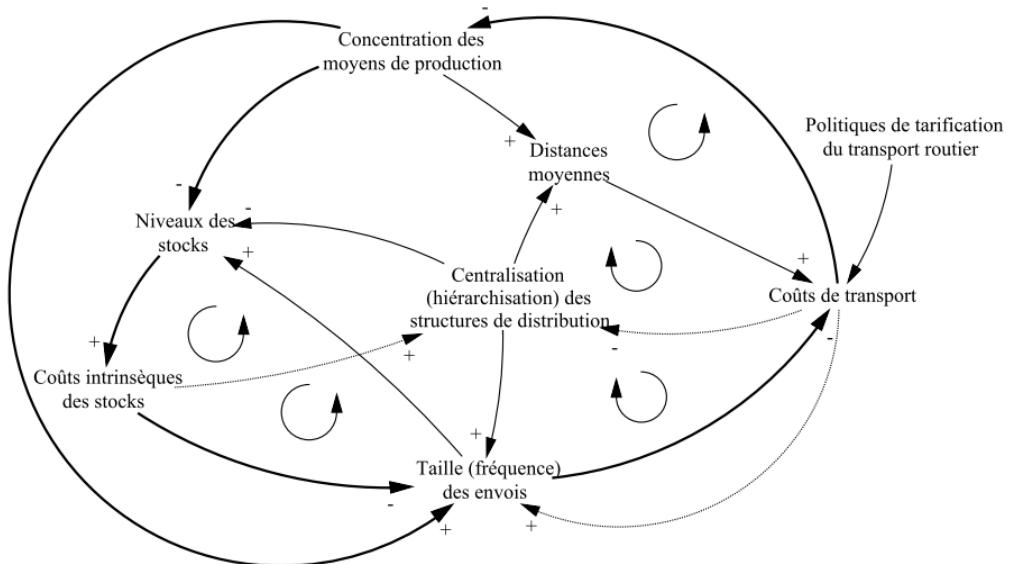


Figure 57: Mécanismes du modèle SANDOMA

Source : V. Gacogne (2006).

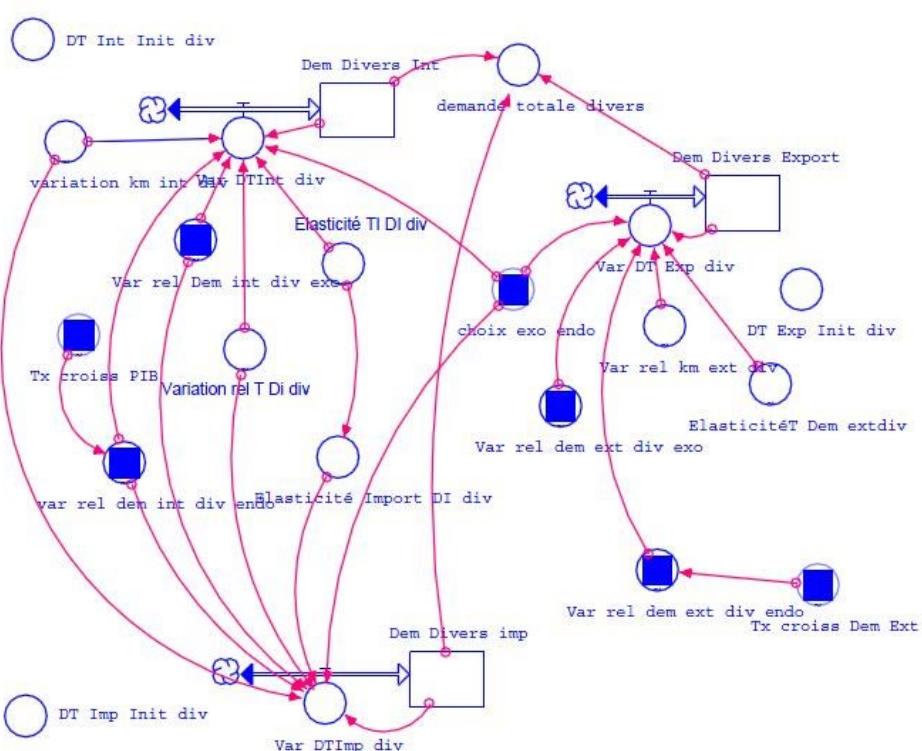


Figure 58: Exemple de bloc de calcul d'une demande sectorielle : le cas des produits divers

Source: KBS, Modélisation Dynamique Transport, (2001).

L'intégration de la dimension du bilan carbone dans le modèle SANDOMA a été faite par la prise en compte dans la partie « émissions de GES » des nouvelles variables relatives aux émissions de véhicules de transport de fret. Le bilan carbone utilisé ne concerne que les émissions de CO₂ de différents types de véhicules de distribution utilisés par l'entreprise. La méthode d'intégration du bilan des émissions de CO₂ a pour objectif d'aider les entreprises dans la réduction possible de leurs émissions relatives aux transports utilisés. Les émissions de CO₂ sont ainsi prises en compte dans les coûts de transport par une évaluation des distances exprimées en tonnes-kilomètres moyennement parcourues par chaque type de véhicule de transport selon son taux de chargement. Le rôle des coûts de transports dans l'organisation des systèmes de transport et de stockage des entreprises est essentiel dans le modèle SANDOMA. Ce rôle est étendu à l'intégration des facteurs d'émissions de CO₂ qui permettra d'évaluer les changements et les impacts sur les autres variables du modèle. Le modèle SANDOMA est ainsi un exemple d'un modèle qui permettrait d'ajouter aux coûts internes de transport de fret les coûts externes marginaux. Ses résultats sur l'impact de ces coûts environnementaux sur les autres variables comme les variations des distances parcourues par mode de transport, l'accroissement des volumes et des tonnages transportés, les consommations moyennes par types de véhicules,... sont très pertinents pour saisir l'enjeu et la nécessité d'intégrer les facteurs environnementaux dans les transports du futur.

On trouve plusieurs démarches et méthodes prospectives utilisées dans l'élaboration et la mise en place des documents *sur la prospective de fret à différents horizons* : 2020, 2030, 2040 et 2050 (KBS (2001), DRAST (2008), Futuribles (2005), CGPC (2006)). Dans une méthodologie simple ayant pour objectif de déterminer le devenir du système de transport de fret en France sur différents horizons. L'exemple de la démarche particulièrement innovante menée dans « Prospective de Fret 2030 » réside dans l'attention tout à fait particulière accordée à l'avenir de la planète en mettant en avant les enjeux environnementaux et climatiques que de l'épuisement des ressources naturelles ou de démographie. Une innovation d'approche qui se retrouve tout au long de la démarche adoptée et qui s'exprime clairement au travers des variables clés et les quatre scénarios choisis dans ce travail. Les variables de la demande de transport, les variables de l'offre et du système de transport, les variables d'impacts de transport et les politiques publiques appartiennent aux variables dites internes. Tandis que les variables externes sont des variables très influencées par les courants extérieurs ayant un impact sur le système de transport interne. *Fret 2030 adopte donc une démarche globale et systémique, qui permet d'apporter une vision d'abord qualitative de l'avenir, mais sans renoncer pour autant à toute recherche de quantification.* Les variables externes sont déterminantes dans la construction des scénarios qui orientent les prises des décisions au niveau interne des Etats.

- Le scénario appelé « la firme mondiale » qui se base sur les tendances actuellement observées, stipule un renforcement des principaux corridors de fret qui sont déjà opérationnels et qui attirent essentiellement les flux de transport continentaux et les échanges mondiaux.

- Le second scénario tendanciel dit « à croissance régulée » propose au contraire une opportunité dans le transfert modal. C'est entre autre la politique de l'Etat dans la mise en place de l'Eurovignette dans le but de favoriser les modes de transport alternatifs au transport routier de marchandises.
- Le troisième scénario dit « Petites Europes » se base sur une forte augmentation du prix du pétrole et un découplage entre la croissance économique et le transport. L'adaptation du système de transport et des activités passe par une restructuration profonde et une gestion très rigoureuse sur les questions relatives à la consommation d'énergie et à la recherche des nouvelles énergies.
- Le scénario le plus contrasté dit aussi « à faible croissance régulée ou Peak Oil » montre l'importance de la massification des flux de transport avec le renforcement de lignes ferroviaires et du transport maritime et fluvial. La route est utilisée pour les distances courtes locales. (DRAST 2008)

Le rapport du Predit pour la prospective de Fret 2040, adopte une même démarche que celui de la prospective de Fret à l'horizon 2030, tout en insistant sur une analyse systémique et sur la complexité des éléments du système de transport. Les interrelations entre le transport et les activités liées directement ou indirectement au transport sont à la base de cette analyse systémique. La complexité du système de transport requiert aux chercheurs le recours aux techniques d'analyse des interactions entre les éléments du système pour en dégager des enjeux, les variables et les ruptures en cours. La modélisation systémique est très adaptée sur une échelle nationale des transports de fret. La pertinence de ces travaux réside dans la structuration du transport de fret dans des sous-systèmes de variables ayant des interactions plus ou moins fortes eux même reliés aux autres sous-systèmes par les liens d'échanges qui les unissent. Un seul élément du sous-système est défini selon le rôle et l'influence qu'il exerce, d'abord sur son sous-système avec les éléments qui lui sont directement liés puis dans le système global.

En conclusion sur la pertinence des modèles de dynamiques des systèmes, nous pouvons affirmer ici leur plus ou moins grande capacité à intégrer plusieurs variables dans leur relation et interaction multiple. Les variables sont en effet choisies et reliées selon l'intensité des relations et les impacts des unes avec les autres sur la variation des phénomènes de transport par AdM. La dimension systémique et la complexité des phénomènes de transport et de la logistique ne peuvent être bien cernées qu'en décomposant le système en parties puis en éléments, et en reconstituant les éléments en sous-systèmes et en systèmes. Les modèles en dynamiques de systèmes sont peu utilisés dans le transport de fret, encore moins dans le transport par AdM. Pourtant les quelques études ayant utilisé ces modèles prouvent leur efficacité et leur capacité à traiter des questions plus difficilement étudiées par d'autres modèles.

Ces modèles se rapprochent beaucoup plus dans leur démarche et leur méthode des modèles d'interaction spatiale de type gravitaire. Chacun de ces modèles disposant bien entendu de ses spécificités et de ses propres manières de voir et d'étudier les phénomènes de transport et de la logistique. Les ressemblances entre ces deux modèles qui nous intéressent sont liées à la capacité de prendre en compte le maximum de variables spatialisées et de les traiter de manière à saisir le plus d'informations possibles sur l'émergence des phénomènes nouveaux, sur les éléments qui présentent plus d'interactions et d'interrelation entre eux et sur la détection des ruptures et des tendances dans l'évolution des transports et de la logistique aux horizons divers.

I.2. Les modèles d'interaction spatiale : Le modèle gravitaire

Le modèle d'interaction spatiale de type gravitaire présenté dans ce travail est un modèle appartenant à la catégorie des modèles agrégés, souvent utilisé dans l'étape de la distribution des flux selon les origines et les destinations territoriales. Il est relié par l'étape de la génération des flux qui est basée sur les activités socio-économiques de production et de consommation très déterminant pour évaluer la demande du transport de fret. L'intégration dans ce modèle d'une possibilité d'ajouter une troisième étape de choix modal avait ainsi enrichi la portée d'analyse et des usages vers l'étape du partage modal. Les modèles regroupant plusieurs étapes de l'analyse des flux de transport de fret dont les récents développements du modèle gravitaire sont donc appelés des modèles mixed ou des modèles combinés de distribution-partage modal.

La première caractéristique du modèle gravitaire est son approche *agrégée*. Dans les modèles agrégés les observations sont faites par les valeurs moyennes sur un niveau territorial bien délimité (région, département, centre urbain, etc). Ils se distinguent ainsi des modèles désagrégés qui analysent des données sur les comportements individualisés. Dans les modèles agrégés la matrice OD des flux de marchandises et les variables explicatives constituent la base de la modélisation des transports. Les modèles agrégés traitent ainsi les flux de transport dans leur globalité. Ce qui exclut de ce modèle une analyse des comportements des agents de transport (chargeurs, transporteurs, producteurs, etc.)

Les modèles gravitaires se réfèrent à la loi de gravitation universelle de Newton. La loi de Newton transpose la notion de force d'attraction susceptible d'orienter des trajectoires célestes à celle d'intensité d'interaction suscitant un flux d'échanges entre zones géographiques (D. Pumain et T. Saint-Julien 2010). Cette loi gravitationnelle universelle telle qu'énoncée par Newton (1) est très proche de la formulation du modèle gravitaire des sciences humaines (2) :

(M1 , M2)

$$F = G \frac{M_1 M_2}{D^2} \quad (1)$$

G : constante de gravitation

D : distance physique entre les deux corps qui est élevée au carré

M : masses des corps 1 et 2.

$$M_i * M_j$$

$$F_{ij} = k \frac{M_i M_j}{D^{a_{ij}}} \quad (2) \text{ ou } F_{ij} = k M_i M_j d_{ij}^{-a}$$

T_{ij} : variable d'interaction,

k : facteur de proportionnalité,

M_i : facteur d'émission de la zone *i*,

M_j : facteur d'attraction de la zone *j*,

d_{ij} : distance physique ou socio-économique

a : constante traduisant l'intensité de l'impact de *dij*

Soulignons que la loi de gravitation de Newton est une analogie du modèle gravitaire, ayant une valeur heuristique (qui reste à valider par des données empiriques).

Dans la formule des sciences humaines un coefficient est introduit pour évaluer l'intensité des relations entre deux zones *i* et *j* selon les distances et les masses échangées entre les deux zones. Stewart et Zipt ajustent ce modèle initial avec la pondération et les exposants appliqués aux masses des zones d'attraction et d'émission dans les cas où un seul facteur ne permettrait pas de bien quantifier les relations entre ces zones (Pueyo, 1994 et Camagni, 2005).

$$I_{ij} = G W_i (P_i)^\alpha W_j (P_j)^\beta / d_{ij}^b$$

Les masses d'une zone cessent d'être les seules variables d'attraction et d'émissivité des échanges. Il devient possible de multiplier les facteurs et de trouver des valeurs pour estimer le niveau d'attraction et d'émission des zones. Pour pallier l'insuffisance et la généralisation du volume des interactions possibles entre deux zones, Waldo Tobler avait substitué le produit des masses des deux zones en interactions par leur somme.

$$F_{ij} = k (P_i + P_j) d_{ij}^{-a}$$

Dans la conception classique des études sur le transport de fret, l'évaluation des trajets de transport entre un point d'origine et une destination finale se fait par un calcul des coûts de transport dépensés et consommés au cours des trajets. La partie des distances et de l'intensité des relations entre deux zones i et j du modèle gravitaire offre la possibilité aux études sur les échanges de fret basés notamment sur les coûts et le temps de transport. Les modèles gravitaires dans cette expression des liens interactionnels entre les lieux, peuvent apporter une double interprétation selon le contexte et les représentations spatiales que l'on souhaite expliciter : Les relations ponctuelles entre deux lieux matérialisées par une liaison réticulaire montrent la probabilité qu'un lieu donné, représenté sous forme d'un point, peut entretenir avec les points situés dans un autre lieu. Cette première expression des liens interactionnels est plus utilisée dans la théorie des réseaux et des graphes. Une construction des modèles dits de minimisation des coûts et des temps de transport qui sont utilisés pour calculer les coûts des trajets composants les échanges depuis les origines jusqu'aux destinations finales, trouvent leur fondement dans cette expression. À la réticularité des interactions des lieux, l'effet de la distance dans les modèles gravitaires s'exprime également par des zones d'influence autour d'un lieu selon l'intensité des échanges possibles mesurés au fur et à mesure que l'on s'éloigne de son centre. La distribution des possibilités d'interactions entre un point et les autres points situés autour de lui, obéit soit à une fonction de puissance négative ou à une fonction exponentielle de la distance, ou même à une combinaison des deux fonctions, (Pumain et Saint-Julien, 2010). Ces auteurs citent notamment l'expression de la fonction exponentielle dans le modèle gravitaire du géographe Alan Wilson, qui propose une fonction basée sur la maximisation de l'entropie dans un système selon la distribution des flux dans ce système.

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j (\exp^{-\beta c_{ij}})$$

$$\text{Avec } A_i = 1/\sum_j (B_j D_j (\exp^{-\beta c_{ij}}))$$

$$B_j = 1/\sum_i (A_i O_i (\exp^{-\beta c_{ij}}))$$

Où

c_{ij} représente le coût de franchissement de la distance de i à j .

O_i est la masse du lieu d'origine,

D_j est la masse du lieu de destination,

A_i et B_j sont des paramètres qui permettent la conservation du total des flux entre les observations et l'estimation par le modèle.

Le calcul de l'entropie fait intervenir les probabilités d'un lieu dans les interactions possibles avec les autres lieux et pose donc les conditions d'échanges en fonction de l'influence de la distance qui sépare les deux points. Plus la valeur obtenue est élevée plus grande est la relation d'interaction des flux entre les deux lieux en échanges. Plus la valeur est minimale plus les flux tendent à être dominés par un seul sens sans réciprocité (symétrie) des retours. S. Durand (2001) donne l'expression mathématique du calcul d'entropie :

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij} * \log P_{ij} \quad \text{avec } p_{ij} = T_{ij}/T \text{ avec } T \text{ interactions entre } i \text{ et } j.$$

P_{ij} la probabilité d'envois de i vers j

En effet, la fonction exponentielle de la distance du modèle d'Alan Wilson, entre les lieux en échanges introduit les contraintes spatiales dans le modèle. Lesquelles peuvent ou non être exprimées soit sur le lieu de départ des flux, soit sur le lieu de destination des flux. Les deux paramètres A_i et B_j quand à eux expriment l'écart des résultats du modèle entre les flux réels et les variables utilisées pour exprimer le niveau d'attraction ou d'émission de ces lieux.

Les contraintes à l'origine et à la destination des modèles gravitaires : Utilisés dans la prévision et l'estimation des flux de transport, les modèles gravitaires donnent des résultats plus comparables avec les flux réellement observés. Les modèles gravitaires sans contrainte ou à double contrainte sont ajustés à l'aide d'une transformation logarithmique pour faciliter les calculs des paramètres du modèle (a et k). Les deux types de modèles sont donc comparés avec les flux réels observés. Pour obtenir les paramètres a et k, ces modèles sont souvent ajustés à l'aide de la méthode d'ajustement linéaire par la méthode des moindres carrés ou aussi souvent par un ajustement non linéaire (par exemple, la méthode de la minimisation du chi-deux des différences entre flux observés et estimés).

F_{ij} = k M_i M_j d_{ij}^{-a} devient après ajustement log F_{ij} = log k + log M_i + log M_j - a log d_{ij}

Sans contrainte.

Où

F_{ij} = k A_i B_j O_i D_j d_{ij}^{-a} devient après ajustement

log F_{ij} = log k + log A_i + log B_j + log O_i + log D_j - a log d_{ij} Avec contrainte.

C. Ferrari et al. (2011) donnent les principales équations servant à introduire les contraintes dans le modèle SIMODEL (Spatial Interaction MODEL) pour le cas d'un modèle simple.

$$T_{ij} = O_i D_j / d_{ij}^2 \quad \text{Simple modèle de transport de fret sans contrainte.}$$

$O_i = \sum_j T_{ij}$ Les deux équations (O_i et D_j) représentent la formulation mathématique du calcul des contraintes à l'origine O_i et à la destination D_j pour maintenir une interaction stable selon les variations des capacités d'une zone par rapport à l'autre.

$$D_j = \sum_i T_{ij}$$

D'une façon générale, selon la prise en compte des contraintes on distingue trois types de modèles gravitaires :

- Lorsque la contrainte n'est considérée qu'à la zone de production O_i , dans ce cas on parle de modèles gravitaires à contrainte de production (T'_{ij}). Les flux observés dans la zone d'origine restent constants, mais ils sont distribués dans la zone de destination.

$$[T'_{ij} = A_i O_i D_j f(d_{ij})]$$

- Le modèles gravitaires à contrainte de destination (formule suivante). Le trafic total obtenu par le modèle est redistribué vers toutes les origines tandis qu'il reste constant dans les destinations.

$$[T'_{ij} = O_i B_j D_j f(d_{ij})]$$

- Le modèle (T_{ij}) est appelé modèle gravitaire à double contrainte. Les équations (A_i) et (B_j) permettent de calculer séparément les deux contraintes avant de les introduire dans l'équation générale.

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j f(d_{ij})$$

$$A_i = [\sum_j B_j D_j f(d_{ij})]^{-1}$$

$$B_j = [\sum_i A_i O_i f(d_{ij})]^{-1}$$

Le transport de fret implique plusieurs facteurs et plusieurs contraintes sont incontournables dans cette estimation des flux. L'équation (T_{ij}) est une forme de généralisation du modèle

gravitaire dans le transport de fret pour permettre une prise en compte des contraintes. Les contraintes à l'origine A_i et à la destination B_j , peuvent être de plusieurs ordres. Il peut s'agir des coûts de transport, des capacités d'accueil d'un produit échangé, du nombre d'emplois pour le cas des déplacements domicile-travail, etc (Durand 2001). Ces modèles offrent toujours une possibilité de couplage avec d'autres données spatiales. Ils permettent également de mesurer l'effet de la distance dans les échanges entre les régions appartenant à un même territoire (R_{ij}) mais également à prendre en compte l'effet de barrière qui sépare deux territoires étudiés (F_{ij}).

$$R_{ij} = M_{ij} - F_{ij} \text{ avec } F_{ij} = k P_i P_j / D_{ij}$$

avec R_{ij} flux résiduels entre i et j . Pumain et Saint-Julien (2010) montrent la préférence ou la réticence d'une région dans les échanges avec les autres régions.

$$F_{ij} = k M_i M_j D_{ij}^{-a} c^{P_{ij}}$$

avec $c^{P_{ij}}$ qui introduit cet effet de frontière ou d'une autre limite territoriale dans le modèle gravitaire où l'exposant P_{ij} prend la valeur 1 si les régions i et j appartiennent au même territoire et 0 sinon. Les modèles gravitaires offrent également une possibilité de comparer plusieurs modes de transport, plusieurs types d'échanges ainsi que des phénomènes touchant le secteur des échanges entre les territoires. Les indices calculés sont riches d'enseignements sur le rôle de la distance, l'importance des volumes et des masses échangées, sur les différentes contraintes socio-économiques et environnementales et, sur les analyses sectorielles du phénomène étudié.

I.3. Les critères de choix modal chez les chargeurs et les transporteurs

Les données sont collectées à partir des différentes sources existantes. Ces données servent à déterminer la dimension des coûts et des temps de transport sur l'espace d'étude. Une autre partie de données est acquise par des enquêtes menées auprès des transporteurs, des chargeurs et des opérateurs portuaires. Cette dernière partie de données est utile pour comprendre les critères socio-économiques de choix modal des individus non définis par les données empiriques. Les données empiriques et aléatoires dans une approche de choix modal orientent les méthodologies appliquées, et servent à faire émerger des facteurs explicatifs dans les transports de fret. Les critères les plus souvent récurrents dans le choix modal sont avant tout

les coûts et les temps de transport supportés par les usagers. Par ces deux critères, le transport de fret introduit une différenciation des modes et des caractéristiques des trajets par les différentes contraintes spatiales et socio-économiques subies différemment par les individus.

D'autres critères directement obtenus par enquêtes, donnent les raisons fondamentales qui guident le choix des transporteurs et des chargeurs dans leur mode et leur destination finale. Ils représentent la partie la plus délicate qui ne dépend pas uniquement de facteurs spatiaux mais souvent d'une subjectivité des choix préférentiels qui diffèrent d'un individu à un autre.

Le choix modal dépend non seulement des aspects quantitatifs des bénéfices et des gains de transport étudié dans le paragraphe précédent, mais aussi d'autres critères de choix préférentiels très décisifs qui ne relèvent pas directement de l'aspect quantitatif. Chaque variable de choix modal est ensuite testée selon les préférences exprimées par les usagers. Les tests ont pour objet de vérifier combien de fois ou combien de dépenses supplémentaires un usager est prêt à débourser pour l'accroissement d'un attribut donné. À titre d'exemple, il s'agit de savoir les valeurs monétaires correspondant à une réduction ou une augmentation des valeurs d'attributs. Une heure de réduction du temps de transport équivaut à 0.44 euros pour une tonne transportée ou 1 % de réduction du niveau de fiabilité implique une compensation financière de 3 euros par tonne, etc (Bergantino et Bolis 2004). Les variables discrètes les plus utilisées sont :

La valeur du temps et les coûts de transport : Correspondant au temps mis pour un véhicule de transport de fret pour transporter des marchandises depuis le point de chargement jusqu'au point de destination finale. Ce temps prend en compte le temps de chargement et de déchargement, et les retards causés par les embouteillages. Le temps est exprimé d'abord en minutes ou en heure. Il est ensuite converti en coût monétaire par la formule suivante :

$$MVT\ ic = \beta i / \beta c$$

où $MVT\ ic$ = La valeur monétaire du paramètre (i)

βi est le paramètre du modèle (i)

βc est le coût estimé du paramètre (i). (Bergantino et Bolis 2004).

Cette valeur peut directement dépendre de la distance physique parcourue, de la rugosité des réseaux de transport, des types de produits et de l'ensemble des opérations matérialisant le trajet parcouru. (Feo et al., 2011, et Bergantino et Bolis, 2004)

La fréquence dans les départs et les arrivées : La fréquence exprime le nombre de départ d'un véhicule routier ou d'un navire pendant une période bien déterminée (journalier,

hebdomadaire, mensuel ou annuel). La fréquence est plus importante comme paramètre pour les usagers qui disposent d'un grand marché et qui doivent assurer des livraisons régulières. Un cas particulier est celui des grandes entreprises de production ou des chargeurs ayant un grand marché. (Bergantino et Bolis 2004)

La fiabilité des services modaux : La fiabilité traduit la sécurité de la marchandise à l'arrivée par rapport à l'état initial lors du chargement. Elle est exprimée en pourcentage de la marchandise arrivée en bon état. M. Feo et al. (2011) trouvent une valeur de 1% des échecs dans les livraisons des temps prévus et l'arrivée à destination comparativement à l'état initial (soit une perte estimée à 9 euros pour le transport maritime). La fréquence et la fiabilité du transport d'AdM deviennent des facteurs plus valorisés par les usagers que les coûts et les temps de transport.

D'autres déterminants comme *les distances au port* des points d'origine et de destination des véhicules lourds et les différents services assurés à bord des navires rouliers sont aussi étudiés. Un vaste champ de données quantitatives et qualitatives est à explorer pour bien comprendre le domaine du transport international de fret. Entre une évaluation de la demande des transports et l'offre des services des modes de transport à comparer, un équilibre doit être trouvé pour bien déterminer les facteurs et les attributs militant en faveur ou en défaveur de l'usager d'un mode de transport plutôt que d'un autre. La modélisation et les simulations des transports de fret se distinguent par le niveau d'intégration effective des données de base dans le modèle en fonction des interactions spatiales qui existent entre elles. Certains ont du mal à intégrer l'aspect spatial des données, d'autres privilégient les coûts de transport et les temps de transport et d'autres représentent mieux des aspects plus qualitatifs que quantitatifs.

I.4. Les limites des modèles de transport de fret

Dans *les modèles économétriques* statiques, le premier grand problème reste l'intégration du temps sur le réseau de transport. Le temps est considéré comme un temps continu. Il est affecté d'une façon stationnaire sur le réseau, entre le temps de départ fixe et le temps de parcours total entre une origine et une destination. Les modèles statiques excluent donc une articulation réelle des parcours des individus sur le réseau.

Ces modèles sont en outre adaptés pour des prévisions de trafics à des temps courts. Pour une modélisation sur une période longue, les modèles économétriques et les modèles de réseau doivent se référer à des observations sur un temps long.

Les limites les plus relevées dans *les modèles en dynamiques des systèmes* concernent surtout la définition des relations entre les variables et l'agrégation de données. L'exemple des problèmes relevés dans le modèle SANDOMA sont liés à la tarification routière qui n'est pas

homogène sur l'ensemble des opérateurs étudiés. Les régions logistiques ont des caractéristiques qui diffèrent d'un pays à l'autre et d'une région à une autre, ce qui soulève des questions sur l'homogénéisation des données utilisées. Les contraintes socio-économiques et environnementales font partie intégrante du modèle. Elles sont exprimées dans le modèle par les signes montrant, plus ou moins, l'influence qu'un élément du système exerce sur d'autres éléments qui lui sont directement reliés.

Ces modèles sont confrontés à une difficulté sur des analyses macroéconomiques. Ils sont bien adaptés pour traiter des questions micro-économiques ou méso-économiques par leur plus grande capacité de prendre en compte plusieurs variables.

Parmi les critiques qui sont souvent formulées à l'encontre des *modèles d'interaction spatiale*, on trouve :

- des critiques sur la faiblesse ou l'absence des fondements théoriques économiques et des bases mathématiques plus solides ;
- une diversité de modèles développés autour des *interactions spatiales* qui ne permet pas de saisir la stabilité dans la construction des concepts théoriques et mathématiques plus solides ;
- l'expression des contraintes à l'origine et à la destination qui sont difficilement exprimées dans tous les modèles. Ces contraintes sont bien exprimées uniquement par l'introduction de la maximisation de l'entropie et la prise en compte des fonctions de l'utilité ;
- une représentation spatiale et cartographique des phénomènes d'échanges qui se fait toujours par l'attribution des valeurs à l'origine et à la destination, et qui a du mal à prendre en compte les flux de transport sur le réseau d'échanges. Cette question peut être résolue par une intégration des techniques d'analyse de réseaux et de la théorie des graphes ;
- un niveau d'analyse spatiale agrégée est un handicap majeur pour les modèles d'interaction spatiale ;
- l'approche agrégée conduit forcément à une perte d'informations individuelles, pourtant très enrichissantes dans l'établissement des lois et des théories explicatives des modèles. Cette limite est souvent corrigée par la détermination des échantillons assez représentatifs des populations regroupées.

I.5. Intégration des analyses spatiales et prospectives dans la modélisation du choix modal de transport de fret

I.5.1. De la modélisation du choix modal à l'intégration de l'espace des flux

La prospective spatiale est très utile pour la modélisation spatiale des transports internationaux du fret. Les phénomènes spatiaux qui sont à la base des échanges de fret sont difficiles voire impossibles à appréhender sans une véritable connaissance de l'évolution des

systèmes au cours du temps, des changements survenus, et surtout, des facteurs et processus qui sont à la base de ces changements. Le transport de fret est avant tout une activité économique. Son ancrage à l'espace passe par la localisation des activités et des espaces urbains impliqués dans les processus du commerce extérieur et des transports de fret à longue distance. L'imbrication des éléments constitutifs des systèmes de transport international de fret et la complexité des phénomènes explicatifs des changements et des évolutions dans ce domaine, ouvre une voie vers l'intégration des méthodes et techniques de la prospective spatiale. Les modèles développés dans le domaine des transports de fret sont très diversifiés selon les axes de recherche et les disciplines. Le point commun de ces modèles est une recherche des explications des phénomènes de transport basée sur une prise en compte d'un maximum d'informations et d'éléments explicatifs. C'est en l'occurrence les modèles fondés sur les théories du consommateur, la théorie de la demande de transport et la maximisation de l'entropie. Les dimensions de la prospective spatiale se retrouvent utiles, sinon incontournables, pour faire émerger les phénomènes et les processus spatiaux dans l'évolution des transports de fret.

Parmi les méthodes de la prospective spatiale, les plus souvent utilisées dans le transport de fret, nous pouvons citer notamment l'analyse structurelle, la consultation des experts après les enquêtes de préférences déclarées et la méthode des scénarios. La démarche prospective prouve bien l'importance de l'approche systémique et les diverses caractéristiques des évolutions territoriales. Les ruptures et les bouleversements des tendances constituent la base des analyses des phénomènes selon les horizons d'étude. La modélisation prospective de fret privilégie les outils facilitant une intégration plus ou moins complète de variables spatialisées dans leur interaction.

La plupart des modèles de choix modal sont fondés sur les coûts de transport et sur les utilités recherchées par les individus ou les entreprises dans les services offerts par mode. E. Quinet (1998) résume l'explication économique d'un modèle de déplacement domicile-travail, selon la maximisation des utilités recherchées par les individus dans la zone de travail en fonction de leur salaire:

$$s_k + C_{ij} \quad s_k \text{ est le salaire obtenu par emploi } k, j \text{ la localisation de l'emploi } k$$

$$s_k = s + \varepsilon_k \quad \text{Distribution des salariés selon une loi indépendante de la localisation des emplois, } \varepsilon_k \text{ la variable aléatoire variant selon le paramètre } \mu.$$

$$1/\mu \log D_j \exp (s - C_{ij}) \mu \quad D_j \text{ sont les emplois dans la zone } j, s \text{ les salaires et } C_{ij} \text{ les coûts.}$$

$m_j = 1/\mu (\mu (s - C_{ij}) + \log D_j)$ m_j est la moyenne de l'utilité maximale nette des coûts de transport suivant une loi aléatoire μ_j et $s_k - C_{ij}$ qui suit une loi de Gumbel de paramètres μ .

La probabilité de choisir une destination j dans l'ensemble de destination possible k , pour un individu issu de la zone i , selon les salaires moyens par zones s , en termes de rapport entre la valeur de l'utilité obtenue dans la zone j , sur l'ensemble des autres valeurs possibles k a pour formule :

$$Pr(j) = \frac{\exp(\mu m_j)}{\sum_k \exp(\mu m_k)} = \frac{D_j \exp(\mu(s - C_{ij}))}{\sum_k D_k \exp(\mu(s - C_{ik}))} = \frac{D_j \exp(-\mu C_{ij})}{\sum_k D_k \exp(-\mu C_{ik})}$$

Le choix d'un mode est obtenu par un rapport entre un mode de transport et l'ensemble des modes de transport, ou même, par la différence dans le cas de deux modes de transport. L'étape de choix modal est précédée de celle de la distribution spatiale des flux de transport, qui est souvent étudiée grâce aux modèles gravitaires. L'adaptation de ce modèle au choix modal ajoute une étape supplémentaire qui se traduit par la considération des choix des usagers entre le transport routier et la voie maritime. Une étape de choix modal qui étend les modèles gravitaires vers les comparaisons des utilités des consommateurs entre les modes de transport (T^1_{ij}). Ces modèles sont donc appelés de modèles combinés distribution-répartition modale. (Bonnel, 2006). Les parts de marchés d'un mode de transport sont obtenues par rapport aux parts de marchés totales existantes ($P(1)$). Les coûts généralisés de modes de transport servent à évaluer le choix modal. Au coefficient de calage du modèle de distribution (α_i et β_j), les modèles combinés de distribution – répartition modale ajoutent un nouveau coefficient (λ), pour caler l'étape de choix modal (T^{kij}) :

$$T^1_{ij} = \alpha_i \beta_j E_i A_j e^{-b C_{g1} ij} \quad \text{Flux } ij \text{ du mode 1 selon le modèle gravitaire.}$$

$$P(1) = \frac{T^1_{ij}}{\sum_k T^1_{ik}} = \frac{e^{-b C_{g1} ij}}{\sum_k e^{-b C_{g1} ik}} \quad \begin{array}{l} \text{La part de marché du mode 1 dans l'ensemble des marchés } k. \\ \text{Selon un modèle de choix modal de type logit.} \end{array}$$

$$T^{kij} = \alpha_i \beta_j E_i A_j e^{-b K_{ij}} \quad \frac{e^{-\lambda C_{gk} ij}}{k} \quad \begin{array}{l} \lambda \text{ Nouveau coefficient du choix modal. } K_{ij} \text{ coût généralisé} \\ \text{composite relatif à l'ensemble des modes.} \end{array}$$

$$\frac{\sum_k e^{-\lambda C_g^{kij}}}{K}$$

Phase de la distribution Phase du choix modal avec intégration des facteurs environnementaux.

$$Où K_{ij} = \sum_k P(k) * C_g^{kj}$$

K_{ij} est obtenu par la moyenne des coûts généralisés ou représente le coût généralisé le plus faible.

$$K_{ij} = -1/\lambda \log \frac{\sum_k e^{-\lambda C_g^{kj}}}{K}$$

K_{ij} obtenu à l'aide d'une fonction logarithmique avec b ≤ λ.

Le choix d'un mode de transport -parmi les modes existants- est effectué par un jugement de valeur de choix des usagers potentiels dont les modèles gravitaires intègrent parfaitement à l'étape de la distribution à l'aide des formules de type logit bimodal (T^{kij}). Le passage des modèles gravitaires à un modèle de prospective spatiale de fret se fait à partir des variables spatiales, en respect aux principes de la prospective énoncés précédemment. La formalisation mathématique des modèles de prospective dans le transport de fret se retrouve dans les principales étapes du modèle gravitaire de choix modal:

- L'étape de la génération des flux de transport consiste à rassembler, à organiser, à traiter et à établir une donnée fondamentale et cohérente sur chaque unité du territoire constituant une origine ou une destination des flux de transport. Dans le cadre des modèles dits agrégés, les données sont regroupées sur des unités territoriales d'émission et d'attraction des flux de transport. Les données sont analysées sur une très longue période et servent à construire un potentiel sur chaque zone OD de la matrice;
- La distribution des flux -entre les origines et les destinations- intervient après celle de la génération. Les potentiels territoriaux des flux sont organisés et distribués sur les zones de la matrice OD, selon les modes de transport ou d'autres critères retenus dans la modélisation. Cette matrice fait correspondre à chaque origine de la zone A une destination de la zone B, les sommes marginales représentent les émissions et les attractions des flux de chaque zone. (Tab.19)

Tableau 19: Distribution des déplacements : notations.

		Destination			Emissions $\sum_j T_{ij}$	
		Zone	1	2	3	Total
Origine	1	T11	T12	T13	T1. ≈ E1	
	2	T21	T22	T23	T2. ≈ E2	
	3	T31	T32	T33	T3. ≈ E3	
Attractions $\sum_i T_{ij}$	Total	T.1≈ A1	T.2≈ A2	T.3≈ A3	T ou T.. = $\sum_{i,j} T_{ij}$	

Source : Bonnel P., p. 193, (2004).

L'autre question émergeant des matrices origines –destinations, est l'introduction dans le modèle gravitaire des contraintes aux origines des flux ($\sum T_{ij} \approx E_j$) et aux destinations des flux ($\sum T_{ij} \approx A_i$), dites contraintes aux marges.

$j \in J$

Ces contraintes représentent aussi un moyen de compléter les données manquantes dans une des deux contraintes aux marges par les données de l'autre contrainte aux marges. L'égalité des sommes des émissions et des attractions des flux de transport étant représentée par la dernière case droite ($T_{..} = \sum T_{ij}$). (Tab.16)

$i \in I$

Les données à remplir dans les cases de la matrice origine-destination peuvent être de plusieurs types. Il peut s'agir des flux de transport de fret exprimés par le nombre de véhicules, des valeurs monétaires ou tonnages des importations et des exportations, ou dans le cas de la comparaison des variables de choix modal, les temps et les coûts de transport exprimés en distances kilométriques, distances parcourues (T-km) ou distances monétaires (euros/Tonnes/km), etc.

On aboutit à la troisième étape du partage modal explicitée dans les paragraphes précédents. Qui est obtenu par une extension du modèle gravitaire à la fonction de coûts de transport et de l'utilité recherchée par les usagers. (T^{kij})

$$T^{kij} = \alpha_i \beta_j E_j A_j e^{-b K_{ij}} \frac{e^{-\lambda C_g^k ij}}{\sum_k e^{-\lambda C_g^k ij}}$$

λ Nouveau coefficient du choix modal. K_{ij} coût généralisé composite relatif à l'ensemble des modes.
L'étape du choix modal dans le modèle gravitaire.

Le choix modal est pondéré aux potentiels territoriaux. Ce choix est obtenu par une intégration des coûts de transport internes et externes marginaux. L'espace des échanges de fret est pris en compte dans la partie de la distribution, mais aussi dans la partie du choix modal grâce à la mesure de l'intensité des relations entre les zones en échanges. Plusieurs variables peuvent être intégrées dans ce modèle. Le choix des usagers peut dépendre aussi de produits transportés que de modes de transport proposés.

I.5.2. L'espace et le temps selon la time-geography

Les modèles de prévision de la demande de transport offrent une partie non négligeable dans la connaissance des devenirs des flux de marchandises. La prévision est définie comme étant « une affirmation probabiliste, relativement scientifique, concernant les choix et les conséquences sur les futurs » (E. Jantsch, 1967, cité dans L. Casanova, 2010). Deux aspects théoriques fondamentaux distinguent la prévision de la géoprospective. Le temps et l'analyse des phénomènes étudiés. La prévision est un exercice limité dans un horizon de temps court, aussi bien dans les données collectées que dans les projections des évolutions à venir. Les résultats de la prévision sont confrontés à des erreurs liées à l'incertitude dans le cas de l'étude des systèmes complexes. Les données traitées étant le plus souvent issues des analyses sectorielles.

Les modèles les plus souvent employés dans le domaine du choix modal entre les transports routiers et les AdM sont des modèles prospectivistes. Les différences majeures avec la géoprospective restent tout de mêmes proches de celles qui les distinguent de la prévision. Les méthodes de la prospective introduisent plus ou moins bien la prise en compte de l'espace dans le transport de fret. L'imbrication des éléments constitutifs des systèmes de transport et la difficulté de déceler les facteurs explicatifs des changements et des évolutions par les analyses sectorielles, ouvrent la voie à l'application des méthodes de la prospective territoriale. Les ruptures et les bouleversements des phénomènes de transport sont détectés par une analyse des données sur des horizons de temps relativement longs. L'espace modélisé fait partie intégrante de l'explication des évolutions de flux. Les modèles de la prospective rendent possible la prise en compte des contraintes spatiales et socio-économiques par des fonctions de la maximisation de l'entropie, d'utilité ou les mesures de la résistance face à l'introduction d'une nouvelle infrastructure dans l'espace. Les interactions spatiales des systèmes du transport sont souvent synthétisées à certaines variables représentatives qui limitent de saisir la globalité de l'analyse des phénomènes. Une entrée des réseaux de transport est en quelque sorte devenue incontournable face à des travaux dont la finalité est de fournir des outils d'aide à la décision aux responsables et aux organisateurs des transports.

« La finalité de la géoprospective, comme de la prospective territoriale, est de connaître et prévoir pour organiser et décider, mais sa spécificité est d'anticiper le devenir d'un territoire, par la compréhension de ses dynamiques spatiales et de spatialiser, à moyenne et grande échelle, les scénarios d'évolution, les préconisations d'aménagement et leurs impacts spatiaux. La géoprospective ne peut donc se concevoir sans modélisation spatiale et sans simulation des scénarios » (Voiron.Canicio, 2006, dans R-M. Basse, 2010). La modélisation géoprospectiviste offre une opportunité d'appuyer et de renforcer le cadre théorique et pragmatique de la prospective territoriale et spatiale, par un ancrage spatial et une dimension temporelle d'analyse des systèmes de transport dans la globalité des interactions et interrelations réciproques existantes entre les principales composantes.

I.5.2.1. La time-géography et les dimensions géographiques

Cette recherche doctorale met un accent particulier sur les dimensions spatio-temporelles dans la modélisation du transport international de fret. Les modèles développés intègrent différemment ces deux dimensions pourtant très importantes et inséparablement liées pour comprendre et faire émerger les facteurs profonds qui expliquent les échanges de fret. Les travaux de la time-geography nous servent de référence sur l'intérêt porté au temps et à l'espace dans l'étude des déplacements des individus. S. Chardonnell¹⁷ et T. Thévenin (2012) distinguent deux approches de la time gography : une approche centrée sur l'organisation et l'évolution des systèmes spatiaux et une approche qui localise l'individu dans ses déplacements dans l'espace. Dans les modèles spatiaux, l'intégration du temps est faite au travers des évolutions des systèmes spatiaux pour expliquer un phénomène donné, au cours du temps. Le temps est une dimension qui distingue les changements et les évolutions selon les rythmes d'évolution des systèmes. La seconde approche de la time-geography est basée sur les individus qui se déplacent, le temps joue un rôle central dans la localisation des individus au cours de leurs déplacements.

La time-geography étudie les champs des possibles dans les déplacements d'un individu en prenant comme critères de base tous les attributs qui jouent aussi bien dans les motivations des déplacements que dans les déplacements réellement faits par ces individus. Un individu est décrit par ses caractéristiques propres qui concourent à ses déplacements (niveau de vie, statut socio-économique, localisation des lieux d'habitation, etc.) Cet individu se déplace entre les lieux d'activités où il s'attarde selon la durée des activités. Entre différentes activités un temps de trajet est nécessaire pour vaincre les obstacles qui se présentent lors de son déplacement d'un lieu à un autre lieu. L'espace de déplacement est représenté dans un prisme à trois dimensions (un pour le temps et deux pour l'espace).

Ainsi, la time-geography offre une ouverture vers de nombreuses applications sur toutes les problématiques qui impliquent les mouvements des individus humains, matériels ou immatériels. G. Chi et *al.* (2013) appliquent la time-geography dans la mesure des changements de l'accessibilité spatiale à la suite de la variation des prix de l'essence. Le prix de l'essence est pris comme principale contrainte des déplacements des individus. La sécurité routière dépend des facteurs qui sont liés à la conduite et aux statuts des conducteurs. Ainsi, les distances de conduite sont réduites, les trajectoires des individus deviennent de plus en plus réfléchies dans le temps et dans l'espace, selon les besoins. Leurs profils dépendent des types de conduite et des fréquences dans les accidents de route relevés (âge, le sexe et appartenance ethnique). T. Neutens et *al.* (2012) examinent la variation de l'accessibilité spatiale des individus aux différents services publics à travers l'espace et le temps.

¹⁷ On retrouve S. Chardonnell, (2005) dans le chapitre 4, d'un ouvrage intitulé : La time-geography : les individus dans le temps et dans l'espace.

L'accessibilité dans l'espace-temps est mesurée sur les individus ayant des caractéristiques différentes, et qui sont localisés indistinctement dans l'espace. Les profils individuels, les proximités spatiales par rapport aux services et les niveaux socio-économiques, sont les principaux facteurs explicatifs obtenus qui influencent la variation de l'accessibilité aux services publics. Cette recherche s'inscrit dans les logiques de la time-geography pour une application dans les transports de fret à l'international, un domaine qui mobilise plusieurs méthodes et modèles de la prévision et de la prospective, mais où l'espace et le temps restent différemment pris en compte.

I.5.2.2. L'espace et le temps dans la modélisation des flux

L'espace occupe une place importante dans les relations entre les territoires du transport de fret. C'est un espace peuplé par des individus localisés dans des unités territoriales ayant des caractéristiques socio-économiques qui les distinguent de leur voisin. Ces individus se déplacent et échangent des produits avec les individus appartenant aux territoires extérieurs à leur sous-territoire d'appartenance. Chaque unité territoriale est définie selon les quatre systèmes jouant un rôle dans les échanges extérieurs. Le système productif industriel, le système de consommation, le système de la logistique et de l'entreposage des produits et le système de transport, qui établissent les liens réticulaires de l'ensemble du système des échanges internationaux de fret.

Les interactions et les interrelations entre ces composantes aboutissent à une classification spatiale des différentes unités territoriales selon le niveau de dynamisme internes et externes dans les échanges avec les voisins proches et éloignés. Les échanges sont soumis à des contraintes spatiales et socio-économiques que nous introduisons dans le modèle par le transport, les systèmes de gestion de la logistique et les distances pour se déplacer d'un point à un autre. La donnée synthétique des relations est obtenue par les potentiels territoriaux explicités dans le second chapitre. Ces potentiels sont issus des différentes structures et dynamiques émergeant entre les quatre systèmes. L'espace est pris en compte dans la modélisation géoprospective comme un espace des relations entre la totalité des éléments qui constituent la base de compréhension des échanges. L'espace tel qu'étudié dans les travaux de la modélisation des flux est un espace qui tente d'établir un rapprochement entre l'espace concret et l'espace abstrait. Les degrés de représentation de l'espace réel diffèrent. Il est soit représenté par des points à l'origine et à la destination des flux, un espace continu ou discontinu articulé par des nœuds, un espace d'interaction entre les agents et les activités, ou un espace mesuré par des coûts économiques de transport.

Parmi les éléments de l'espace, le transport se distingue par ses caractéristiques intrinsèques permettant une liaison par les flux entre deux individus ou deux territoires qui échangent. Les modes de transport s'organisent et s'articulent selon des structures spatiales qui cherchent une

large diminution des coûts de transport et un gain de compétitivité spatiale. Le coût généralisé intégré étend l'évaluation du coût interne de transport vers les coûts relatifs à l'environnement, dits aussi coût externe marginal. Les valeurs du coût de transport sont étudiées ensemble avec les valeurs du temps.

Le temps dans la géoprospective de transport de fret est une seconde dimension qui est liée à l'espace et aux individus (regroupés en entités de l'espace). Le temps est d'abord un temps d'observation de l'évolution des systèmes et des structures spatiales. La dimension temporelle en géoprospective établit une première différenciation dans ses méthodes et techniques d'analyse du futur. Les changements et les dynamiques spatiaux sont évalués à de très longs horizons. Le temps offre la possibilité d'intégrer les facteurs environnementaux d'abord dans les coûts payés par les usagers de transport, ensuite dans les impacts spatiaux sur les populations et les milieux naturels traversés par les flux. Il permet également de délimiter des aires de marché pour chaque mode de transport. Les aires de marché correspondent à l'accessibilité spatiale des individus et des territoires à un produit donné selon les contraintes spatiales et socio-économiques.

Description des objets spatiaux et de leur territoire: Les approches de la modélisation de transport de fret se distinguent d'abord par la description des objets géographiques dans leur espace. Entre un individu humain ou matériel et un individu moyen des approches agrégées, la complexité du transport de fret oblige à définir l'individu qui échange dans son territoire. T. Hâgerstrand (1970) définit la time-geography comme étant « une démarche qui explore les liens entre l'organisation des éléments des systèmes spatiaux à un niveau agrégé et la situation des individus à un niveau local », (cité par Chardonnell et Thévenin, 2012). On comprend d'ores et déjà la dualité dans les mouvements de l'individu entre l'objet seul et l'objet agrégé des systèmes spatiaux.

Notre individu est d'abord appréhendé comme unité spatiale (département et province), avant d'être détaillé par les flux de transport individuellement observés par véhicule et par entreprises de transport ou de la logistique, sous une dimension désagrégée. L'individu désagrégé appartient à un espace bien délimité qui interagit avec les autres espaces. Les espaces d'activités de l'individu sont définis par de nombreux systèmes spatiaux qui entrent en jeu. Ces espaces constituent des champs des possibles des activités des individus et des comportements adoptés dans les choix des destinations et des modes de transport (Tableau 20).

Tableau 20 : Principales interactions spatiales étudiées dans la relation espace-temps

Aspects Géographiques	Observations du modèle	Systèmes et interactions spatiales
Espace (1)	Les individus sont les chargeurs et les transporteurs opérant au niveau local et sous-régional. L'unité est le département dans son territoire d'appartenance.	-Production et consommation entre toutes les unités. -Rôle de la production dans les échanges entre chaque entité et les autres. -Logistique dans l'organisation de la production et de la distribution.
	Chaque département interagit avec d'autres au travers de nombreux systèmes décrits.	Les importations et les exportations par mode de transport, par chaque unité spatiale. Transport comme élément moteur des échanges.
	Les interactions entre l'échelle locale et subrégionale représentent un potentiel interne de compréhension des échanges internationaux.	Interaction entre les potentialités internes et extérieures du commerce international.
Temps (2)	La fonction du coût intègre plusieurs attributs par mode. La matrice OD offre une opportunité d'intégration des contraintes.	La fonction du coût de transport et du temps intègre les coûts marginaux externes dans l'évaluation du coût généralisé.
Espace-Temps (3)	Les individus et les unités spatiales servent pour une comparaison modale et territoriale. L'espace et le temps décrivent bien ces individus d'une manière agrégée ou pas.	Résultats: Les facteurs localisationnels et l'évolution des systèmes logistiques. Accessibilité spatiale à la population et aux systèmes de production offerte par les modes de transport. Introduction de la durabilité dans le partage modal.

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Chaque unité spatiale se distingue des unités voisines et éloignées par un ensemble de systèmes spatiaux qui motivent les individus dans leurs mouvements. De la notion d'objet spatial, nous passons donc à la définition du système spatial. La time-geography décrit les activités obligatoires comme des prismes de surface nulle entre lesquelles la flexibilité est possible selon la taille du prisme, fonction de l'intervalle du temps disponible, de la distance entre les localisations d'activités et des capacités de déplacements (vitesse du mode de transport) (Charles Raux cité dans Banos et al.). Les activités obligatoires composent les différents systèmes dans les interactions et interrelations qui orientent les choix des individus. Ces systèmes seront décrits en détail dans les prochains paragraphes de ce travail à travers les principales variables explicatives et aléatoires du transport international de fret.

Les déplacements et les activités des individus dans cet espace sont mesurés par les distances-temps : Les modes de transport s'organisent et s'articulent selon des structures spatiales qui cherchent une large diminution des coûts de transport et un gain de compétitivité spatiale. Le coût généralisé intégré étend l'évaluation du coût interne de transport vers les coûts relatifs à

l'environnement, dits aussi, coût externe marginal. Les coûts de transport sont obtenus à la fois par les attributs des individus et des territoires à parcourir pour aller d'un lieu d'activités à un autre. Le temps mis par les individus n'est pas un temps continu dans l'espace. C'est un temps qui varie en fonction de la rugosité et de la topologie des réseaux de transport. L'individu est contraint par plusieurs aspects socio-économiques et organisationnels de l'espace. La time-geography identifie les contraintes spatio-temporelles qui émaillent les trajectoires individuelles pour quitter un lieu vers un autre lieu. Certaines sont directement attribuées aux profils des individus mêmes. D'autres sont liées à l'espace qu'ils parcourent. Et d'autres encore sont des contraintes externes mais qui jouent un rôle dans leur temps de déplacement. Ce sont les contraintes de capacité, de conjonction et de pouvoir, (Chardonnel 2005). Nous introduisons dans le temps de transport, les facteurs environnementaux des pollutions et nuisances liées aux flux de transport, comme l'une des contraintes à la fois spatiales et externes.

I.6. Méthodologie générale de l'évaluation des coûts internes de transport

Les coûts internes de transport représentent l'ensemble des frais payés par les transporteurs routiers ou les armateurs pour effectuer un trajet entre une origine et une destination. Les principaux coûts concernés sont (Tableau 21) :

Energie et consommation de carburant : Les consommations sont d'abord évaluées selon les coûts de trajet payés selon les coûts unitaires et, ensuite, ils sont ramenés au coût unitaire moyen par unité de distance exprimée en tonne-kilomètre.

Les coûts des salaires des conducteurs : Ces coûts sont évalués différemment selon qu'il s'agit du transport routier ou par les AdM. Le salaire est enregistré sur le nombre d'heures de conduite sur l'ensemble du trajet depuis l'origine jusqu'à la destination. Le temps de trajet inclut également le temps de repos qui est estimé à peu près à 45 minutes toutes les 4h 30' de conduite.

Maintenance et réparation des véhicules : La maintenance et les services de réparation sont mesurés sur les coûts de services et de maintenance dans les conditions normales de fonctionnement d'un véhicule et, les coûts de remplacement des pneumatiques.

Les coûts des taxes routiers : Les charges routières se rapportent aux frais routiers et aux coûts d'infrastructure qui sont directement payés pendant le trajet.

Les opérations de chargements et de déchargements : Ces opérations disposent d'un coût selon le type de produit et les quantités de biens. Chaque variable est ainsi testée selon les préférences exprimées par les usagers. Les tests sont effectués pour vérifier le temps ou les coûts additionnels qu'un usager peut volontairement payer à la suite d'une amélioration d'un service. Les variables discrètes les plus communément utilisées dans les méthodes de

préférence déclarées sont les valeurs de temps et des coûts de transport, la fréquence dans les départs et les arrivées ainsi que la fiabilité des services modaux.

Tableau 21: Résumé des coûts internes pour le transport routier et les AdM

Transport costs	Road costs	MoS cost	Authors and studies
Mean internal cost	0.534€/km	0.696€/tkm	
Maintenance and reparation cost	0.071 €/km	0.0034 €/tonn/km	CNR (2012)
Fuel (Kilometric cost)	0.365 €/km		CNR (2012)
Pneumatic (Kilometric cost)	0.026 €/km		CNR (2012)
Road fees (Kilometric cost)	0.072 €/km		CNR (2012)
Fuel consumption (100 km)	33.9 L		CNR (2012)
Average cost/km	0.534€/tkm	0.696€/tkm	Author elaboration through CNR (2012) and multiple sources.

Source: Elaboré à partir de CNR (2012) et de F. Reffet et al. (2008), J. Ndayishimiye, (2013).

Les coûts par véhicule avec ou sans remorque de plus de 40 tonnes, sont établis d'une façon hypothétique en référence aux tarifs existant sur les lignes maritimes opérationnelles. Les conducteurs accompagnant leur véhicule pendant les traversées maritimes payent des coûts de voyage à bord, qui varient selon les distances de trajet pour chaque personne. La ligne opérationnelle entre Genova et Barcelone est la référence pour la fixation et la calibration des coûts sur les arcs du réseau des AdM. La distance moyenne de cette liaison est estimée à 708,99 km. Les coûts d'infrastructure et de maintenance des navires sont à peu près équivalents à 0.0034 euro par tonne par km. La moyenne des coûts externes de l'AdM est estimée à 0.0063 euro par tonne par km.

I.7. Evaluation et monétisation des impacts environnementaux du transport routier et des AdM

Les coûts externes marginaux sont évalués à partir des pollutions et des impacts environnementaux suivants (Tableau 22) :

Les coûts de la congestion : Le ralentissement, les trajets fluides des véhicules avant d'atteindre un obstacle, des stops brusques, etc., provoquent un surcoût pour les transporteurs

et les expéditeurs. Ces temps sont estimés sur la base de l'excès de temps mis par rapport à la situation de trafic normal.

Tableau 22: Résumé des coûts externes marginaux du transport routier et des AdM.

External costs	Road costs	MoS costs	Authors and studies
Air pollution	8.4 €/1,000t-km, 18,2 mECU/t-km, 4.70€/Veh.km, 0.0089€/tkm	5.4€/1,000tkm, 9,8mECU/t-km (sea river), 0.0056€/tkm	Essen et Al. 2011, Jourquin, 2004, Janic and Veuglel, 2012, Wolf et Al., 2010
Congestion	31.13€/1,000t-km, 23 mECU/t-km, 0.17€/Veh.km, 0.0113€/tkm	-	Essen et Al. 2011, Jourquin, 2004, Janic and Veuglel, 2012, Wolf et Al., 2010
Noise	2.5 €/1,000t-km, 6,6 mECU/t-km, 0.18€/Veh.km, 0.0028€/tkm	-	Essen et Al. 2011, Jourquin, 2004, Janic and Veuglel, 2012, Wolf et Al., 2010
Incident/Accident	17€/1,000tkm, 12,95mECU/t-km, 0.30€/Veh.km, 0.0043€/tkm	-	Essen et Al. 2011, Jourquin, 2004, Janic and Veuglel, 2012, Wolf et Al., 2010
Infrastructures	0.0043€/tkm	0.0034€/tkm	Wolf et Al., 2010
Others external costs	3.1€/1,000tkm, 51,043 mECU/Charged Veh./km	0.9€/1,000tkm, 0.0034€/tkm for infrastructure cost	Essen et Al., 2011, Jourquin, 2004, Janic and Veuglel, 2012, Wolf et Al., 2010
Average cost/Veh/km	0.18€/tkm	0.0063€/tkm	Author elaboration through all the detailed costs.

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Les pollutions sonores : B. Jourquin (2004) utilise deux méthodes d'évaluation des coûts du bruit. La première approche consiste à effectuer une analyse statistique du coût payé selon les caractéristiques d'habitation et le niveau d'exposition aux bruits. La seconde approche est l'analyse statistique des mêmes loyers sur l'expansion en visant la réduction du bruit perçu. Comme d'autres types de problèmes causés par le transport de fret, les montants sont donc évalués par les flux de trafic observés (exprimés en tonne-km).

Les coûts accidents et incidents: La méthodologie d'évaluation des coûts externes du transport routier rapporte le nombre des accidents sur le trafic routier enregistré sur les trajets, en fonction des flux de transport de marchandises comptabilisés au cours de cette même période (exprimés en tonne-km).

La pollution de l'air : Les types de polluants de l'air les plus étudiés dans le transport de fret sont les micro-particules (PM10), les monoxydes de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx),

le dioxyde de soufre (SO₂), et les composés volatiles organiques (VOC). Les méthodes développées sont désignées pour mesurer les effets de polluants sur le nombre d'accidents par rapport à leur concentration dans l'atmosphère comme leur détérioration de la couche d'ozone. L'impact sur les ressources naturelles et l'environnement est également pris en compte. La quantification des émissions de polluants par tonne par véhicule est établie en fonction des quantités du carburant consommé, de la vitesse, du type de véhicule et de la moyenne des émissions de polluants.

I.8. La modélisation spatiale des flux de transport de fret en méditerranée : Choix du modèle

I.8.1. La description du modèle de flux de fret

Le modèle gravitaire utilisé est un modèle à double contrainte à l'origine α_i et à la destination β_j . Ce modèle gravitaire est très adéquat dans le commerce international entre deux zones qui échangent. Nous avons d'un côté l'origine O_i , et de l'autre, la destination D_j . Il y a commerce international quand il y a une demande exprimée à une destination qui dépend de l'offre à l'origine. Le trafic conséquent est constraint par les facteurs internes mais aussi par d'autres types de facteurs extérieurs aux deux zones.

$$T_{ij} = \alpha_i O_i \beta_j D_j f(d_{ij}) \quad \text{Double contrainte}$$

T_{ij} Flux observés entre i et j

O_i Origine des flux

D_j Destination des flux

α_i Contrainte à l'origine O_i

β_j Contrainte à la destination de D_j

$f(d_{ij})$ est la fonction de distance

La fonction de la distance $f(d_{ij})$ donne la possibilité d'implémentation des coûts et des temps de transport dans le modèle. Ces distances introduisent l'usage des coûts de transport dépensés pour livrer une quantité de biens depuis une origine jusqu'à sa destination finale. Ce coût est évalué sur l'ensemble du réseau par la recherche du plus court chemin. L'algorithme utilisé dans notre modèle gravitaire est l'algorithme de Dijkstra. Cet algorithme calcule, répétitivement, le chemin le moins cher et le plus rapide entre un point d'origine et un point de destination, en utilisant les coûts ou les poids affectés à chaque segment du réseau. L'algorithme de Dijkstra est bien adapté pour le transport intermodal par la possibilité qu'il offre d'intégrer les différents coûts sur le réseau multimodal et de comparaison des différents modes de transport. Les poids à l'origine comme à la destination ont été évalués par les

Potentiels Globaux (PGI et PGE) développés dans le chapitre précédent. Le modèle gravitaire permet d'intégrer ces poids aux origines O_i et aux destinations D_j, par une fonction des distances.

I.8.2. Les formules d'affectation des coûts de transport sur le transport maritime et terrestre

Les coûts de transport sont affectés différemment, qu'il s'agisse du transport routier ou du transport intermodal. La formule ci-après a été utilisée dans le choix modal pour comparer les flux à l'origine E_i aux flux à la destination I_j.

$$T_{ij} \text{ (Route/AdM)} = K \alpha_i E_i * \beta_j I_j f(C L_{ij} / S.veh.) \quad (1)$$

Où:

T_{ij} (Route/AdM) est le flux de trafic pour un transport modal entre i et j

E_i i Flux à l'origine de l'exportation (tonnes)

I_j j Flux de destination à l'importation (tonnes)

C Coût unitaire de transport pour la route ou l'AdM (euro/heure)

L_{ij} est la distance physique (km)

S. vitesse d'un véhicule, navire ou camion (km/h)

α_i contrainte à l'origine de E_i exportation

β_j contrainte à la destination de I_j importation

K est le paramètre de proportionnalité entre T_{ij} observés et T'_{ij} estimatés par mode

Dans cette formule les trois typologies de coût de transport ont été utilisées : Les coûts internes de transport, les coûts généralisés et les coûts environnementaux avec ou sans réduction des frais payés par les transporteurs routiers.

$$\alpha_i = \frac{I_j \times f(C_{ij})}{E_i \times f(C_{ij})} \quad (2)$$

$$\beta_j = \frac{E_i \times f(C_{ij})}{I_j \times f(C_{ij})} \quad (3)$$

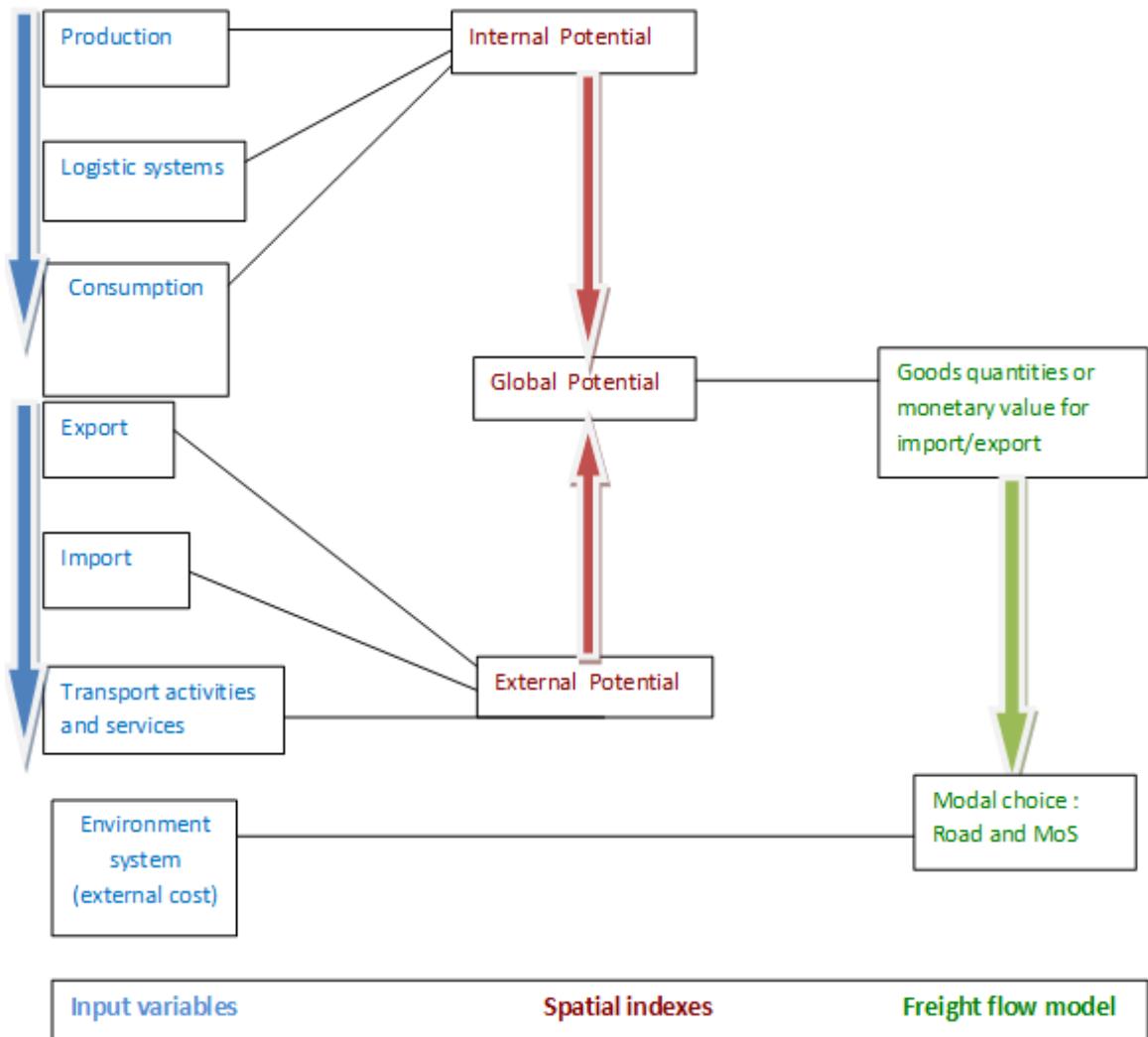
Le paramètre k établit la proportionnalité entre les flux T_{ij} actuellement observés et les flux simulés T'_{ij}. Une fois que les coûts de transport sont calibrés, nous évaluons les coefficients α_i et β_j qui sont établis comme contraintes à l'origine et à la destination des flux. Ces coefficients permettent de calibrer les coûts de transport par la méthode de calibration itérative pour tous les points de l'aire d'étude. Ces coefficients établissent un équilibre entre

les résultats du modèle en fonction des données observées. α_i et β_j sont définitivement fixés après plusieurs itérations par la méthode de furness. L’itération par la méthode de furness consiste à effectuer des calculs successifs de α_i et β_j en utilisant les sommes marginales aux lignes E_i et les sommes marginales aux colonnes I_j de la matrice OD (formules précédentes, 2 et 3).

I.8.3. Les quantités de marchandises importées et exportées par voie routière

La situation générale des flux de trafic a été représentée par des quantités annuelles échangées entre les trois pays. La figure 59 montre la méthodologie générale utilisée pour passer de l’étape de l’évaluation des potentiels spatiaux à l’étape de l’évaluation du choix et du transfert modal.

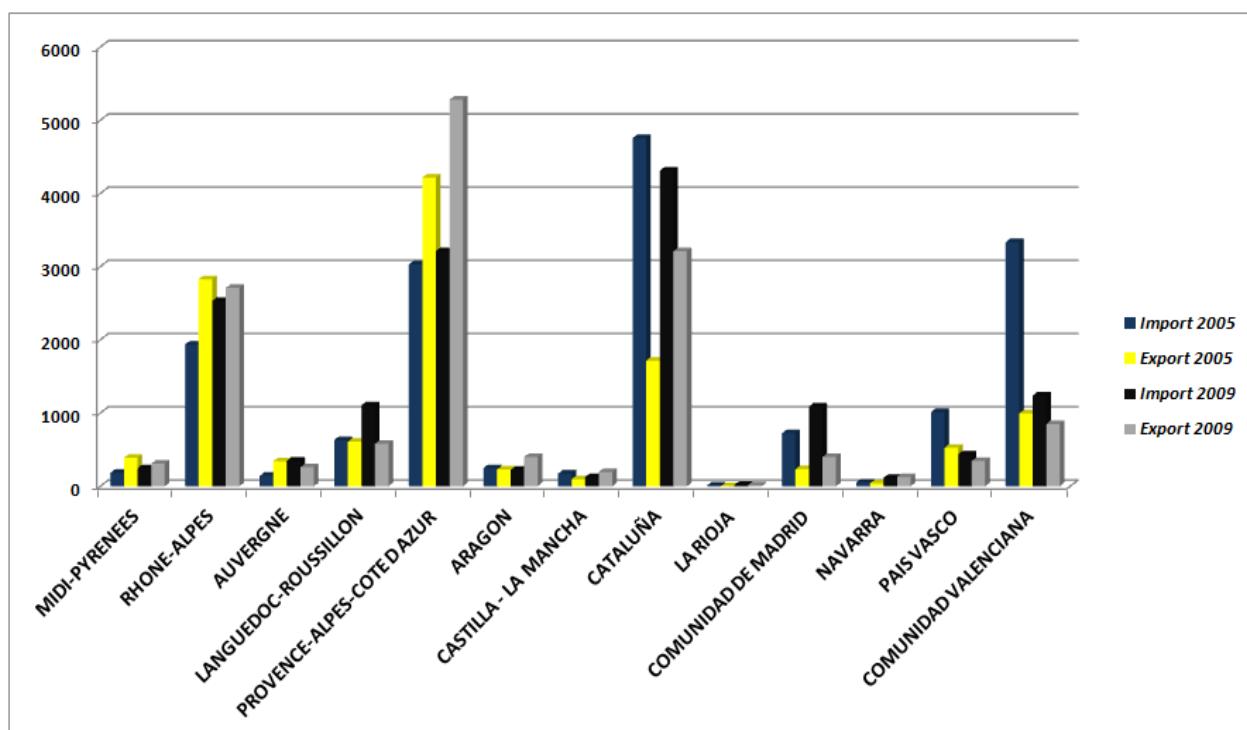
Figure 59 : Principales variables et architecture du modèle d’évaluation des potentiels territoriaux dans la modélisation du choix modal



Source : J. Ndayishimiye, (2014).

La figure 60 exprime l'évolution du tonnage importé et exporté en 2005 et en 2009. En Espagne, la région Catalane, Madrid et Valencia sont les principaux exportateurs et importateurs de biens vers l'ensemble des pays européens. En France, Rhône-Alpes et la région PACA sont deux principaux exportateurs et importateurs de biens vers l'Italie. Ces données vont servir pour mesurer le choix et le transfert modal de la route vers les AdM

Figure 60: Les importations et les exportations françaises et espagnoles vers l'Italie pour les années 2005 et 2009 (exprimées en milliers de tonnes)



Source : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>

Dans l'ensemble des années observées, les quantités de biens régionaux enregistrées culminent entre 1000 et 5000 milliers de tonnes. Dans ce cas, nous sommes en face d'un très grand transport routier international et, par conséquent, un très important marché de choix modal des AdM. Les marchés faibles du transport routier sont observés avec des quantités variant entre 0 et 500 milliers de tonnes. Dans ce dernier cas, le transport maritime ou les autres modes alternatifs sont plus influencés par les facteurs de distances que des quantités. Pour l'ensemble des marchés routiers à l'importation comme à l'exportation, ces quantités sont introduites dans les simulations sous forme de poids d'échanges internationaux pour évaluer le choix et le transfert modal par comparaison aux marchés des AdM.

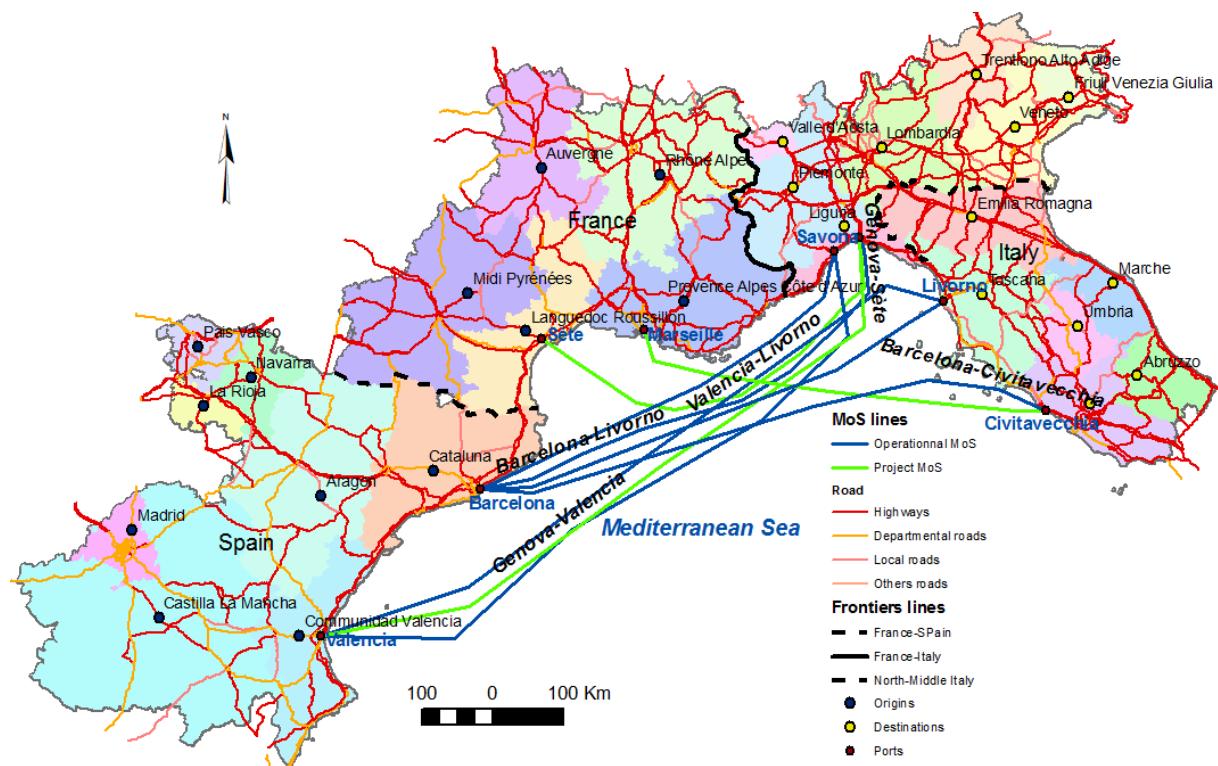
I.8.4. Les lignes d'AdM opérationnelles et en projet : Quels scénarios pour quelle croissance ?

La figure 61 montre la localisation des centres régionaux qui seront pris comme origines et destinations des flux. Depuis l'Espagne et la France vers l'Italie, le territoire étudié a été subdivisé en quatre zones partagées par la frontière franco-italienne. Chaque partie dispose de deux macro-régions.

Les deux premières macro-régions sont composées par les régions suivantes subdivisées par la frontière franco-espagnole: Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côtes-d'Azur, Midi-Pyrénées, Auvergne, Rhône-Alpes, Aragon, Castille-la-manche, La Rioja, Communauté de Madrid, Navarra, Pays-Basque, Communauté de Valence et Catalogne.

En Italie, les deux macro-régions sont composées par les régions suivantes: Emilie-Romagne, Ligurie, Toscane, Latium, Abruzze, Marche, Ombrie, Piemont, Vallée d'Aoste, Lombardie, Trentin-haut -Adige, Vénétie et Frioul-Vénétie-Giulia.

Figure 61 : Les lignes d'AdM opérationnelles et futures dans l'ensemble de l'offre des infrastructures de transport.



La modélisation porte sur treize régions à l'origine et treize régions à la destination. Dans les deux directions, 169 routes vont être étudiées aux niveaux des coûts de transport, des temps de transport et de l'impact spatio-environnemental.

Les lignes maritimes prises en compte dans ce modèle sont identifiées sur la base des flux existants, mais aussi par rapport aux coûts environnementaux évités par l'accroissement de l'usage du transport intermodal. Une ligne est proposée sous la base des avantages économiques et environnementaux qu'elle représente dans la réduction des flux de transport de fret. La figure 61 distingue les lignes d'AdM opérationnelles (en couleur bleue) et les lignes proposées (en couleur verte).

I.8.4.1. Premier scénario basé sur la tendance de l'existant.

Les deux scénarios du modèle se distinguent d'abord par les facteurs socio-économiques et spatiaux qui sont à la base des dynamiques diverses. Cette dynamique s'accompagne dans le second scénario par une ouverture de nouvelles lignes d'AdM qui viennent étoffer le réseau du transport intermodal existant (premier scénario).

Le premier scenario prend en considération toutes les lignes opérationnelles (figure 61):

Valencia - Livourne (opérationnelle)

Barcelona - Genova (opérationnelle)

Barcelona - Livourne (opérationnelle)

Valencia - Savona (opérationnelle)

Barcelona - Savona (opérationnelle)

Barcelona - Civitavecchia (opérationnelle)

Le premier scénario garde les tendances actuelles et les lignes opérationnelles. La croissance des échanges est testée uniquement par la croissance économique des marchés. Ce scénario essaie de montrer l'extension spatiale des dynamiques d'échanges en cas du maintien des tendances observées entre les années 1999 et 2009 (voir le diagnostic effectué dans le second chapitre). Ce scénario sera appliqué pour montrer la poursuite des tendances spatiales observées au cours des années 1999 à 2009. Trois situations de croissance économique et des activités spatiales seront appliquées (tableau 23):

1.1 : Une très faible croissance des dynamiques spatiales maintenue à 0% ;

1.2 : Une croissance moyenne annuelle de 2% des échanges ;

1.3 :Une croissance haute annuelle de 5% des échanges ;

I.8.4.2. Second scénario de croissance économique.

Dans le scénario futur les trois principales lignes proposées ont été choisies pour renforcer les lignes existantes (figure 61):

Genova - Valencia (en projet)

Genova - Sète (en projet)

Marseille - Civitavecchia (en projet)

Premier scénario	Période de référence du diagnostic	Typologies des coûts de transport appliqués	Lignes maritimes	Classification de scénarios
1.1	Diagnostic établi entre 1999 et 2009. Potentiel global montrant l'évolution des variables socio-économiques et spatiales.	-Coûts internes de transport ; -Coûts intégrant les externalités environnementales ; -Coûts intégrant les externalités environnementales plus les subventions.	Opérationnelles	Scénario de l'existant à croissance 0.
1.2	Idem pour la même période 1999-2009	Idem	Idem	Scénario de l'existant à croissance de 2%
1.3	Idem pour la même période 1999-2009	Idem	Idem	Scénario de l'existant à croissance de 5%
Second scénario				
2.1	Idem pour la même période 1999-2009	Idem	Opérationnelles et projetées	Scénario volontariste à croissance 0.
2.2	Idem pour la même période 1999-2009	Idem	Idem	Scénario volontariste à croissance de 2%
2.3	Idem pour la même période 1999-2009	Idem	Idem	Scénario volontariste à croissance de 5%

Tableau 23: Tableau récapitulatif des différents scénarios retenus pour la modélisation

Le choix de ces nouvelles lignes est fait par leur importance dans le transfert modal de la route vers la mer pour la totalité des flux routiers le long de la côte méditerranéenne. Les deux nouvelles lignes du sud de la France vers l'Italie sont proposées à partir d'un projet entre les ports de Sète et de Gênes mais aussi de la localisation des marchés entre les deux pays.

Le second scénario est construit à base d'une politique volontariste visant à protéger les territoires traversés par les flux de transport routier contre les risques de pollution environnementale. Ce scénario vise un transfert d'une grande partie des véhicules vers le mode de transport maritime. Un maillage complet des dessertes territoriales et une extension des services d'AdM en dehors des régions situées dans la proximité des espaces portuaires.

Ce second stipule que l'ouverture de nouvelles lignes d'AdM se fasse à partir des tendances observées entre les années 1999 à 2009, où les différents armateurs procèdent à la création de lignes chaque fois que les marchés routiers enregistrent une hausse économique importante. Le choix et l'emplacement des ports de départ se réfèrent à la tendance de croissance des potentiels globaux observés dans le second chapitre.

Les nouvelles lignes s'intègrent dans une dynamique des réseaux de transport actuels et jouent un rôle important dans le désengorgement des axes routiers souvent congestionnés. Le second scénario sera aussi subdivisé en trois variantes pour permettre d'effectuer des comparaisons spatiales avec le premier scénario :

- 2.1 : Une très faible croissance des dynamiques spatiales maintenue à 0% ;
- 2.2 : Une croissance moyenne annuelle de 2% des échanges ;
- 2.3 : Une croissance haute annuelle de 5% des échanges ;

1.8.5 L'évaluation des temps de transport

Les vitesses sur le réseau de transport se réfèrent aux mesures d'accessibilité des villes-port dans les travaux de L. Chapelon (2006). Le réseau de transport est divisé en cinq principales catégories dans lesquelles nous ajoutons la vitesse du transport par Ro-Ro (Roll-on Roll-off). Les vitesses routières retenues sont les suivantes :

Transport routier :

- Les Autoroutes et les voies rapides: 75km/heure
- Routes principales ou routes régionales avec chaussée séparée et une connection régionale avec 3 ou 4 voies ou 2 voies larges: 65km/heure
- Routes principales ou régionales avec deux voies standards, avec une largeur de]5m, 7m]:

40km/heure

- Routes de desserte locale avec une ou deux voies d'une emprise supérieure ou égale à 5m :

30km/heure

Transport par AdM :

La vitesse moyenne assignée aux AdM est de 38 km/heure soit 20 noeuds (un nœud étant égal à 1.852km).

Toutes ces vitesses sont appliquées sur les deux principaux modes de transport comparés dans cette recherche : Le transport routier (par camion remorques ou semi-remorques d'une capacité de 30 tonnes et plus) et le transport par les AdM (accompagné ou non par les conducteurs, avec des navires pouvant transporter jusqu'à 150 véhicules lourds).

- Le temps de repos des conducteurs est estimé à 45 minutes toutes les 4 h 30' de conduite. Le repos journalier est après 9 heures de conduite. L'origine ou la destination des flux dans les pré et post acheminements sont favorables aux AdM si les distances aux ports sont inférieures à ce temps moyen de 4h30' avant le repos des conducteurs. Dans les autres cas, un repos obligatoire de 45 minutes est requis pour un conducteur unique (unaccompanied). (Chapelon 2006)

Le temps de traversée maritime signifie pour les conducteurs un temps d'attente en dehors de l'activité de conduite qui est comptabilisé dans leur salaire. Cette situation diffère dans le cas du transport intermodal où un conducteur travaille à partir d'un seul hinterland portuaire, soit en déposant un véhicule pour l'embarquement ou en retournant avec un autre véhicule déchargé par le navire. Le véhicule déposé voyage seul et il est repris par un autre conducteur au port de débarquement jusqu'à ses destinations finales. Les deux types d'intermodalité sont très différents, aussi bien pour les temps de conduite que pour la gestion de la chaîne des transports.

-Les opérations portuaires de chargements et de déchargements des véhicules à partir des navires ou vers les navires : Ces opérations prennent au maximum une à deux heures. Ce temps correspond au temps d'accéder dans le bateau en passant par une rampe mobile reliant les quais des terminaux spécialisés dans le chargement et le déchargement des bateaux Ro-Ro. Les véhicules sont soit des camions, des semi-remorques, des remorques dans le cas d'accompagnement des véhicules, ou soit, la traction des semi-remorques dans le cas où ils ne sont pas accompagnés par leurs conducteurs. Ce temps inclut également le temps d'attente sur les terminaux avant le début des opérations de chargement (une demi-heure en moyenne, (A-M.Lopez et al., 2013)). L'avantage du transport maritime est lié au fait que ce temps soit adapté aux horaires d'arrivée et de départ des navires. Nous prenons en considération un

minimum de temps estimé à une demi-heure pour l'attente sur les terminaux avant l'embarquement.

Le chargement et le déchargement de la marchandise dans les camions est une opération qui se déroule sur les points d'origine et de destination finale des flux. Ce temps dépend de la nature des biens, de leur quantité, du mode de conditionnement des produits et des matières utilisées. Pour charger ou décharger un véhicule d'une capacité de 30 tonnes, un temps moyen d'une heure est requis.

I.8.6 Les fréquences des navires dans les ports d'origine et de destination

L'information sur la fréquence à l'arrivée comme au départ des navires Ro-Ro est introduite en utilisant les valeurs moyennes des Potentiels Globaux équivalents aux tonnages totals transportés par véhicule et par bateaux. La capacité d'un navire prise en compte ici est au maximum de 150 véhicules. Avec un taux de chargement moyen de 75% soit l'équivalent de 107 véhicules chargés (soit 23 tonnes/véhicules). Les données sont alors ventilées sur différents trajets et différentes périodes de temps. Il est également possible à partir de ces quantités moyennes de déterminer les fréquences et les compétitivités sur les marchés par rapport au mode de transport routier et ferroviaire, comme proposé dans le tableau suivant.

Les services de navires ont été simulés sur la base des fréquences hebdomadaires enregistrées dans chaque port (Tableau 24). Pour les nouvelles lignes proposées les fréquences ont été fixées par défaut par deux sorties et deux entrées par port.

Tableau 24: Fréquences des navires dans les départs et les arrivées.

PORTS	valencia	barcellona	sete	marsiglia (fos)	savona	genova	livorno	civitavecchia
valencia	/				grimaldi (3 dep. For week)	(2 dep. For week)	grimaldi (3 dep. For week)	
barcellona		/			grimaldi (3 dep. For week)	gnv (2 dep. For week) / messina (1 dep. each 2 weeks)	grimaldi (4 dep. For week)	grimaldi (6 dep. For week)
sete			/			(2 dep. For week)		
marsiglia (fos)				/				(2 dep. For week)
savona	grimaldi (3 dep. For week)	grimaldi (3 dep. For week)			/			
genova	(2 dep. For week)	gnv (2 dep. For week) / messina (1 dep. each 2 weeks)	(2 dep. For week)			/		
livorno	grimaldi (3 dep. For week)	grimaldi (4 dep. For week)					/	
civitavecchia		grimaldi (6 dep. For week)		(2 dep. For week)				/

Couleur jaune : lignes opérationnelles. Couleur verte : nouvelles lignes proposées.

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

I.8.7 Les coûts moyens de transport par Ro-Ro

Le prix de véhicule avec ou sans remorque de plus de 23 tonnes, a été établi d'une façon hypothétique sur les tarifs existants des lignes opérationnelles. Les conducteurs accompagnant leur véhicule sur le navire payent le coût de traversée maritime, qui varie selon les distances par conducteur. Les coûts de la maintenance et de l'exploitation des navires estimés à 0.0034 euro/tonne/km. La moyenne des coûts externes marginaux de l'AdM est estimée à 0.0063 euro/tonne/km. Ces coûts sont ajoutés sur les coûts des temps d'attente sur les terminaux portuaires, les coûts de chargement/déchargement et les coûts des opérations portuaires.

Frais portuaires hypothétiques de référence pour un véhicule chargé :

Port de Genoa- Port de Sète: 550 euro / Coût total

Port de Marseille- Port de Genoa: 500 euro / Coût total

Port de Toulon -Port de Civitavecchia: 600 euro / Coût total

Port de Genoa-Port de Barcelona: 1400 euro/ Coût total

Coût total: Frais et taxes portuaires, Droit de port, Opérations de chargement\déchargement, coûts de transport, coûts de conduite, coût de sécurité, etc.

(Source: Siteweb des opérateurs portuaires et des lignes d'AdM).

Section II. Application du modèle sur les flux internationaux de fret

II.1. Modélisation du choix modal entre le transport routier et les AdM : Méthodologie de simulation du choix modal

Dans ce chapitre, la méthodologie adoptée est basée sur le choix et le partage modal pour chaque zone émettrice et réceptrice des flux de transport. Les flux sont étudiés selon leur direction et les valeurs obtenues entre une origine et une destination finale pour chaque ligne. Comme nous l'avions mentionné dans les paragraphes précédents, la simulation a été faite entre 13 régions à l'origine et 13 régions à la destination. Les résultats sont exprimés sous formes des matrices OD (Origine/Destination) des coûts de transport.

Nous décrivons ces résultats, tout d'abord sur l'ensemble du territoire d'étude, puis, plus en détail pour chaque région. L'échelle régionale est prise ici en référence pour l'analyse du partage modal. Les quantités de biens importées et exportées par chaque unité spatiale sont remplacées par les Potentiels Globaux obtenus dans le second chapitre en référence aux données de 2005 et 2009 (Figures 63 et 64). Les valeurs de ces potentiels vont nous permettre

d'intégrer tous les facteurs explicatifs de l'évolution des flux internationaux de marchandises. Au lieu d'utiliser les quantités de tonnage importées et/ou exportées qui ne traduisent que l'aboutissement final de l'ensemble des variables explicatives, les potentiels globaux à l'importation et à l'exportation incluent d'une façon plus ou moins complète les variables de la production, de la consommation, de la logistique, des transports ainsi que d'autres variables externes.

Pour la partie des émissions des flux de fret situés en France et en Espagne, les régions suivantes disposent des potentiels globaux très élevés : La Communauté de Madrid, La Catalogne, Provence-Alpes-Côtes-d'Azur et Rhône-Alpes. Pour les flux d'import-export italiens, les régions suivantes enregistrent des potentiels très élevés : Emilie-Romagne, Latium, Ligurie, Piemont, Lombardie et Toscane. Les valeurs des potentiels trouvées dans ces régions sont plus élevées aussi bien dans les importations que dans les exportations de marchandises vers les autres territoires (Figures 63 et 64). La méthodologie générale utilisée (Figure 64) au cours de cette recherche détecte d'abord les interactions et les relations entre les variables, avant de les croiser et d'en tirer un potentiel global des échanges internationaux de fret.

La figure 62 est un schéma causal de la modélisation géo-prospective développée pour comprendre le système du transport international de fret et des systèmes logistiques. Cette figure montre un cheminement complexe du modèle entre l'attribution des potentiels globaux aux territoires (chapitre 2), sans distinction de modes de transport, puis, une séparation des parts de marchés revenant au transport durable par AdM (chapitre 3), et enfin, une analyse spatiale et géo-prospective des impacts des échanges de fret sur les recompositions et les restructurations spatiales (chapitre 4).

Interactions spatiales et potentiel (Chapitre II)

Figure 62 : Schéma causal de la modélisation géo-prospective

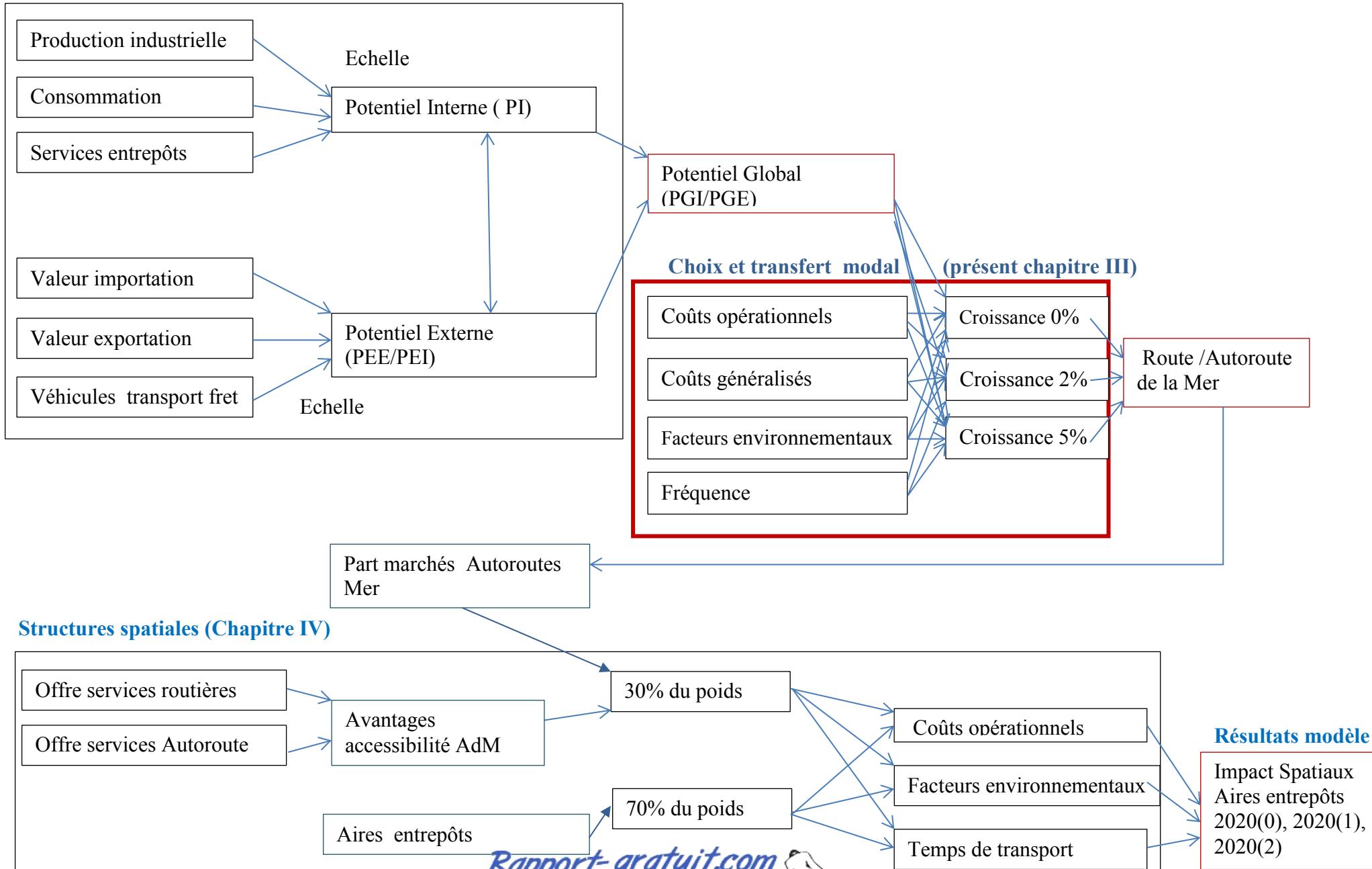
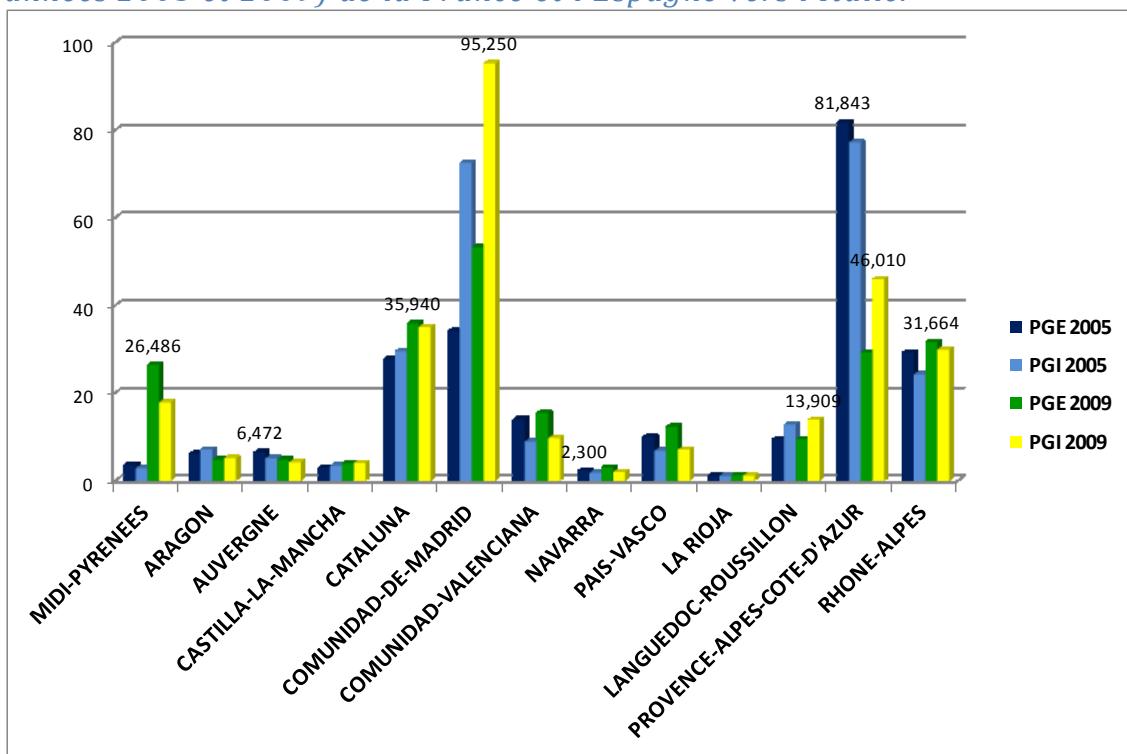
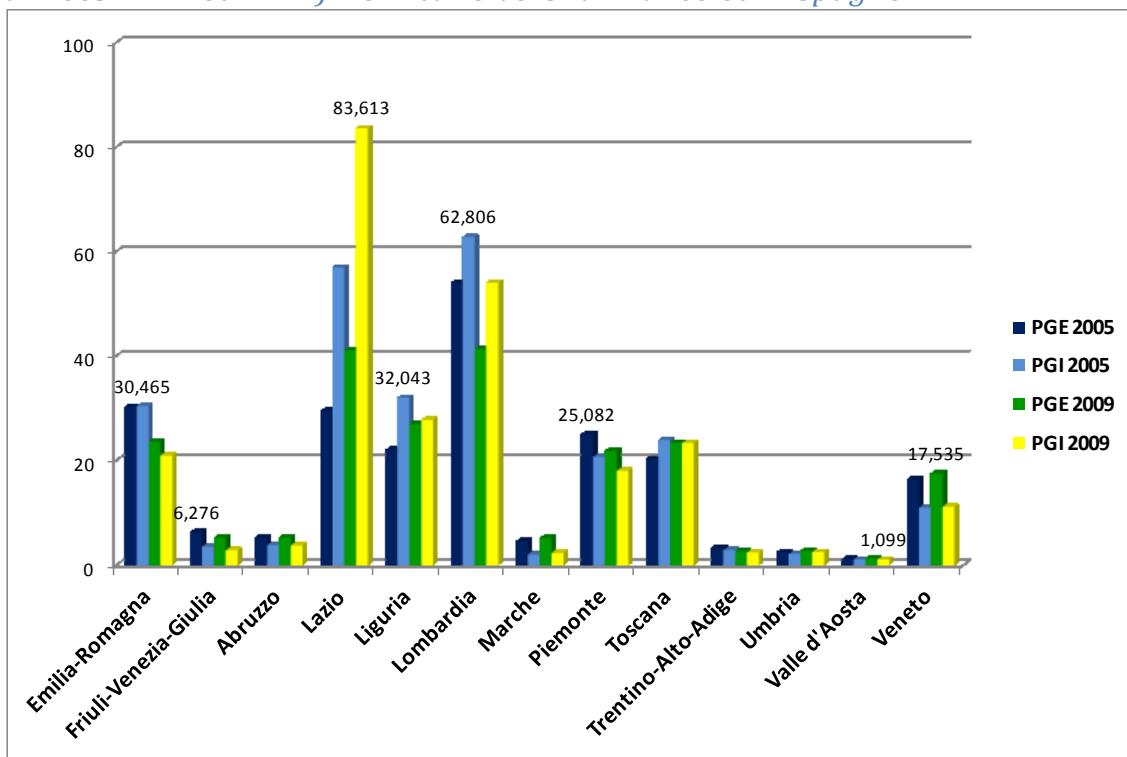


Figure 63: Les potentiels globaux à l'importation et à l'exportation (pour les années 2005 et 2009) de la France et l'Espagne vers l'Italie.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 64: Les potentiels globaux à l'importation et à l'exportation (pour les années 2005 et 2009) De l'Italie vers la France et l'Espagne.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

La chute des valeurs remarquables sur les figures 63 et 64, pour l'année 2009, est liée à une diminution des échanges internationaux de fret, qui avait commencé vers les années 2007 et 2008. Actuellement, les chiffres de ces cinq dernières années confirment le retour du niveau de 2005 et même son dépassement dans le domaine du commerce extérieur. Les disparités observées entre les chiffres réels, soit des activités de production industrielle, ou soit du commerce international, sont liées à une évolution opposée des valeurs des différentes variables utilisées pour l'évaluation du potentiel. Il peut s'agir, à titre d'exemple, d'une diminution des emplois industriels, indépendamment de l'augmentation des valeurs d'importation ou d'exportation.

II.2 Le résultat global de la modélisation

Dans cette section, nous présentons les résultats généraux obtenus après la simulation des flux de fret sur la base des Potentiels Globaux obtenus dans la première partie. Nous subdivisons l'analyse à travers trois catégories de coûts de transport et trois scénarios pour chacune. Ce résultat général est la somme de l'ensemble des flux de transport pour tout le territoire d'étude. Le marché du partage modal entre le transport routier et les AdM est exprimé ici par les coûts de transport pour un mode de transport par rapport à l'ensemble des modes étudiés. La méthode utilisée est la somme des résultats macro-régionaux par mode, par année et par typologie de coûts exprimés dans les pourcentages en référence à la somme de deux modes.

Pour le scénario 2020 (1), le partage des marchés –par les coûts internes marginaux- varie entre 1,40% et 6,70% pour les AdM. Tandis que pour le transport routier, le coût interne enregistre de très hauts pourcentages du marché avec 93,30% et 98,60%. Le transport routier reste dans ce cas très avantageux par rapport aux AdM. Avec les nouvelles lignes proposées dans le scenario 2020(2), l'impact du choix modal pour les AdM s'accroît de 4,35% à 7,82% pour les flux français et espagnols, et de 5,73% à 7,16% pour les flux italiens (Tableau 25 ou figure 67 et tableau 26 ou figure 68).

La réduction des marchés du transport routier avec l'application des politiques des coûts intégrés généralisés et environnementaux est obtenue à travers l'accroissement des coûts routiers. L'impact direct sur les AdM est la réduction des coûts comparativement au transport routier, et par conséquent, l'accroissement des marchés des AdM.

Tableau 25: Partage modal entre les transports routiers et les AdM évalué par différentes typologies de coût de transport : Pour les flux de direction France et Espagne vers l'Italie (Exportations)

Flux Français et Espagnols	Route 1			AdM 1		
Typologie de coûts	2020(0)	2020 (1)	2020 (2)	2020(0)	2020 (1)	2020 (2)
Coût interne	98,60	93,38	93,30	1,40	6,62	6,70
Coût généralisé	98,09	90,87	90,76	1,91	9,13	9,24
Coût environnemental	97,53	88,18	88,06	2,47	11,82	11,94

Flux Français et Espagnols	Route 2			AdM 2		
Typologie de coûts	2020(0)	2020 (1)	2020 (2)	2020(0)	2020 (1)	2020 (2)
Coût interne	95,65	92,27	92,18	4,35	7,73	7,82
Coût généralisé	94,52	89,37	89,25	5,48	10,63	10,75
Coût environnemental	92,94	86,33	86,20	7,06	13,67	13,80

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

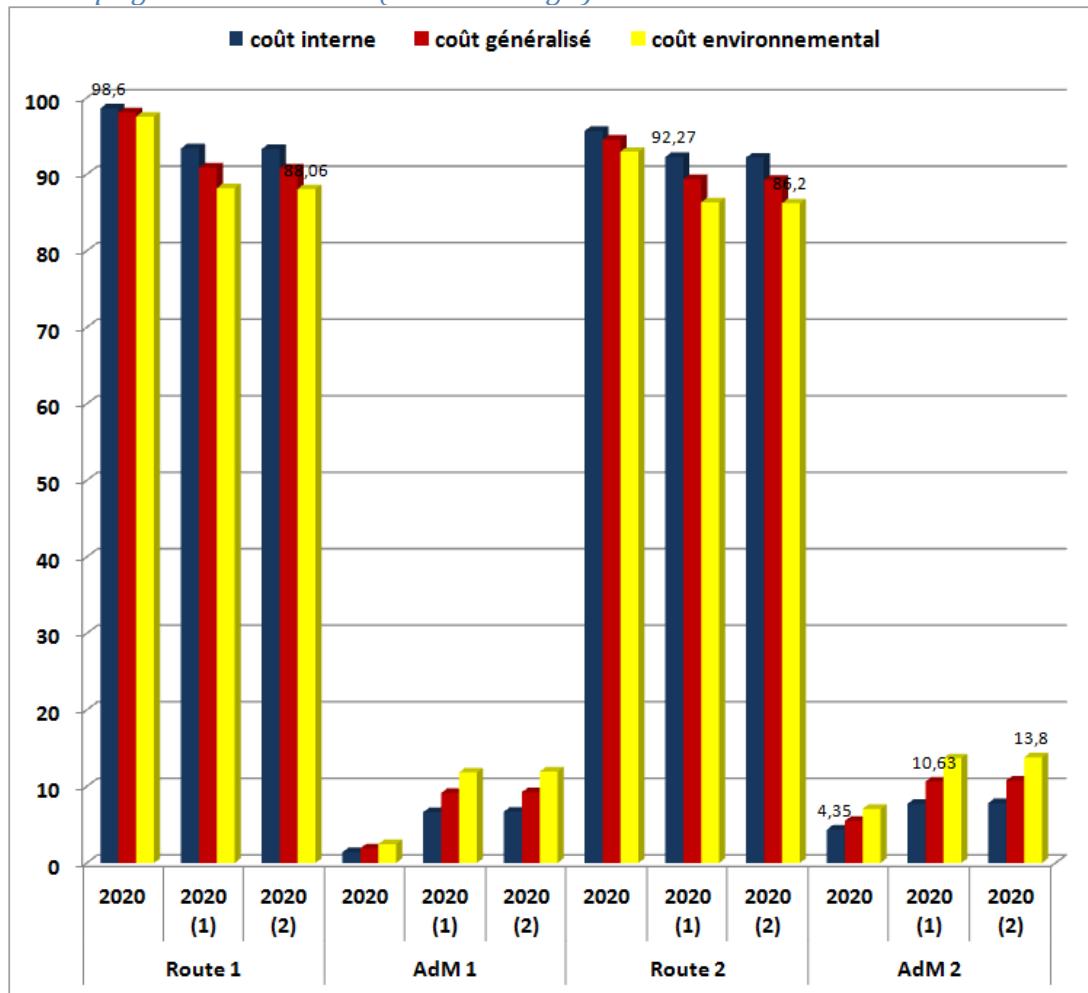
Tableau 26: Partage modal entre les transports routiers et les AdM évalué par différentes typologies de coût de transport : Pour les flux de direction Italie vers la France et l'Espagne (Exportations)

Flux Italiens	Route 1			AdM 1		
Typologie de coûts	2020(0)	2020 (1)	2020 (2)	2020(0)	2020 (1)	2020 (2)
Coût interne	94,37	93,94	93,87	5,63	6,06	6,13
Coût généralisé	92,19	91,60	91,50	7,81	8,40	8,50
Coût environnemental	89,90	89,12	89,01	10,10	10,88	10,99

Flux Italiens	Route 2			AdM 2		
Typologie de coûts	2020(0)	2020 (1)	2020 (2)	2020(0)	2020 (1)	2020 (2)
Coût interne	94,27	92,93	92,84	5,73	7,07	7,16
Coût généralisé	92,05	90,25	90,13	7,95	9,75	9,87
Coût environnemental	89,76	87,43	87,30	10,24	12,57	12,57

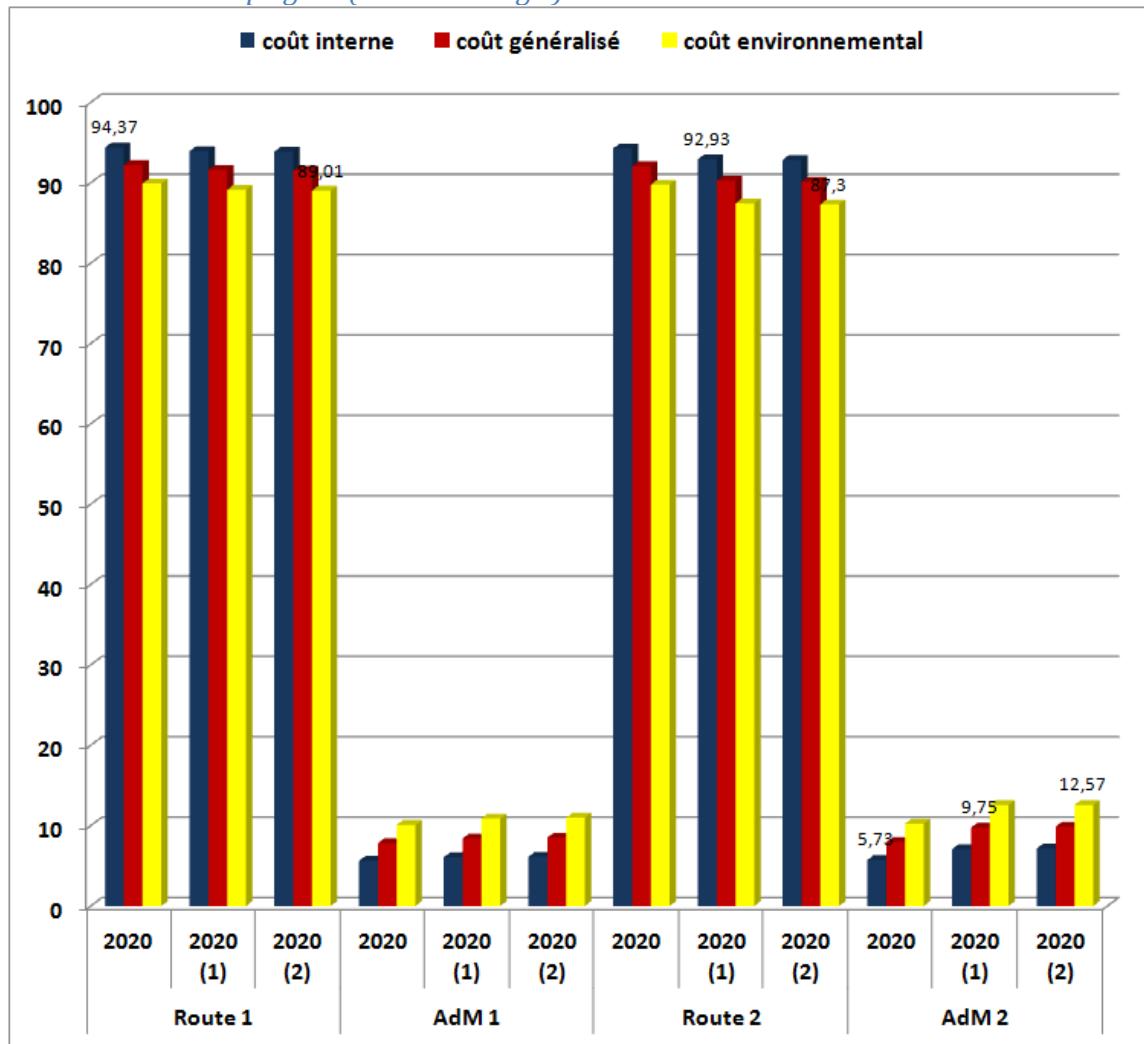
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 65 : Transfert modal de la Route vers les AdM en fonction de la typologie des coûts de transport pour les scénarios 2020 (0,1,2) : De la France et l'Espagne vers l'Italie (Pourcentage)



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 66: Transfert modal de la Route vers les AdM en fonction de la typologie des coûts de transport pour les scénarios 2020(0,1,2) : De l'Italie vers la France et l'Espagne (Pourcentage)



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

L'impact des coûts généralisés sur le transfert modal de la route vers les AdM est, dans un scenario 2020 (1), représenté par une croissance de 0,51% et de 2,54%, en France et en Espagne, et de 2,18% et 2,36% en Italie par comparaison aux marchés obtenus par les coûts internes. Cet impact est une conséquence directe de la réduction du trafic routier due à un accroissement des coûts internes par l'intégration des externalités liées aux rejets de polluants et à la dégradation de l'environnement. Un très grand impact du transfert modal a été observé dans le scenario 2020(2) avec un accroissement général variant entre 1,13% à 2,93% en France et en Espagne. Il varie de 2,22 à 2,71% en Italie. La politique d'application des coûts généralisés intégrés accroît les frais et taxes routiers, et en même temps les flux de pré et post livraisons des AdM ne sont pas soumis aux taxes perçues sur les entrées transfrontalières. Il y a encore les coûts des externalités pour les navires qui sont moindres par rapport aux coûts des externalités du transport routier.

En plus des poids apportés par l'intégration des externalités dans l'évaluation des coûts de transport, l'application des coûts environnementaux de transport stimule une nouvelle croissance et consolide les trafics des AdM. Les changements apportés sur le trafic actuel dans le scenario (1) est approximativement de 0,56% à 2,70% en France et en Espagne, et de 2,29% à 2,49% en Italie comparativement aux pourcentages obtenus sur les coûts généralisés de transport. Avec l'ouverture des nouvelles lignes (scénario 2) l'augmentation varie entre 1,58% à 3,05 et de 2,39 à 2,70% dans les deux directions des flux. En comparaison avec les coûts internes, les marchés gagnés sur le transport routier varient approximativement de 1,07 à 5,24%, dans le premier scenario, et de 2,21 à 5,98%, dans le scenario (2).

Dans tous les cas, deux importantes remarques peuvent être tirées : un accroissement significatif de l'usage du mode alternatif est lié à l'implémentation des politiques du transport routier et des stratégies de promotion des services d'AdM. Aussi, le mode alternatif à la route enregistre un très grand impact avec la croissance des quantités de marchandises transportées.

Les marchés du transport routier changent significativement dans un scenario (2) et en fonction des variations des typologies de coûts de transport. La politique de promotion des AdM a comme objectif principal la réduction des usages du mode de transport routier et leur attraction vers le mode maritime. L'application de cette politique accroît les coûts du transport routier, et par conséquent, provoque une perte d'une bonne partie des marchés en faveur du transport intermodal.

Le transport par AdM est un mode de transport groupé qui diffère du mode de transport unique d'un seul véhicule. Ce qui signifie que la réduction des quantités de tonnages transportées peut dans certains cas avoir un double impact sur le mode groupé et sur le mode unique. Avec l'introduction de nouvelles lignes, le sud de la France offre un nouveau marché des AdM, mais aussi, renforce le réseau de lignes existantes dans leur fréquence et dans leur compétitivité au mode de transport routier.

II.3 Les marchés du choix modal au niveau régional

II.3.1 Choix modal pour les coûts internes de transport

Le paragraphe précédent définit les trois scénarios par la prise en compte des lignes opérationnelles et futures des AdM. L'analyse spatiale de la répartition des marchés du choix modal entre la route et les AdM se réfère aux trois scénarios définis : scénarios 0, 1, 2 avec toutes les lignes AdM existantes et les nouvelles lignes proposées.

Dans cette section nous appliquons ces scénarios en utilisant les différentes typologies des coûts (Tableau 27) :

- Les coûts internes de transport composés par les coûts fixes et opérationnels pour les véhicules et les navires. Ces coûts constituent les coûts de référence pour toutes les politiques de transport appliquées dans la promotion des modes alternatifs ;
- Les coûts généralisés intègrent aux coûts de transport internes, les coûts socio-économiques et environnementaux. L'application des coûts généralisés est perçue comme une politique d'encouragement des usages des AdM et de restriction de l'usage du transport routier ;
- La politique de promotion directe utilisée dans cette étude consiste en une réduction de 30% des coûts payés par les transporteurs routiers qui acceptent d'utiliser la voie maritime en intermodalité avec le mode routier. Le remboursement, dans les autres politiques de promotion des AdM, est fait sur le pourcentage général évalué par rapport aux coûts environnementaux évités en empruntant la voie des AdM (cette mesure est réduite dans cette recherche à un remboursement forfaitaire de 30% des coûts totaux payés).

Tableau 27: Différentes typologies de coût de transport.

Typologie des coûts de transport	Référence aux coûts	Coûts additionnels
Coût interne marginal	Coûts fixes, infrastructures et opérationnels	
Coût généralisé	Coûts fixes, infrastructure et opérationnels	Coûts socio-économiques et de la pollution
Coût environnemental	Coûts fixes, infrastructure et opérationnels	Coûts socio-économiques et de la pollution. 30% de reduction sur les routiers qui utilisent la voie maritime.

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Dans les tableaux 28 et 29, les coûts internes de transport au niveau régional ont été calculés pour les trois scénarios par un pourcentage du choix modal pour chaque macro-région

émettrice des flux. La direction des flux de référence est la France et l'Espagne vers l'Italie (Tableau 28 et les figures 67 et 68) et de l'Italie vers la France et l'Espagne (Tableau 29 et les figures 69 et 70). Nous poursuivrons cette répartition des flux jusqu'au bout de ce chapitre.

De l'origine jusqu'à la destination, le scénario (1) montre la localisation des marchés du transport routier et des AdM. Nous soulignons la non prise en compte des régions du sud de la France dans le scénario (1) parce qu'il n'y avait pas de liaison d'AdM fonctionnelle en 2009. Toute cette partie ne concerne que le scénario du futur. Dans les deux tableaux, le partage modal est exprimé avec les pourcentages des coûts de transport en référence aux coûts enregistrés dans le scénario (1).

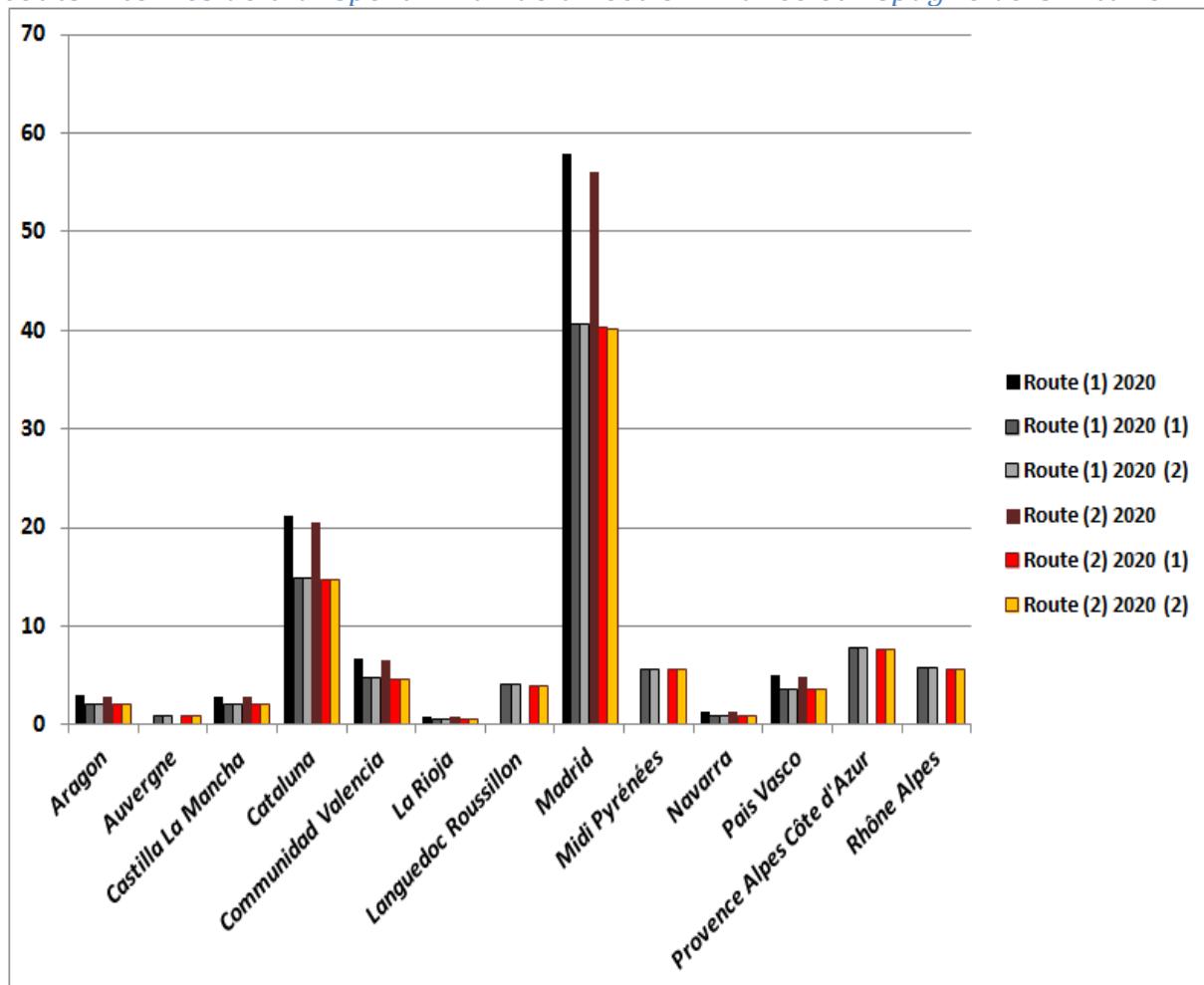
Tableau 28: Partage modal entre les transports routiers et les AdM par les coûts internes de transport : Flux de direction France et Espagne vers l'Italie.

COÛT INTERNE	Route 1			AdM 1		
	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
REGION						
Aragon	2,97	2,09	2,08	0,03	0,13	0,14
Auvergne	0,00	0,86	0,87	0	0,16	0,16
Castilla La Mancha	2,88	2,03	2,03	0,03	0,12	0,13
Cataluna	21,17	14,9	14,89	0,33	0,86	0,86
Communidad Valencia	6,67	4,7	4,69	0,06	0,18	0,18
La Rioja	0,77	0,54	0,54	0,02	0,05	0,05
Languedoc Roussillon	0,00	4,02	4,02	0	0,36	0,37
Madrid	57,82	40,7	40,66	0,84	2,25	2,26
Midi Pyrénées	0,00	5,66	5,66	0	0,51	0,51
Navarra	1,29	0,9	0,9	0,01	0,06	0,07
Pais Vasco	5,03	3,54	3,54	0,08	0,23	0,24
Provence Alpes Côte d'Azur	0,00	7,74	7,73	0	0,83	0,84
Rhône Alpes	0,00	5,7	5,69	0	0,88	0,89
MARCHE MODAL	98,6	93,4	93,3	1,4	6,6	6,7

COÛT INTERNE	Route 2			AdM 2		
	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
REGION						
Aragon	2,87	2,06	2,06	0,14	0,16	0,17
Auvergne	0,00	0,85	0,86	0,00	0,13	0,14
Castilla La Mancha	2,79	2,00	2	0,12	0,14	0,14
Cataluna	20,55	14,73	14,71	0,97	1,09	1,10
Communidad Valencia	6,47	4,64	4,63	0,17	0,20	0,21
La Rioja	0,74	0,53	0,53	0,04	0,06	0,07
Languedoc Roussillon	0,00	3,97	3,97	0,00	0,33	0,34
Madrid	56,11	40,22	40,18	2,57	2,83	2,84
Midi Pyrénées	0,00	5,60	5,59	0,00	0,53	0,54
Navarra	1,24	0,89	0,89	0,07	0,09	0,09
Pais Vasco	4,88	3,50	3,5	0,27	0,30	0,30
Provence Alpes Côte d'Azur	0,00	7,64	7,64	0,00	0,98	0,99
Rhône Alpes	0,00	5,63	5,62	0,00	0,89	0,89
MARCHE MODAL	95,6	92,3	92,2	4,3	7,7	7,8

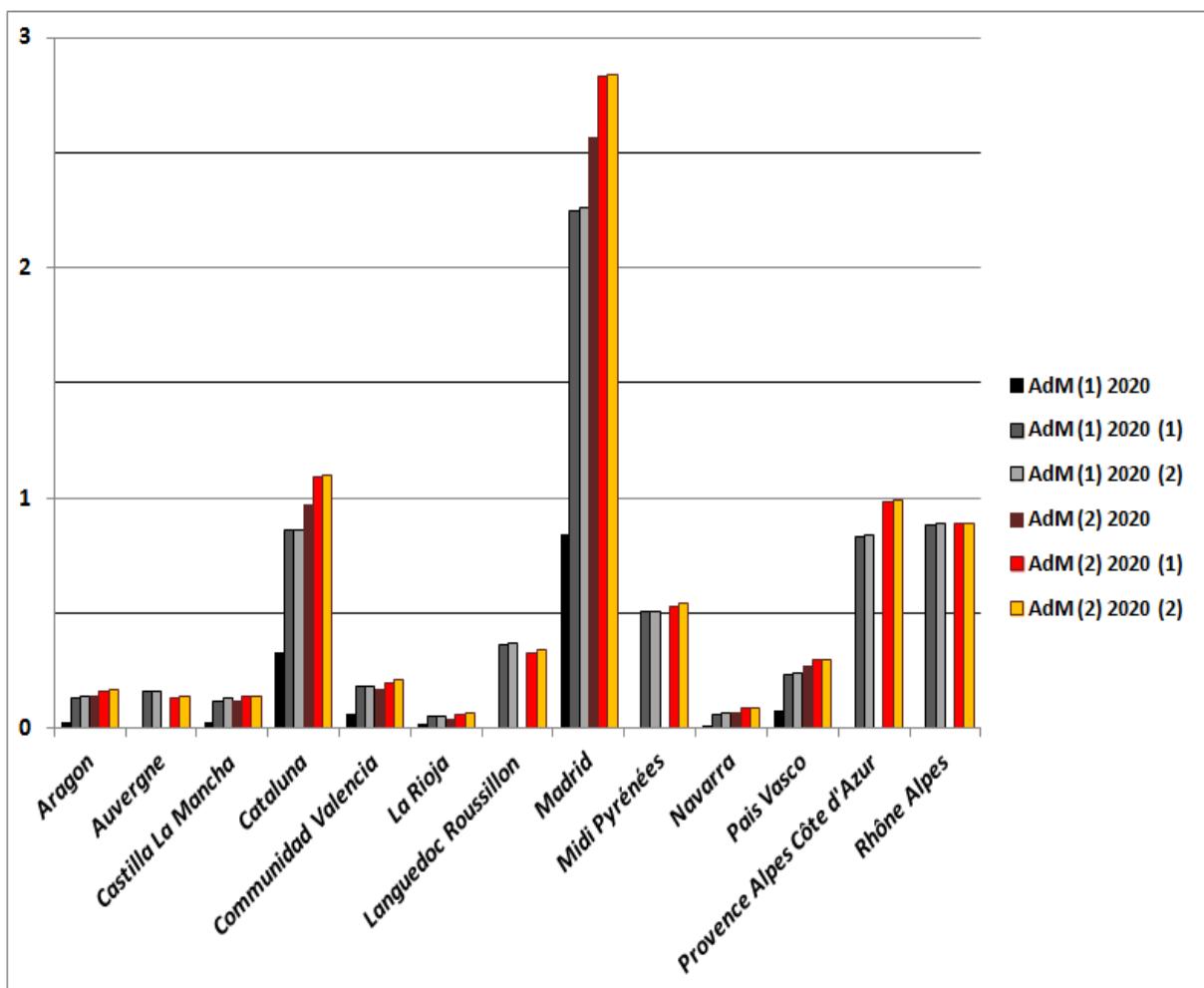
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 67: Partage de marchés entre les transports routiers et les AdM par les coûts internes de transport : Flux de direction France et Espagne vers l'Italie.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 68: Partage de marchés entre les transports routiers et les AdM par les coûts internes de transport : Flux de direction France et Espagne vers l'Italie.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Nous remarquons ici l'importance des régions de Madrid, Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Rhône-Alpes et Cataluna dans le scénario (1) pour les flux des AdM du sud de la France et de l'Espagne. Dans le scénario (2), le marché catalan augmente de 0,3% à environ 1,1% en 2020(2) (Tableau 28 et figures 67 et 68). Dans les régions Italiennes, la Lombardie, le Latium, le Piemont, la Ligurie et la Vénétie sont des régions majeures d'émissions des flux des AdM selon les résultats du scénario (1). Dans le scénario (2), les régions d'Emilie-Romagne et la Toscane sont des nouveaux marchés émergents avec l'ouverture des nouvelles lignes maritimes (Tableau 29 et figures 69 et 70).

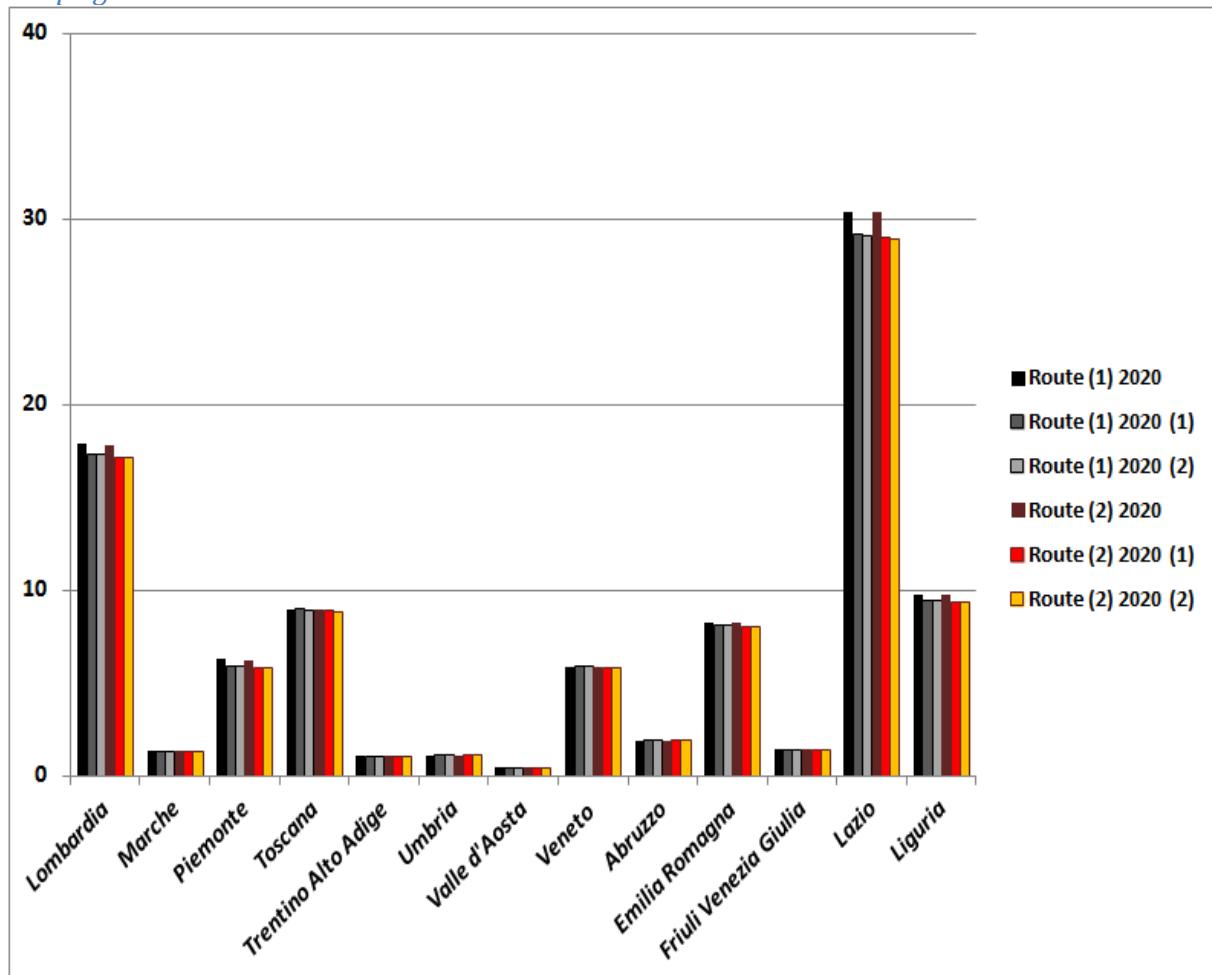
Tableau 29: Partage modal entre les transports routiers et les AdM: Flux de direction Italie vers la France et l'Espagne.

COÛT INTERNE	Route 1			AdM 1		
REGION	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Lombardia	17,85	17,65	17,64	1,17	1,27	1,28
Marche	1,30	1,29	1,28	0,11	0,11	0,11
Piemonte	6,25	6,1	6	0,43	0,46	0,47
Toscana	8,96	8,95	8,94	0,47	0,51	0,52
Trentino Alto Adige	1,04	1,04	1,03	0,09	0,09	0,09
Umbria	1,07	1,06	1,05	0,08	0,08	0,09
Valle d'Aosta	0,41	0,40	0,40	0,05	0,04	0,05
Veneto	5,82	5,80	5,80	0,46	0,52	0,52
Abruzzo	1,88	1,85	1,83	0,12	0,13	0,13
Emilia Romagna	8,25	8,21	8,20	0,53	0,58	0,59
Friuli Venezia Giulia	1,40	1,39	1,38	0,11	0,12	0,12
Lazio	30,38	30,25	30,24	1,41	1,52	1,53
Liguria	9,75	9,66	9,65	0,59	0,64	0,64
MARCHE MODAL	94,4	93,9	93,9	5,6	6,0	6,1

COÛT INTERNE	Route 2			AdM 2		
REGION	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Lombardia	17,83	17,27	17,25	1,19	1,48	1,49
Marche	1,30	1,42	1,40	0,11	0,13	0,13
Piemonte	6,24	5,89	5,89	0,44	0,55	0,56
Toscana	8,95	8,96	8,95	0,48	0,60	0,61
Trentino Alto Adige	1,04	1,22	1,21	0,10	0,11	0,11
Umbria	1,07	1,28	1,25	0,08	0,09	0,10
Valle d'Aosta	0,41	0,59	0,55	0,05	0,05	0,06
Veneto	5,81	5,94	5,94	0,47	0,58	0,59
Abruzzo	1,88	2,11	2,10	0,13	0,14	0,15
Emilia Romagna	8,24	8,12	8,11	0,54	0,68	0,69
Friuli Venezia Giulia	1,39	1,47	1,47	0,12	0,14	0,15
Lazio	30,36	29,02	29,0	1,42	1,76	1,77
Liguria	9,74	9,56	9,45	0,60	0,76	0,76
MARCHE MODAL	94,3	92,9	92,8	5,7	7,0	7,1

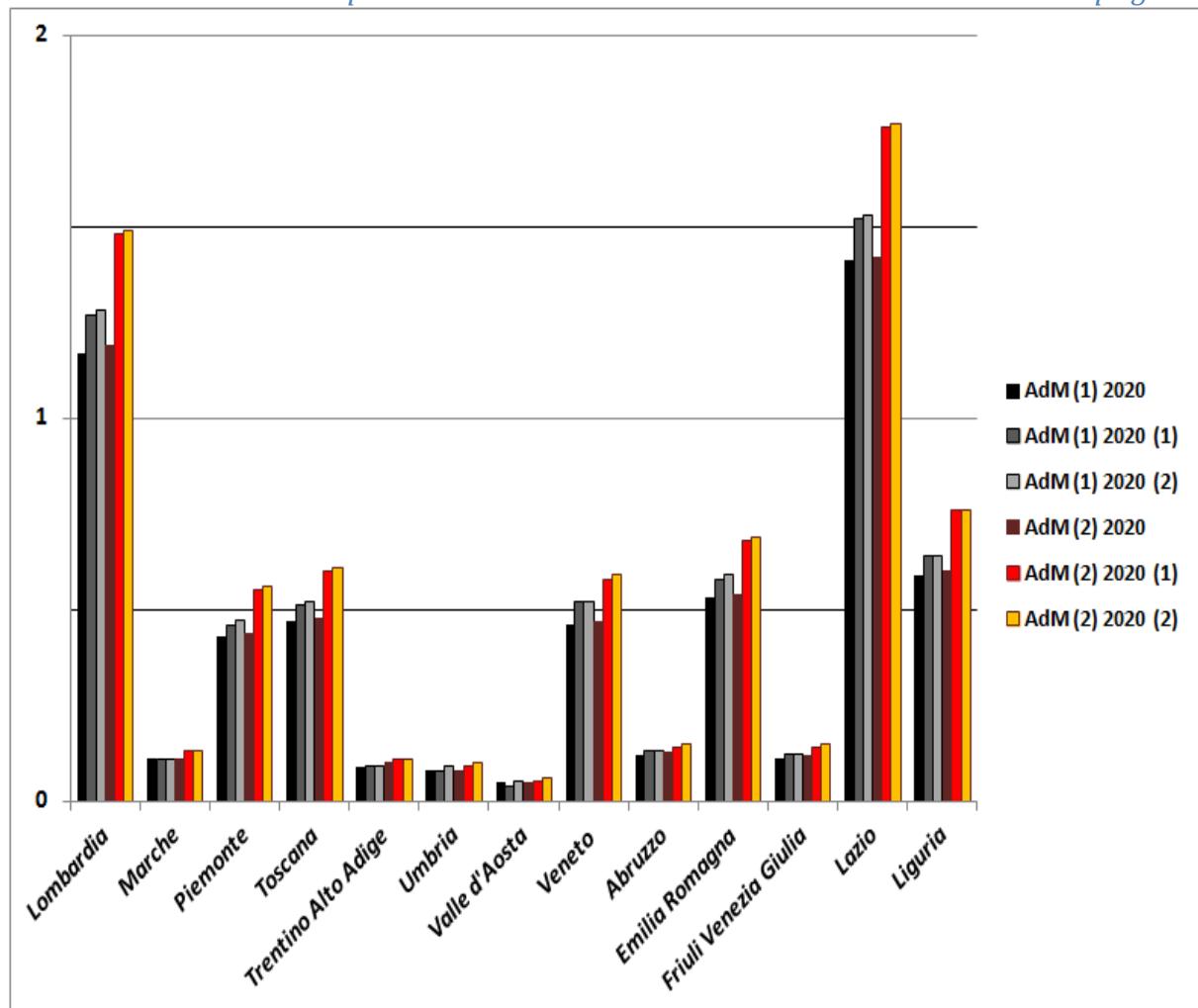
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 69: Partage de marchés entre les transports routiers et les AdM par les coûts internes de transport : Flux de direction Italie vers la France et l'Espagne.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 70: Partage de marchés entre les transports routiers et les AdM par les coûts internes de transport: Flux de direction Italie vers la France et l'Espagne.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Les coûts internes de transport simulés donnent une situation réelle du partage des marchés entre les différents modes étudiés en dehors de toute politique de promotion appliquée. Le transport routier reste largement le plus utilisé dans la plupart des régions. La compétition du mode de transport par les AdM est présente lorsque les quantités échangées sont suffisantes et les coûts de transport sont compétitifs. L'impact de la distance dans quelques régions n'est pas le seul facteur qui explique la présence ou non des marchés des AdM. Cette analyse régionale -en utilisant la typologie des coûts internes- est la situation de référence dans laquelle nous comparerons les différents impacts des politiques alternatives au mode routier introduite dans les deux autres typologies de coûts de transport.

II.3.2 L'impact de l'intégration des coûts socio-économiques et environnementaux sur le transfert modal

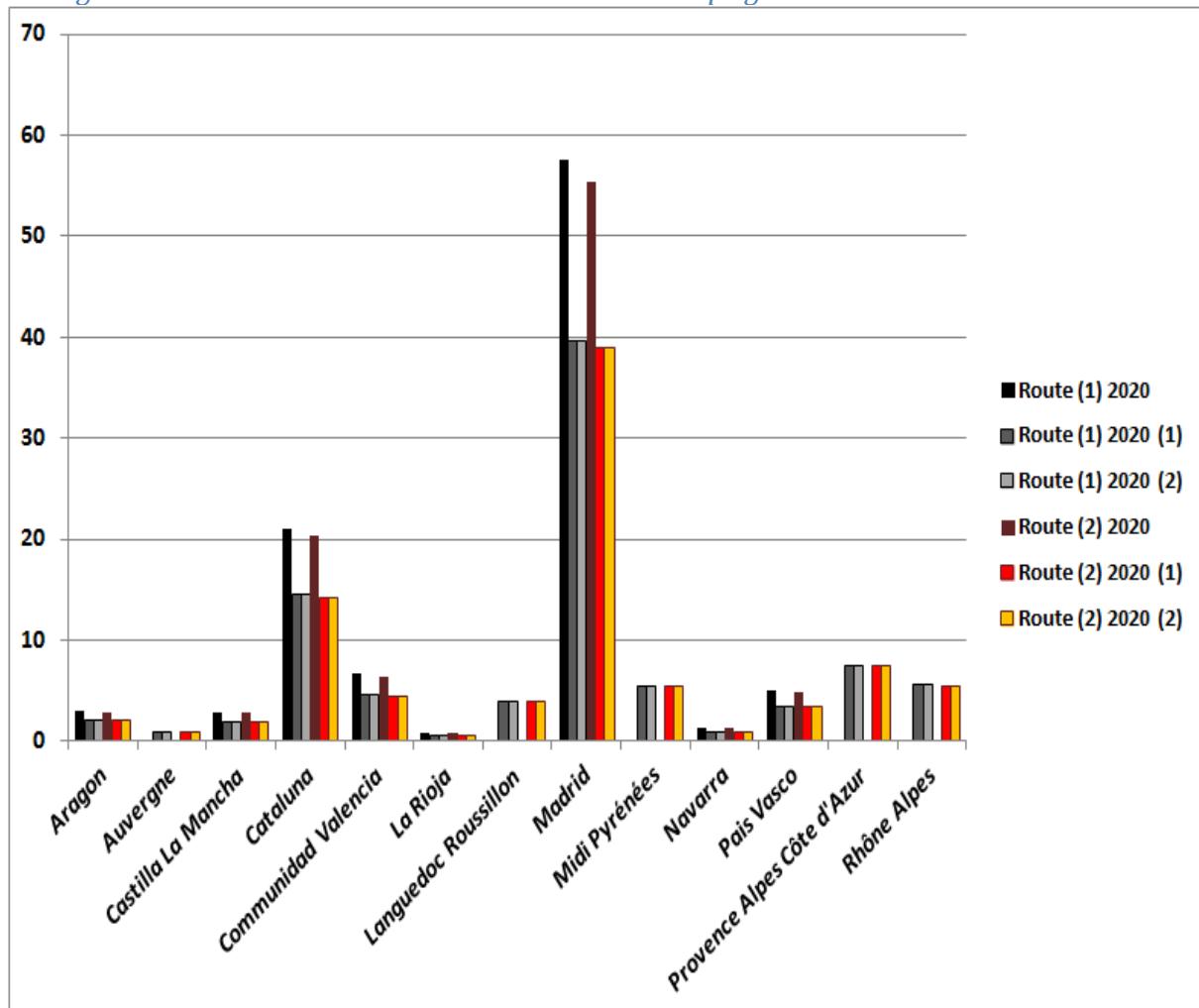
Tableau 30: Partage modal entre les transports routiers et les AdM pour le coût généralisé : Pour les flux de direction France et Espagne vers l'Italie.

COÛT GENERALISE	Route 1			AdM 1		
	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Aragon	2,95	2,03	2,03	0,06	0,19	0,19
Auvergne	0,00	0,84	0,84	0	0,22	0,22
Castilla La Mancha	2,87	1,97	1,97	0,03	0,17	0,18
Cataluna	21,06	14,50	14,48	0,46	1,19	1,19
Communidad Valencia	6,63	4,57	4,56	0,06	0,24	0,25
La Rioja	0,76	0,52	0,52	0	0,06	0,07
Languedoc Roussillon	0,00	3,91	3,91	0	0,49	0,50
Madrid	57,53	39,61	39,57	1,18	3,10	3,12
Midi Pyrénées	0,00	5,51	5,50	0	0,69	0,70
Navarra	1,28	0,88	0,88	0,02	0,09	0,11
Pais Vasco	5,01	3,45	3,44	0,1	0,32	0,33
Provence Alpes Côte d'Azur	0,00	7,53	7,52	0	1,15	1,16
Rhône Alpes	0,00	5,54	5,53	0	1,21	1,22
MARCHE MODAL	98,0	90,8	90,7	1,9	9,1	9,2

COÛT GENERALISE	Route 2			AdM 2		
	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Aragon	2,84	2,00	1,99	0,18	0,23	0,24
Auvergne	0,00	0,82	0,83	0	0,19	0,19
Castilla La Mancha	2,77	1,94	1,94	0,15	0,20	0,21
Cataluna	20,30	14,26	14,24	1,24	1,49	1,50
Communidad Valencia	6,40	4,49	4,49	0,2	0,28	0,30
La Rioja	0,73	0,51	0,51	0,06	0,09	0,09
Languedoc Roussillon	0,00	3,85	3,84	0	0,45	0,46
Madrid	55,43	38,96	38,91	3,25	3,88	3,90
Midi Pyrénées	0,00	5,42	5,41	0	0,72	0,73
Navarra	1,23	0,87	0,86	0,08	0,12	0,12
Pais Vasco	4,82	3,39	3,38	0,32	0,40	0,41
Provence Alpes Côte d'Azur	0,00	7,40	7,39	0	1,36	1,36
Rhône Alpes	0,00	5,45	5,44	0	1,22	1,23
MARCHE MODAL	94,5	89,4	89,2	5,4	10,6	10,7

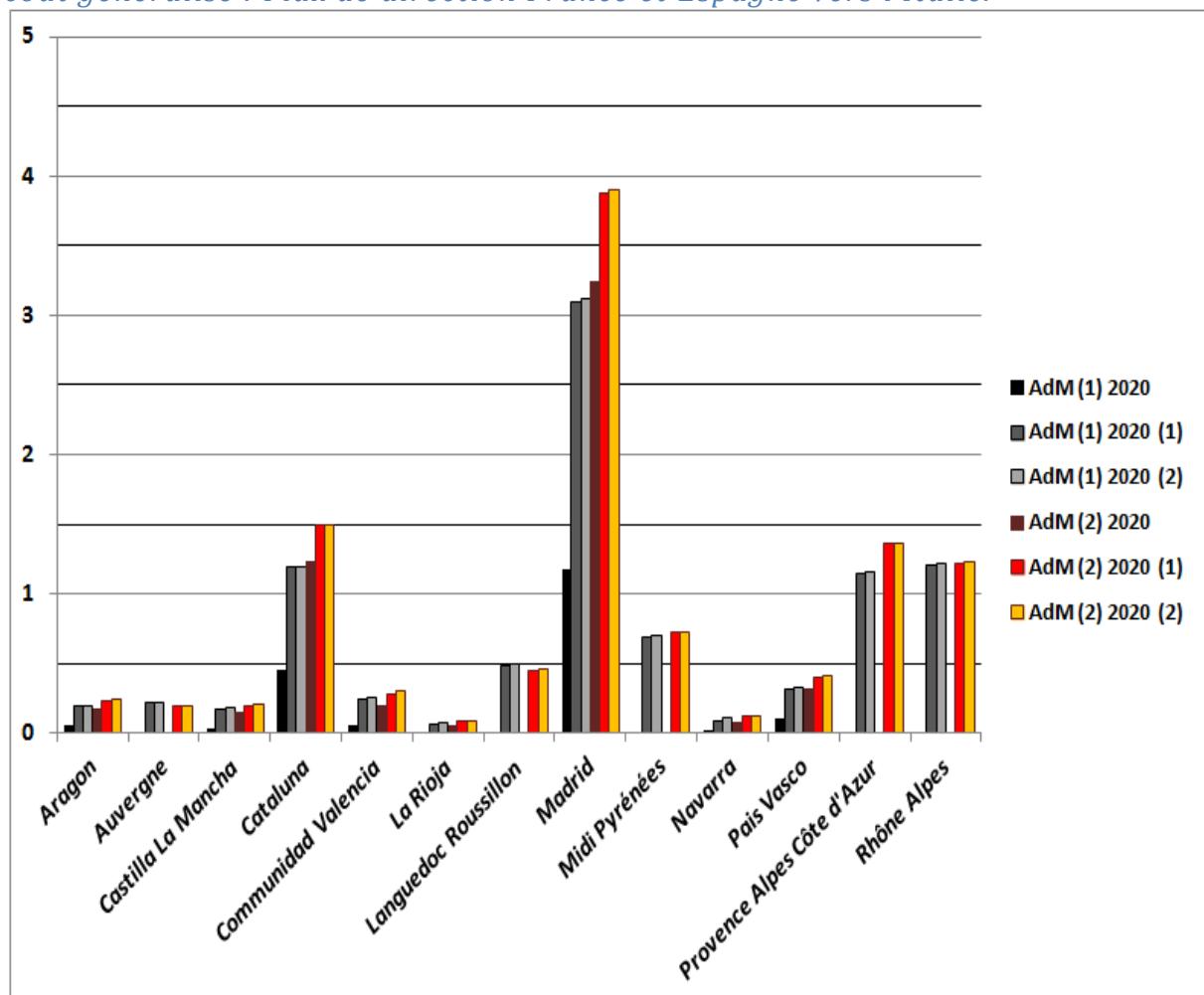
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 71: Partage de marché entre les transports routiers et les AdM par le coût généralisé : Flux de direction France et Espagne vers l'Italie.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 72: Partage de marché entre les transports routiers et les AdM par le coût généralisé : Flux de direction France et Espagne vers l'Italie.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Dans cette section nous utilisons la typologie des coûts composés par les coûts internes marginaux de la précédente typologie sur lesquels nous ajoutons les coûts socio-économiques et des polluants. Ces derniers coûts sont directement perçus sur les frais de transport routier taxés aux entrées frontalières (en cas de l'application de cette politique). Le coût de transport généralisé est institué comme une mesure d'encouragement du mode de transport alternatif à la route.

Avec l'introduction des coûts généralisés de transport nous obtenons un nouveau changement dans la répartition territoriale des flux selon la localisation des services d'AdM et le poids des marchés. Nous remarquons l'émergence des nouveaux marchés pour les AdM qui sont localisés dans le Midi Pyrénées par comparaison à la situation précédente analysée avec les coûts internes de transport (Figures 71 et 72).

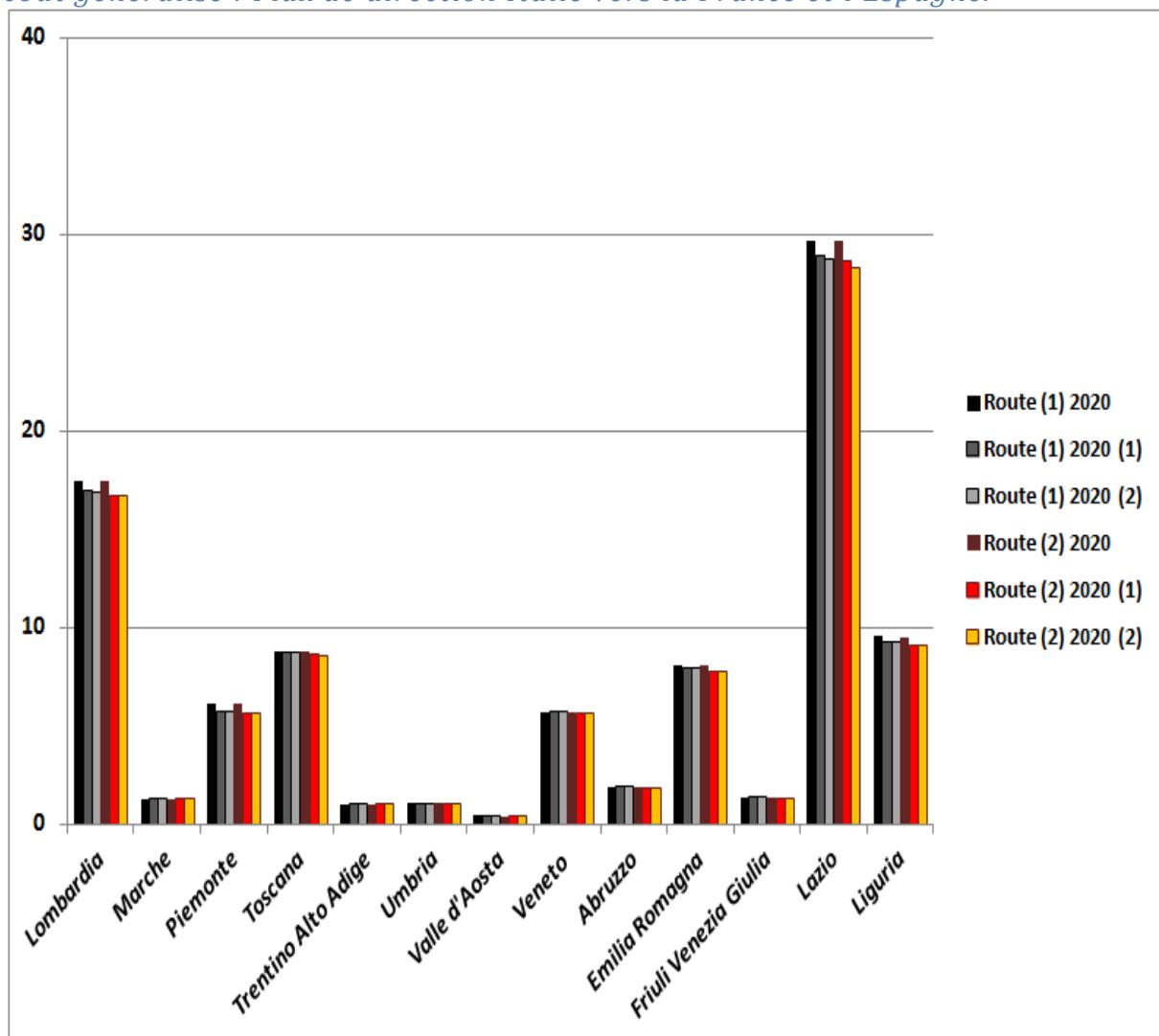
Tableau 31: Partage modal entre les transports routiers et les AdM pour le coût généralisé : Pour les flux de direction Italie vers la France et l'Espagne.

COÛT GENERALISE	Route 1			AdM 1		
REGION	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Lombardia	17,44	17,42	17,41	1,61	1,76	1,76
Marche	1,27	1,24	1,23	0,15	0,15	0,15
Piemonte	6,11	6,10	6,09	0,59	0,64	0,65
Toscana	8,75	8,73	8,72	0,67	0,71	0,72
Trentino Alto Adige	1,01	1,01	1,01	0,13	0,13	0,13
Umbria	1,05	1,04	1,04	0,12	0,12	0,12
Valle d'Aosta	0,41	0,40	0,40	0,07	0,06	0,07
Veneto	5,68	5,66	5,65	0,64	0,71	0,72
Abruzzo	1,84	1,83	1,82	0,18	0,18	0,18
Emilia Romagna	8,06	8,04	8,03	0,73	0,80	0,81
Friuli Venezia Giulia	1,36	1,35	1,35	0,16	0,17	0,17
Lazio	29,68	28,65	28,64	1,94	2,10	2,11
Liguria	9,53	9,50	9,49	0,82	0,88	0,89
MARCHE MODAL	92,2	91,6	91,5	7,8	8,4	8,5

COÛT GENERALISE	Route 2			AdM 2		
REGION	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Lombardia	17,41	16,77	16,75	1,64	2,03	2,04
Marche	1,27	1,26	1,26	0,16	0,18	0,19
Piemonte	6,1	5,82	5,82	0,6	0,76	0,77
Toscana	8,74	8,7	8,69	0,67	0,83	0,84
Trentino Alto Adige	1,01	1	0,99	0,13	0,15	0,16
Umbria	1,05	1,05	1,04	0,12	0,13	0,14
Valle d'Aosta	0,4	0,39	0,38	0,08	0,08	0,09
Veneto	5,67	5,67	5,67	0,66	0,8	0,81
Abruzzo	1,84	1,78	1,75	0,18	0,2	0,21
Emilia Romagna	8,05	7,99	7,98	0,76	0,94	0,95
Friuli Venezia Giulia	1,36	1,34	1,33	0,17	0,2	0,21
Lazio	29,64	28,9	28,8	1,95	2,41	2,42
Liguria	9,51	9,39	9,38	0,83	1,04	1,05
MARCHE MODAL	92,0	90,2	90,1	7,9	9,7	9,9

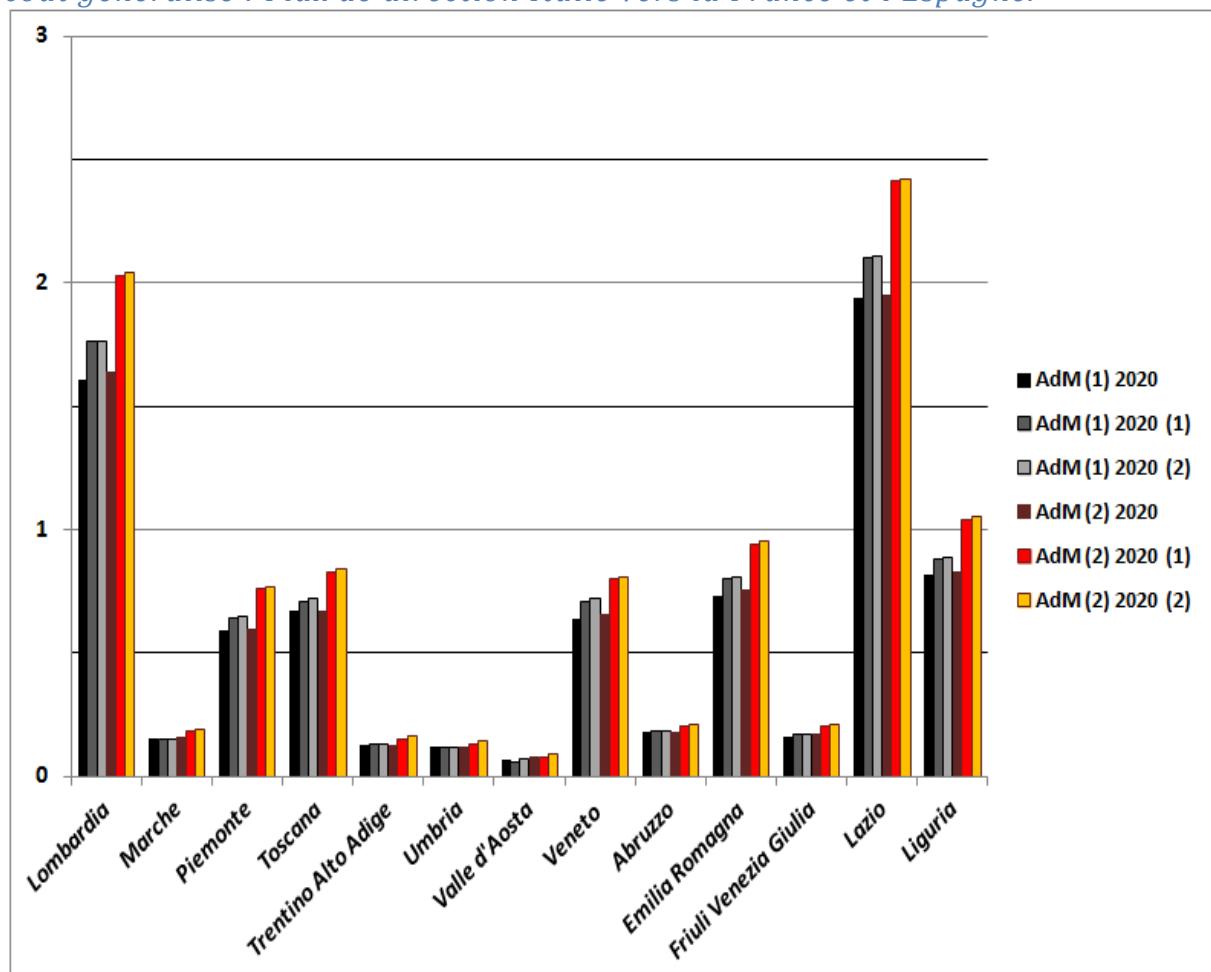
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 73 : Partage de marché entre les transports routiers et les AdM par le coût généralisé : Flux de direction Italie vers la France et l'Espagne.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 74: Partage de marché entre les transports routiers et les AdM par le coût généralisé : Flux de direction Italie vers la France et l'Espagne.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

La même émergence des nouveaux marchés régionaux est observable en Italie se traduisant par une augmentation importante des marchés de l'ordre de 1 à 2,41% dans les régions de Lombardie, Latium et Ligurie (Tableau 31 et figures 73 et 74).

La différence entre les scénarios 0, 1 et 2 dans les résultats sur les coûts généralisés, peut être directement liée aux coûts de transport (et plus particulièrement aux coûts de la pollution et de l'environnement) et à la croissance du commerce international de fret. Les changements apportés par l'application du coût généralisé de transport offrent une nouvelle opportunité d'émergence de nouveaux marchés qui n'étaient pas assez importants avant cette application. La structure spatiale des marchés d'AdM montre un nouveau dynamisme et une nouvelle localisation régionale des émissions et des attractions des flux d'AdM.

II.3.3 L'impact du remboursement des coûts environnementaux évités sur le transfert modal

Le maximum du transfert modal de la route vers les AdM est atteint avec la politique d'accompagnement du coût de transport généralisé par le remboursement des frais de pollution environnementale évités en empruntant les AdM. Les marchés des AdM simulées par référence aux données de 2009 sur les Potentiels Globaux, montrent un nouveau dynamisme dans la répartition générale des flux. Le facteur de la distance qui constituait, dans les coûts internes de transport, l'une des contraintes perd ici sa signification. Les coûts de transport et les quantités de marchandises échangées entre les unités territoriales sont les principaux facteurs qui apportent un changement significatif. Dans cette section, nous limitons notre analyse sur le choix et le transfert modal entre la route et les AdM, avec une vue générale sur la localisation des marchés régionaux. Les tableaux 30 et 31 représentés sur les figures 71, 72, 73 et 74 donnent une évolution générale du partage modal entre les transports routiers et les AdM dans les scénarios 0, 1 et 2. En France et en Espagne, les régions du Languedoc-Roussillon et le Pays Basque représentent les nouvelles zones émergeantes en comparaison aux coûts généralisés et aux coûts internes de transport (Tableau 31 et figures 73 et 74). Les marchés trouvés dans les deux précédentes typologies de coûts de transport affirment leur croissance notamment à Madrid, en Catalogne, en Provence-Alpes-Côte-d'Azur et en Rhône-Alpes (entre 1,07 et 5,24%).

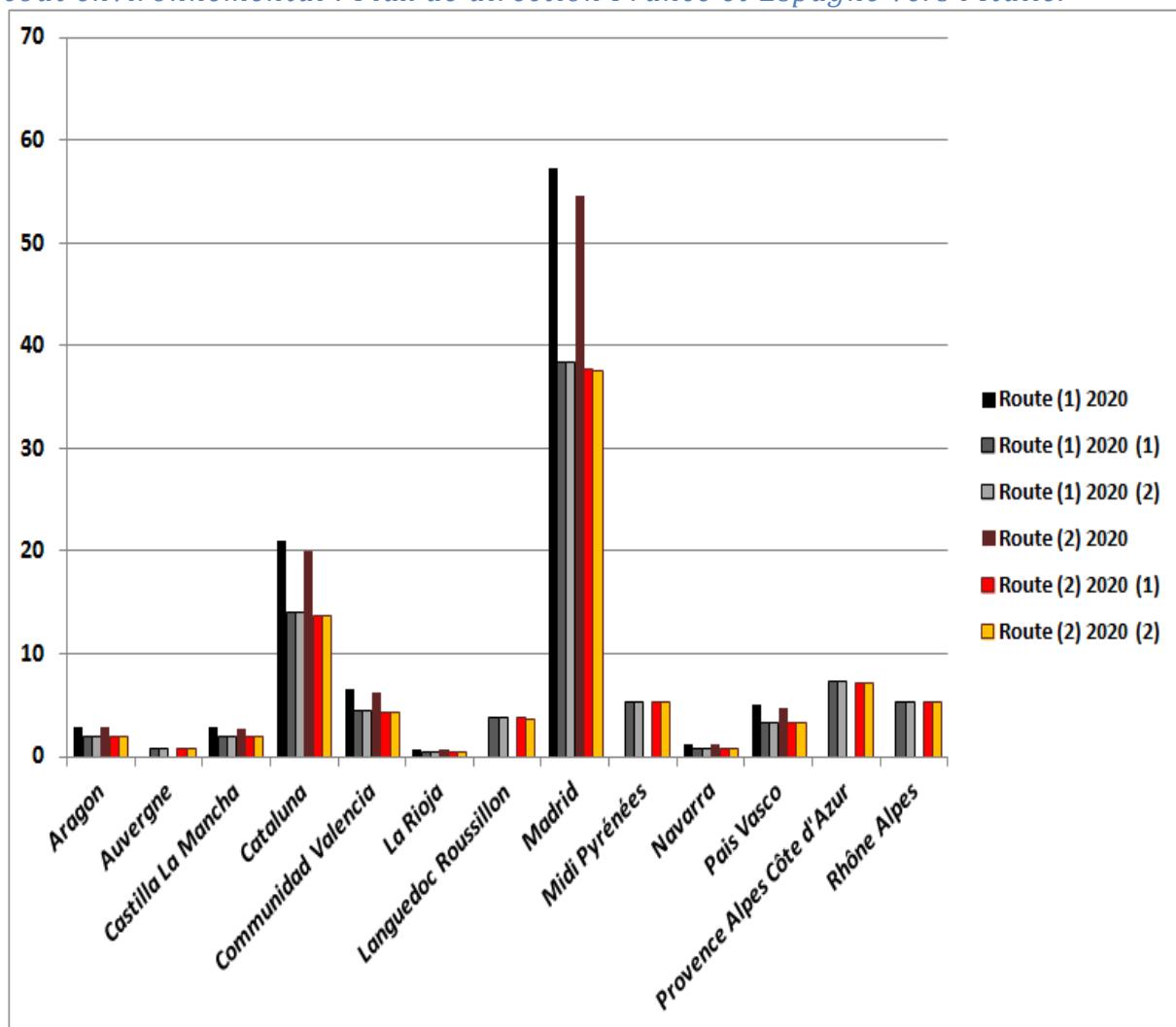
Tableau 32: Partage modal entre les transports routiers et les AdM pour le coût environnemental : Pour les flux de direction France et Espagne vers l'Italie.

COÛT ENVIRONNEMENTAL	Route 1			AdM 1		
	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Aragon	2,93	1,97	1,97	0,07	0,24	0,25
Auvergne	0,00	0,81	0,82	0	0,28	0,28
Castilla La Mancha	2,85	1,92	1,91	0,05	0,22	0,23
Cataluna	20,95	14,08	14,05	0,59	1,54	1,54
Communidad Valencia	6,60	4,43	4,43	0,08	0,32	0,33
La Rioja	0,75	0,51	0,51	0	0,08	0,09
Languedoc Roussillon	0,00	3,80	3,79	0	0,64	0,65
Madrid	57,20	38,44	38,38	1,52	4,02	4,04
Midi Pyrénées	0,00	5,35	5,34	0	0,91	0,91
Navarra	1,27	0,85	0,85	0,03	0,13	0,13
Pais Vasco	4,98	3,34	3,34	0,13	0,41	0,42
Provence Alpes Côte d'Azur	0,00	7,31	7,29	0	1,47	1,50
Rhône Alpes	0,00	5,38	5,37	0	1,56	1,57
MARCHE MODAL	97,5	88,2	88,0	2,5	11,8	11,9

COÛT ENVIRONNEMENTAL	Route 2			AdM 2		
	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Aragon	2,79	1,93	1,93	0,23	0,30	0,31
Auvergne	0,00	0,79	0,8	0	0,25	0,25
Castilla La Mancha	2,72	1,88	1,87	0,19	0,26	0,27
Cataluna	19,96	13,78	13,76	1,6	1,91	1,92
Communidad Valencia	6,29	4,34	4,33	0,28	0,36	0,37
La Rioja	0,72	0,50	0,5	0,07	0,11	0,12
Languedoc Roussillon	0,00	3,72	3,71	0	0,58	0,59
Madrid	54,51	37,63	37,57	4,17	4,98	5,00
Midi Pyrénées	0,00	5,24	5,23	0	0,93	0,94
Navarra	1,21	0,84	0,83	0,11	0,15	0,16
Pais Vasco	4,74	3,27	3,27	0,41	0,52	0,53
Provence Alpes Côte d'Azur	0,00	7,15	7,14	0	1,74	1,75
Rhône Alpes	0,00	5,27	5,26	0	1,58	1,59
MARCHE MODAL	92,9	86,3	86,2	7,0	13,6	13,8

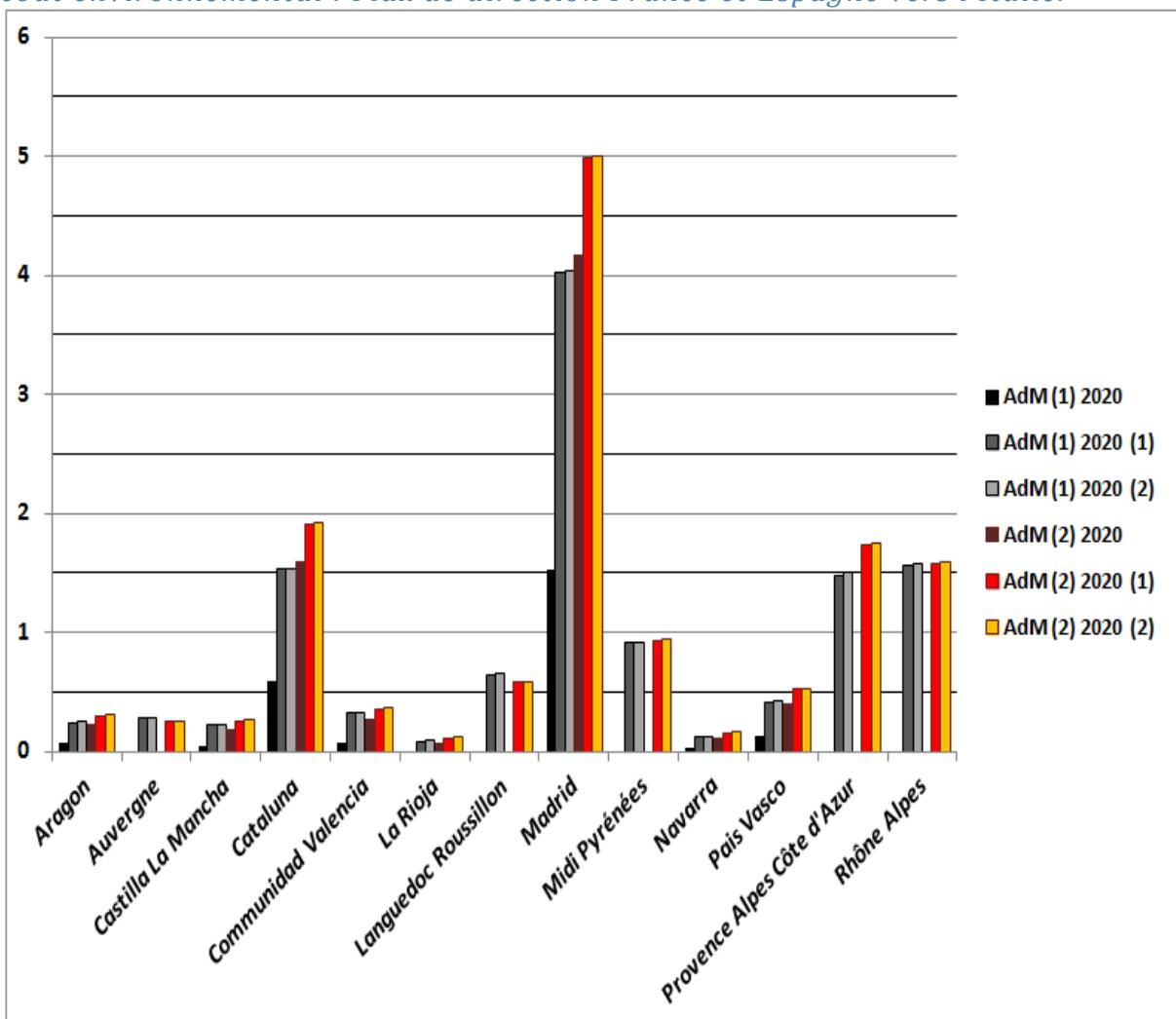
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 75: Partage de marché entre les transports routiers et les AdM par le coût environnemental : Flux de direction France et Espagne vers l'Italie.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 76: Partage de marché entre les transports routiers et les AdM par le coût environnemental : Flux de direction France et Espagne vers l'Italie.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

En Italie, les marchés se renforcent atteignant 12,6% des marchés comparativement aux 6% des marchés estimés par les coûts internes de transport. L'impact sur les marchés régionaux existant est dans la plupart de cas deux à trois fois plus élevé que dans le scénario (1). Ceci signifie qu'avec l'introduction de nouvelles lignes un impact positif est observable dans le transfert modal des marchés existants mieux que dans le premier cas. (Tableau 33 et figures 77 et 78).

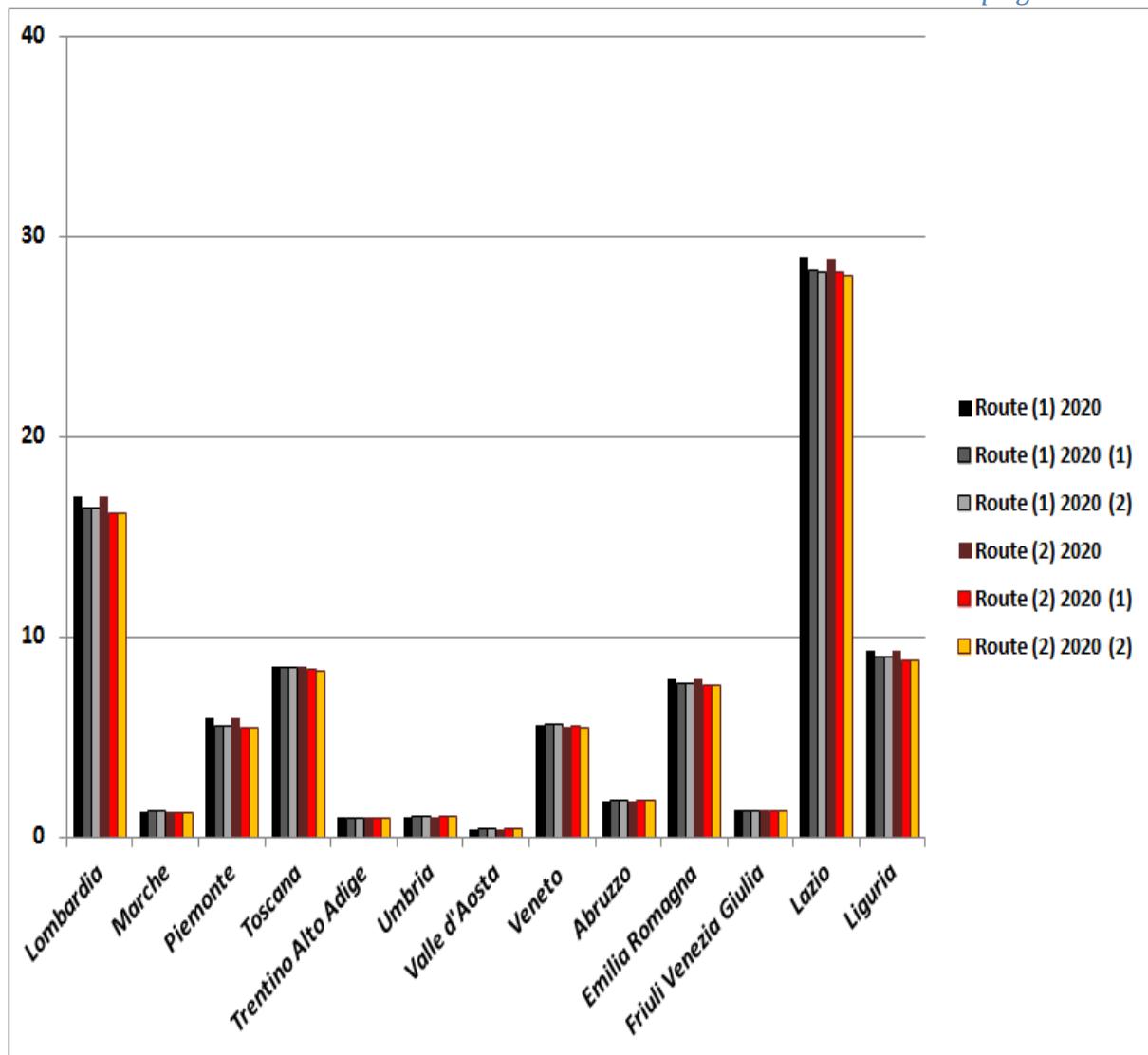
Tableau 33: Partage modal entre les transports routiers et les AdM pour le coût environnemental : Pour les flux de direction Italie vers la France et l'Espagne.

COÛT ENVIRONNEMENTAL	Route 1			AdM 1		
REGION	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Lombardia	17,00	16,66	16,64	2,09	2,28	2,28
Marche	1,24	1,23	1,23	0,19	0,19	0,2
Piemonte	5,96	5,65	5,65	0,77	0,83	0,84
Toscana	8,53	8,49	8,48	0,86	0,91	0,93
Trentino Alto Adige	0,99	0,98	0,98	0,16	0,17	0,17
Umbria	1,02	1,03	1,03	0,16	0,15	0,16
Valle d'Aosta	0,40	0,38	0,38	0,09	0,08	0,09
Veneto	5,54	5,53	5,52	0,82	0,92	0,93
Abruzzo	1,79	1,78	1,77	0,23	0,23	0,24
Emilia Romagna	7,86	7,79	7,78	0,95	1,04	1,05
Friuli Venezia Giulia	1,33	1,31	1,31	0,21	0,22	0,22
Lazio	28,94	28,6	28,5	2,52	2,72	2,73
Liguria	9,29	9,18	9,1	1,06	1,14	1,15
MARCHE MODAL	89,9	89,1	89,0	10,1	10,8	10,9

COÛT ENVIRONNEMENTAL	Route 2			AdM 2		
REGION	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Lombardia	16,98	16,35	16,33	2,12	2,62	2,60
Marche	1,24	1,23	1,22	0,20	0,23	0,24
Piemonte	5,95	5,55	5,54	0,78	0,98	0,98
Toscana	8,52	8,43	8,42	0,86	1,06	1,07
Trentino Alto Adige	0,99	0,96	0,96	0,17	0,19	0,20
Umbria	1,02	1,01	1,01	0,16	0,17	0,18
Valle d'Aosta	0,39	0,37	0,37	0,10	0,1	0,11
Veneto	5,53	5,50	5,49	0,85	1,04	1,03
Abruzzo	1,79	1,77	1,75	0,23	0,26	0,27
Emilia Romagna	7,85	7,65	7,64	0,98	1,21	1,21
Friuli Venezia Giulia	1,33	1,29	1,28	0,22	0,26	0,27
Lazio	28,9	28,3	28,2	2,51	3,11	3,08
Liguria	9,28	8,81	8,79	1,07	1,34	1,34
MARCHE MODAL	89,7	87,4	87,3	10,2	12,5	12,6

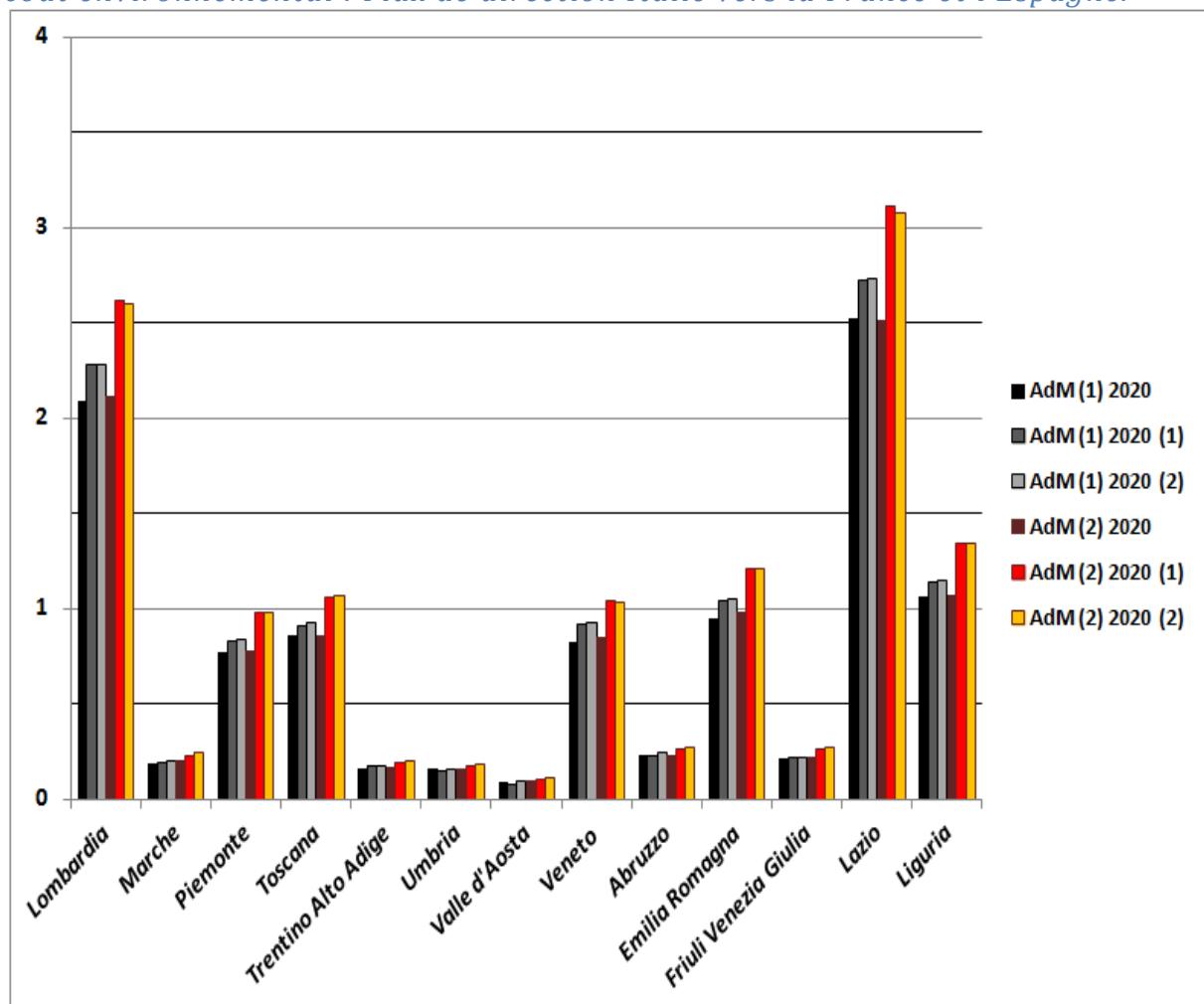
Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 77: Partage de marché entre les transports routiers et les AdM par le coût environnemental : Flux de direction Italie vers la France et l'Espagne.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Figure 78: Partage de marché entre les transports routiers et les AdM par le coût environnemental : Flux de direction Italie vers la France et l'Espagne.



Source: J. Ndayishimiye, (2013).

En conclusion, la typologie des coûts répartis dans les scénarios de 2020(0), de 2020(1) et de 2020(2), montre un dynamisme réel des parts de marchés des AdM. La croissance des marchés d'AdM a presque doublé, comparativement au scénario 2020(0), basé sur la répartition des trafics réels observés en 2009. La croissance est beaucoup plus affirmée avec l'application de la politique du remboursement d'une partie des frais de transport aux usagers des lignes d'AdM. Un nouvel équilibre est atteint entre les marchés régionaux des flux émis et reçus des AdM, avec surtout l'émergence de nouveaux marchés régionaux et la consolidation des marchés existants par rapport aux résultats des coûts internes de transport. Les marchés des AdM deviennent plus compétitifs avec l'application de la typologie des coûts environnementaux.

Conclusion

L'évaluation spatiale du commerce international de fret entre le sud de la France, l'est et le nord de l'Espagne et le centre et le nord de l'Italie montre clairement un bon dynamisme dans les changements en fonction de beaucoup de paramètres. Les résultats obtenus ont permis d'identifier spatialement les principales régions qui émettent et reçoivent plus de trafic que d'autres. Dans le second chapitre, nous avons développé un Potentiel Global qui montre le rôle et la capacité des unités spatiales dans les échanges internationaux. Nous appliquons ces Potentiels Globaux, en remplacement des quantités de marchandises transportées, pour évaluer le choix et le partage modal entre la route et les AdM.

Dans le but de tester ce modèle, nous déterminons trois scénarios sur la base des lignes de transport maritime existantes et de lignes proposées, toujours comparativement au transport routier. Ces trois scénarios ont été étudiés par rapport à différentes typologies des coûts de transport (basées sur le soutien apporté ou non aux AdM) ainsi qu'à la croissance haute de 5% envisagée pour le scénario haut, de 2% pour le scénario moyen et de 0% de croissance pour le scénario bas. Des changements importants et des dynamiques des structures des marchés ont été présentés à travers l'analyse des flux régionaux.

Le modèle développé, est un outil de simulation des flux de fret permettant de comparer l'évolution des marchés des modes de transport par référence aux différents scénarios et aux différents coûts de transport.

Les résultats des simulations selon les différentes typologies des coûts de transport donnent les changements suivants : Pour les coûts internes marginaux, le partage modal varie entre 1,4% et 7,8% pour les AdM. Pour le transport routier, le pourcentage du partage modal varie de 92,2% à 98,6%. Le transport routier reste dans ce cas très avantageux par rapport aux AdM. Avec l'introduction des nouvelles lignes d'AdM 2020(2), l'impact du transfert modal, se traduit par une légère augmentation variant entre 1,1% et 3%. L'impact des coûts généralisés est pour les AdM, dans le scénario de 2020(1), de 2,54% en France et en Espagne et, de 2,36% en Italie. Cet impact est une conséquence directe de la réduction du trafic routier due à l'accroissement des coûts des externalités par rapport aux coûts internes de transport. Un impact très important a été observé dans le scénario de 2020(2) avec un pourcentage variant entre 2,22% et 2,93%.

En plus des coûts des externalités, le renforcement des coûts environnementaux apporte une nouvelle croissance et une consolidation des marchés des AdM. Les changements apportés sur le trafic dans le scénario de 2020(1) est approximativement de 1,07% à 5,24% en France et en Espagne, et de 4,47% à 4,86% en Italie. Cet impact est renforcé avec les nouvelles lignes proposées 2020 (2) avec à peu près 2,21 à 5,98% en France et en Espagne, et de 4,51% à 5,41% en Italie, en comparaison aux coûts internes.

Les marchés naturels des AdM, sans aucune politique d'encouragement, sont soumis à la compétitivité et à la concurrence élevée du mode de transport routier. L'application des différentes politiques et mesures d'accompagnement a permis d'accroître les marchés d'AdM. Cette recherche a permis de confirmer le rôle des Potentiels Globaux résumant les facteurs explicatifs comme une valeur qui prévoit mieux l'évolution des marchés par une prise en compte effective des nombreux paramètres. Les coûts de transport jouent également un rôle prépondérant sur l'évolution des marchés et leurs localisations.

CHAPITRE IV. IMPACT DES AUTOROUTES DE LA MER SUR LA RESTRUCTURATION ET LA RECOMPOSITION SPATIO-TEMPORELLE DES AIRES D'ENTREPOT A L'HORIZON 2020.

Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est de localiser les aires des services d'entreposage potentiel pour le développement et le fonctionnement du transport par AdM comparativement au transport routier. Dans le second chapitre, nous avons montré la répartition spatiale des services de la logistique, selon le nombre d'emplois dans la logistique ou le nombre d'entreprises. Dans ce chapitre, nous utilisons une variable spatiale pour mesurer le phénomène d'évolution des structures d'entreposage. L'analyse statistique des données des constructions commencées des aires d'entrepôt, sur une très longue période d'observation (entre les années 1986 et 2010), permet de repérer les caractéristiques et les tendances des localisations et des changements des aires d'entreposage.

La relation avec les AdM est introduite par la mesure de l'accessibilité territoriale à partir des points d'origine vers l'ensemble de l'hinterland portuaire du sud de la France. À partir de l'accessibilité offerte par chaque mode de transport, les différences et les avantages d'un mode par rapport à un autre mode, permet de localiser les espaces de compétitivité modale ou non pour les AdM.

La confrontation et la superposition des résultats de l'accessibilité des services des AdM par comparaison aux services du transport routier, les niveaux de classification des aires d'entreposage ainsi que les parts de marchés régionaux obtenues, serviront à établir des cartes de synthèse de la localisation des espaces d'entrepôt potentiels pour le développement des AdM. L'application de la politique de promotion des AdM renforce et restructure les dynamiques spatiales de l'évolution des systèmes d'entreposage. Les résultats montrent pour les échanges du sud de la France avec la Lombardie et la Ligurie, une organisation des aires d'entrepôt en pôles, un rapprochement progressif vers les ports et un effet de frontière bien évident pour les territoires transfrontaliers. Pour les échanges avec la région du Latium, un nouvel axe d'entreposage partant du littoral jusqu'au pôle de la région Rhône-Alpes et une restructuration du littoral autour des ports de Sète et Marseille, expriment un potentiel élevé de développement des AdM.

Section III. Localisation des services de la logistique et des espaces à enjeux dans le transport international de fret

Une étude de cas spécifique des échanges entre le sud de la France et les régions italiennes montre les changements survenus dans l'organisation des services d'entreposage. Il s'agit d'une analyse spatiale plus approfondie des structures et des recompositions spatio-temporelles des systèmes de la logistique en fonction de l'accessibilité spatiale offerte par les AdM. Les potentiels globaux, le partage modal et les pourcentages des marchés d'AdM obtenus seront confrontés à des données spatiales de la logistique et de l'accessibilité. Ceci nous permettra de localiser avec précision et en fonction des critères spatio-temporels les espaces de desserte potentielle pour le développement des AdM.

Mais avant d'effectuer ces mesures d'accessibilité, il est important de comprendre les structures et l'évolution des aires d'entreposage sur une longue période d'observation (de 1986 à 2010). Ceci nous permet d'ores et déjà de repérer les phénomènes majeurs ayant caractérisé les services d'entreposage, les sens, les directions d'évolution et les restructurations spatiales majeures.

III.1. Théories et modèles de mesure de l'accessibilité spatiale dans le transport international de fret : Méthodologie générale pour la modélisation des structures et des recompositions spatio-temporelles des systèmes logistiques.

La démarche méthodologique entreprise dans cette modélisation cherche à montrer l'évolution spatio-temporelle des systèmes logistiques en fonction de l'accessibilité offerte par les services de transport de fret. Une attention particulière a été portée aux services logistiques en tant que variable spatiale mesurée par les constructions commencées des aires d'entrepôts pour chaque unité spatiale et pour chaque année d'étude.

Cette donnée est en second lieu couplée aux résultats obtenus sur le partage et le transfert modal, pour ne garder que la partie des systèmes logistiques qui se prêtent bien au développement des AdM. Les autres variables utilisées sont : les distances temps et coûts de transport de l'accessibilité spatiale des transports routiers et des AdM ainsi que les résultats de la répartition spatiale des marchés des AdM obtenus à travers les potentiels globaux dans les échanges internationaux.

La compétitivité territoriale des AdM (en projet) reliant les ports français aux ports italiens - comparativement au transport routier - est mesurée par l'apport de l'accroissement de l'accessibilité territoriale des activités logistiques. Cette compétitivité dépend donc de l'organisation territoriale des réseaux de transport, de la structure des nœuds de ce réseau et de la localisation des aires d'entrepôts de marchandises (Figure 79).

Dans la littérature existante sur la thématique de la mesure de l'accessibilité territoriale, nous pouvons mentionner les travaux de C. Ferrari *et al.* (2010) qui utilisent un modèle gravitaire pour mesurer la connexion des ports de la Ligurie à leur hinterland. Ces auteurs opposent notamment la distance comme facteur classique d'accessibilité à la meilleure connectivité terrestre. Une explication est donnée sur les liens entre le transport de conteneur, les relations avec l'hinterland et les facteurs spatiaux qui influent sur les échanges terre-mer. Le transport de marchandises répond à la nécessité des échanges entre le port et son aire de chalandise. De fait, les travaux existants sur les mesures d'accessibilités sur l'hinterland portuaire utilisent les principaux facteurs spatiaux et a-spatiaux qui ont un impact sur la desserte des produits embarqués ou débarqués sur les terminaux portuaires. Les modèles gravitaires se prêtent bien à ces mesures en multipliant souvent les valeurs échangées entre une origine et une destination par les distances parcourues. Les résultats obtenus par ces auteurs révèlent la diminution du facteur distance dans son influence sur l'accessibilité portuaire. La distance apparaît comme un facteur moins significatif dans les trafics observés aussi bien sur les ports que sur l'hinterland des ports Ligures, C. Ferrari *et al.*, (2010). Les effets de barrière sont remarquables sur les flux de la traversée des Alpes.

L'analyse de la compétitivité du cabotage fluvial face à la concurrence modale avec les autres modes de transport permet également de montrer les parts de marché spécifiques à chaque mode de transport étudié. R. Konings *et al.* (2000) établissent une référence pour les ports dans la prise de décisions d'acheminer leurs marchandises vers l'hinterland. Leur modèle prend en compte la qualité des services du transport en même temps que les quantités de marchandises transportées. De même, l'enquête conduite par S. Kapros (2002), sur l'identification de variables clés du choix de l'utilisation du transport intermodal, l'identification des groupes d'acteurs ayant les attitudes communes et l'identification des décisions d'adhésion à un mode de transport plutôt qu'à un autre, vise à la délimitation des parts de marché. Son travail souligne l'importance du facteur coût de transport et de la fiabilité dans les grands critères d'utilisation des services du transport intermodal. La classification dans trois principaux groupes selon les corrélations entre les critères identifiés et les aspects qualitatifs, a permis de distinguer entre le groupe des coûts de qualité orientée (quality-cost oriented group), le groupe spécifique (specific group) et le groupe des coûts orientés (cost oriented group).

A. Cappato et E. Musso (2000) classent les infrastructures selon une échelle de vérité concernant les facteurs d'accessibilité de 0 à 1. Les principales infrastructures évaluées sont les autoroutes, les aéroports, les gares et les terminaux portuaires. Ces auteurs donnent un canevas de base pour les décideurs dans le choix d'un port bien placé, en définissant les niveaux d'accessibilité offerts sur les diverses infrastructures et services. L'espace est abordé par le biais des infrastructures continues et interreliées entre elles par les réseaux de transport. Lopez (2008) soulève une question sur la compétitivité et la complémentarité entre le sea-river (cabotage fluvial) et les autres modes de transport terrestres reliant les ports méditerranéens avec leur hinterland. L'impact du sea-river comparativement au transport

terrestre est étudié par une cartographie générale, prenant en compte les points de départs et d'arrivée du fret et les dynamiques développées autour des principaux nœuds d'échanges de fret.

D'autres travaux sont menés sur les impacts des corridors de fret sur les dynamiques socio-économiques et environnementales des territoires traversés. Le corridor de fret est défini comme une ligne de transport dont la desserte sur les zones d'activités ou les villes situées à ses alentours varient selon les différents niveaux d'accessibilité. Dans cette thématique, les travaux de R. Aronietisa *et al.* (2011) établissent une comparaison entre le port d'Anvers et un port polonais de Gdansk/Gdynia. Leur approche par corridor montre l'évolution du partage modale entre les principaux modes de transport de marchandises utilisés. La variation des flux le long de principaux axes comparés dépend donc de la concurrence et du niveau de compétitivité modale face à des marchés qui varient selon les stratégies et les organisations mises en œuvre. La méthode qualitative d'analyse d'impact relève des facteurs ayant une grande influence sur le devenir des transports de fret. Les différents scénarios sont établis selon le contexte des marchés et les liaisons des ports avec leurs arrière-pays. Leur approche offre une possibilité de prévoir les croissances de fret, d'évaluer les changements du transport routier et enfin d'aborder avec plus de clarté la question du transfert modal de la route vers les modes alternatifs.

Un travail similaire de S. Kapros (2010) étudie les marchés des autoroutes maritimes en analysant le rôle joué par les principaux acteurs et les politiques européennes d'encouragement et de promotion des transports durables. Il revient sur les principaux programmes européens qui en général tournent autour du partage modal dans le transport de fret, sur la réduction des impacts du transport routier, sur la promotion des autoroutes maritimes en intermodalité avec les transports terrestres. De nombreux travaux utilisent donc le modèle gravitaire dans l'analyse spatiale des flux et dans l'étude des réseaux de transport de fret. Ce modèle permet notamment de montrer l'influence qu'un point de desserte peut exercer sur la clientèle située autour de lui.

D. Pumain et T. Saint-Julien (2010) se réfèrent au modèle de W. Reilly pour étudier l'influence des établissements de commerce et des services. Le principe de base de ce modèle stipule que l'attraction d'un centre est proportionnelle à son importance et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les séparent du consommateur. Les relations entre la distance qui sépare le centre et le client sont à la base du modèle de W. Reilly. Dans le transport international de fret, les ports sont reliés quotidiennement par les flux terrestres en provenance ou en direction des usagers situés sur les arrière-pays. Ces usagers sont entre autres des industriels, des entreprises de transport et des consommateurs divers. Ils sont localisés dans l'espace et leur appartenance à l'arrière-pays portuaire dépend de leur proximité et des coûts de transport payés pour accéder aux services portuaires.

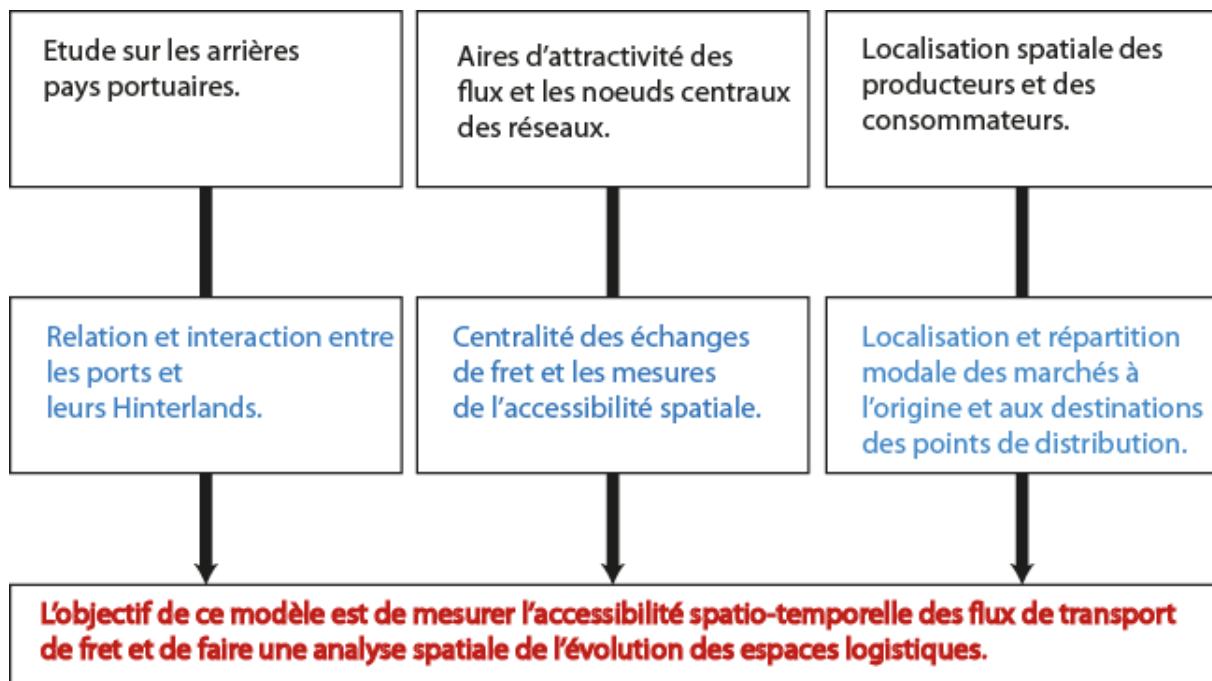


Figure 79: Accessibilité spatio-temporelle des flux portuaires vers les hinterlands.

Source : J. Ndayishimiye, (2013).

G. Biba et al. (2005) analysent la variation des aires de marché du commerce de gros. Les mesures d'accessibilités aux zones commerciales s'établissent autour des lieux atteints selon les distances et le temps de parcours. Ce zonage intègre en outre une enquête origine/destination menée dans le but de déterminer les localisations de la clientèle des commerces étudiés. La concurrence existant entre les centres commerciaux se mesure par la superficie commerciale, le nombre de commerces et les parts de marché des clients potentiels qu'un centre attire par rapport aux autres centres. Cette comparaison aboutit à une subdivision territoriale, hiérarchisée selon le niveau du centre, les temps et les distances définies par les tampons. De même, C-W. Yang et Y-C. Sung (2010) analysent l'impact de la variation des marchés à la suite de l'introduction d'un nouveau mode de transport. Les changements dans le comportement des usagers sont analysés par une comparaison entre la situation avant et après cette introduction. Le choix modal dépend donc de plusieurs facteurs dont le temps des trajets, les fréquences et les autres raisons liées à la qualité des services assurés par un mode de transport. Fusco G. et Caglioni M. (2010) analysent la variation et l'évolution spatiale des aires fonctionnelles autour des bassins d'emploi de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur. L'optimisation à une fonction se base sur la maximisation d'un profit qu'un membre appartenant à une communauté donnée peut bénéficier vers un centre plutôt que vers d'autres centres. Les adhérents au centre se déplacent selon la maximisation à des fonctions spécifiquement recherchées vers les centres les plus attrayants. Leur travail détermine, en effet, les aires fonctionnelles à partir des flux empiriquement mesurés.

Ces travaux explicités dans les lignes précédentes montrent l'apport de l'accessibilité spatiale sur le partage et la compétitivité modale. L'évaluation quantitative et qualitative des clients à desservir autour des aires d'influence d'un point d'approvisionnement. Pour le cas des AdM, les clients potentiellement desservis sont les industriels et les zones d'activités utilisatrices des services de transport maritime. La localisation des zones d'activités et des industries dans les aires de marché offre une nouvelle interprétation quantitative et qualitative de l'influence des activités portuaires. Nous mesurons l'accessibilité spatio-temporelle des services d'entreposage et de la logistique par le rôle qu'ils jouent dans l'organisation et la gestion des flux de transport vers toutes les autres activités.

III.2. Localisation spatiale des services de la logistique dans leur évolution spatio-temporelle : Niveau départemental

Les données portent sur les constructions des aires de services d'entreposage, sur toute la période de 1986 à 2010. Avant de mesurer l'accessibilité spatiale de ces entrepôts, nous allons présenter d'une façon globale, les différents phénomènes ayant caractérisé les dynamiques spatio-temporelles des aires d'entreposage départemental selon leur taille et le temps (entre 1986 et 2010).

La méthodologie générale utilisée pour classifier les différents départements consiste en une subdivision des aires d'entreposage logistique selon les moyennes arithmétiques. En effet, un groupe des classes départementales selon l'importance de la taille de l'entrepot permet de voir l'évolution ou le recul des activités d'entreposage. Les quatre classes retenues concernent les départements ayant des aires d'entreposage inférieures à 10.000 m^2 , les départements ayant entre 10.000 m^2 et 30.000 m^2 , les départements ayant entre 30.000 m^2 et 50.000 m^2 et enfin les départements ayant plus de 50.000 m^2 :

- Pour les aires de services d'entrepôt départemental ayant une superficie inférieure à 10.000 m^2 , établie en fonction de la moyenne arithmétique des années 1986 à 2010 (Fig. 80) : Pour les départements ayant une superficie d'entreposage d'une moyenne inférieure à 10.000 m^2 (Fig. 80), on remarque un phénomène d'évolution au cours du temps tendant vers une homogénéisation des superficies entre 10.000 m^2 et 5.000 m^2 . Les différences des aires d'entreposage qui apparaissent au cours des dix premières années s'estompent progressivement, et la tendance vers la réduction des aires d'entreposage dans cette classe est très remarquable. Les aires d'entrepôt subsistant sont des superficies d'entrepôt de proximités. Ces départements perdent leur superficie d'entrepôt à partir des années 2000 au profit des grands centres d'entreposage. Avec néanmoins, un léger accroissement des aires de la logistique à partir de l'année 2007 jusqu'en 2010 ;

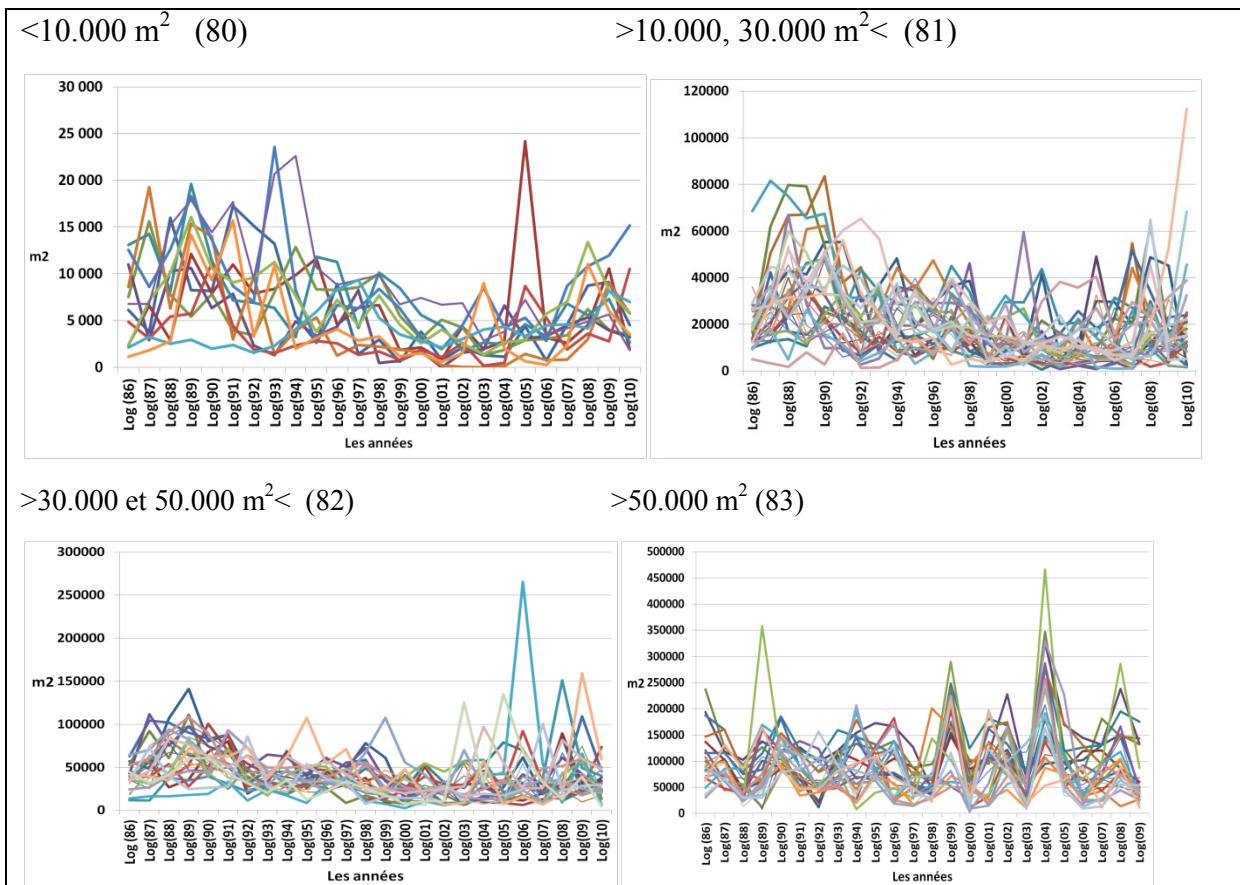


Figure 80: Evolution spatio-temporelle des aires d'entrepôts départementaux dans la classe moyenne inférieure à 10.000 m² (entre 1986 et 2010).

Figure 81: Evolution spatio-temporelle des aires d'entrepôts départementaux dans la classe moyenne entre 10.000 et 30.000 m² (entre 1986 et 2010).

Figure 82: Evolution spatio-temporelle des aires d'entrepôts départementaux dans la classe moyenne entre 30.000 et 50.000 m² (entre 1986 et 2010).

Figure 83: Evolution spatio-temporelle des aires d'entrepôts départementaux dans la classe moyenne supérieure à 50.000 m² (entre 1986 et 2010).

- La seconde classe est celle d'une moyenne variant entre 10.000 et 30.000 m² de superficie d'entreposage entre les années 1986 et 2010 (Fig. 81). Dans cette classe, un nouveau phénomène apparaît dans les dix dernières années d'évolution des aires d'entreposage : Ce phénomène est une nette distinction entre les aires d'entreposage qui diminue avec une tendance très prononcée d'évolution vers les classes des superficies inférieures à 10.000 m². Les entrepôts desservant plusieurs industries disparaissent faisant place à des entrepôts de proximités. Le second phénomène concerne une deuxième catégorie d'entrepôt qui attire plus d'activités de stockage, augmentant en même temps la superficie des entrepôts jusqu'à

environ 40.000 m². On remarque aussi une dispersion des aires d'entrepôt suivie d'un accroissement de superficies dans quelques départements à partir de l'année 2006;

- Au-delà 30.000 m² de superficie moyenne (Fig. 82), les entrepôts se stabilisent et varient moins que dans les classes précédentes. Seulement, un phénomène attire notre attention, il s'agit d'une classe d'entrepôt de la superficie supérieure à 80.000 m² qui se démarque nettement des entrepôts concentrés dans les classes inférieures à 50.000 m². On passe ainsi d'un entrepôt de proximité, à un entrepôt partagé entre plusieurs industriels à un entrepôt régional avec des aires de dessertes plus étendues. Ce phénomène est observable à partir de l'année 2002, où quelques départements passent de la classe de 30.000 m² à 50.000 m² vers les classes supérieures ;

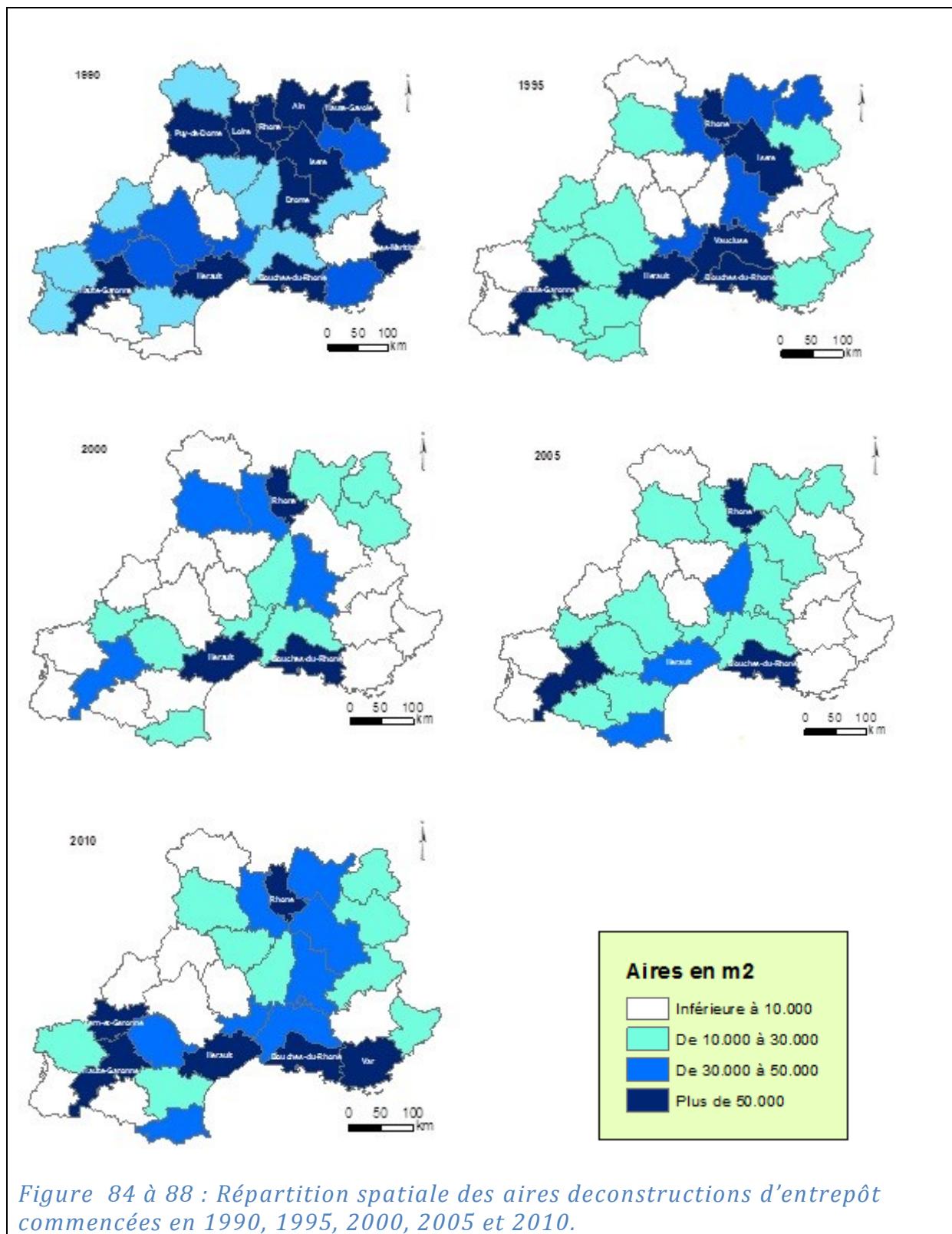
- Au-delà des 50.000 m² de superficie moyenne, on passe dans une classe tout à fait particulière : la dispersion remarquée dans les 3 classes précédentes disparaît au cours des 10 premières années. Cette dispersion est remplacée par une série d'alternance des creux et de bosses sur les courbes d'évolution selon les nouvelles constructions des aires de services d'entrepôt. À des années de fortes constructions succèdent des années de chutes des constructions (d'une période moyenne de trois ans à partir de l'année 1999). Cette classe est celle des entrepôts de type régional ou européen desservant plusieurs industriels à la fois et dans des sites bien localisés en fonction des infrastructures et de l'accessibilité offerte par les services de transport (Fig. 83).

Pour montrer spatialement l'évolution de ces phénomènes, les figures 84 à 88, reprennent les aires d'entreposage départementales représentées sur les précédents graphiques à différentes années (1990, 1995, 2000, 2005 et 2010). L'objectif est de pouvoir repérer les directions et le sens d'évolution des aires d'entreposage logistique d'un département à un autre, de distinguer les départements qui gagnent en superficie de ceux qui perdent et de comprendre leur évolution future.

Les figures 84 à 88 montrent une répartition spatiale des classes d'entreposage décrites dans les précédents paragraphes. Cette répartition des constructions commencées des aires de services logistiques renforcent l'explication des phénomènes détectés sur les représentations graphiques entre les différentes classes. Un déplacement des activités, une concentration autour de certains départements qui voient leur fonction de stockage évoluer vers les services plus élargis, et enfin, une localisation le long des infrastructures et superstructures (les corridors de fret, les ports et les entrées frontalières) sont les principales lignes marquantes de la distribution spatiale des activités d'entreposage.

Un développement axial des activités d'entreposage caractérise l'image des tendances d'évolution observée entre les figures 87 et 88, sur les périodes 2005 et 2010. Le long des grandes infrastructures de transport routier et maritime à partir des grands centres urbains centralisant les flux de transport et les activités logistiques. Les aires d'entreposage doivent être confrontées à d'autres variables explicatives des flux de transport de marchandises à

l'international pour mieux comprendre l'évolution précise des systèmes de la logistique et d'entreposage.



Ces données sont ensuite rentrées dans un Système d'Information Géographique sous le mode vecteur. L'analyse spatiale de ces données exige néanmoins leur conversion en mode raster qui sera suivie de leur reclassification afin de permettre une comparaison avec les autres données raster.

La localisation des aires de services logistiques est suivie par une reclassification des sites selon les fréquences obtenues et la pertinence de la représentativité spatiale des classes. Les classes établies varient de 0 pour la faible valeur à plus de 100.000 m² pour les plus fortes valeurs. Par un ordre de grandeur croissant, une subdivision générale en 9 classes, a été établie :

- 1^{ère} classe 0 à 10.000 m²
- 2^{ème} classe 10.000 m² à 20.000 m²
- 3^{ème} classe 20.000 m² à 30.000 m²
- 4^{ème} classe 30.000 m² à 40.000 m²
- 5^{ème} classe 40.000 m² à 50.000 m²
- 6^{ème} classe 50.000 m² à 70.000 m²
- 7^{ème} classe 70.000 m² à 100.000 m²
- 8^{ème} classe Plus de 100.000 m²
- 9^{ème} classe No data : Pour les valeurs où les pixels ne font pas partie des classes précédentes.

Cette rastérisation des valeurs des aires d'entrepôts ainsi que leur classification permet de les comparer avec d'autres données classifiées dans différentes classes selon les unités de valeurs et l'importance du phénomène étudié. La comparaison avec les autres variables explicatives sera donc faite par les classes plutôt que par les valeurs absolues de ces variables.

III.3. Les parts de marché des AdM et les espaces à enjeux pour le transport intermodal

L'accessibilité spatiale est mesurée à partir des points d'origine situés vers la macro-région extérieure au territoire d'étude. Trois cas d'étude seront étudiés pour faire des comparaisons selon l'éloignement physique des points, les coûts de transport, l'influence de la variation des poids des échanges entre les territoires et la proximité ou l'éloignement par rapport aux points d'entrée transfrontaliers et portuaires. Il s'agit des points d'origine des régions du Latium, de la Ligurie et de la Lombardie.

Les distances-temps sont étudiées en fonction des courbes d'un intervalle moyen d'une heure pour le transport routier et pour le transport par les AdM. La superposition puis la différence algébrique entre les temps et les coûts modaux donnent directement la répartition spatiale des zones accessibles pour un mode de transport comparativement à l'autre. Cette opération est faite uniquement sur les coûts unitaires pour un seul véhicule avec un taux de chargement moyen par rapport aux deux modes de transport.

Les résultats obtenus sont reclassés en fonction de la pertinence territoriale et leur comparaison par rapport aux données logistiques et à la capacité spatiale des AdM exprimée par les pourcentages de la répartition modale obtenue par les potentiels globaux.

Les points d'origine pris comme références sont donc des centroides des régions suivantes: La Lombardie, La Ligurie et Le Latium. Les mesures de l'accessibilité offerte par les modes de transport routier et par les AdM se font à partir de ces points d'origine.

Les services du transport routier passent par les points transfrontaliers entre la France et l'Italie. Tandis que les services du transport intermodal passent par les ports de Sète et de Marseille. Les mesures de l'accessibilité spatiale seront donc faites à partir de ces espaces portuaires vers l'ensemble des hinterlands portuaires. Il est donc important de comprendre les espaces majeurs autour desquels se mesurent l'évolution et la restructuration des aires d'entreposage. En effet, pour le transport international de fret par AdM les espaces à enjeux qui structurent ces échanges sont donc les ports (ou point d'intermodalité entre mer-terre), la ligne de démarcation frontalière entre les différents pays, les corridors de fret reliant les ports aux grands marchés de transport par AdM ainsi que les lieux de stockage ou de transbordement situés sur l'hinterland. La variable étudiée dans ce paragraphe représente les parts de marché des AdM par rapport au marché routier.

Les figures 89, 90 et 91 montrent une répartition spatiale des marchés des AdM évaluée comparativement aux marchés du transport routier (chapitre trois). Pour l'année 2005, (Fig.89) la région PACA plus l'axe européen Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes, disposeraient de marchés importants par rapport aux autres régions. En 2009, (Fig. 90) cette situation a évolué vers un accroissement des marchés de la région Rhône-Alpes par rapport aux marchés de la région PACA. Le sud-ouest garde des marchés relativement moyens mais reste un territoire de traversée des flux de transit en provenance du sud et de l'ouest de l'Europe, et plus particulièrement des flux de transport espagnols. En 2020, (Fig.91) les marchés des AdM se renforcent dans la partie est et sud-ouest. La représentation graphique des parts de marchés à un niveau d'observation régional ne fait pas apparaître les différences des densités des flux de transport sur le réseau ni les lieux d'émission ou d'attraction de ces flux au niveau inférieur. La localisation exacte de ces lieux peut néanmoins être estimée par la confrontation avec des variables observées à un niveau départemental. Cette confrontation nous éclaire sur les réalités des poids des émissions ou des attractions de flux de marchandises à une échelle fine du territoire.

Les résultats du partage modal entre le transport routier et les AdM sont développés avec plus de détails dans le chapitre précédent. Nous retenons donc cette donnée compte tenu de l'importance de cette variable sur le phénomène de localisation des aires d'entreposage des marchandises et de l'organisation des activités logistiques.

Cette répartition spatiale des parts de marchés des AdM et des activités de la logistique dans leur évolution spatio-temporelle constitue une base importante de la connaissance territoriale des flux internationaux de fret. Ces deux variables seront confrontées aux résultats des

mesures de l'accessibilité offerte par les services du transport intermodal, évalués sur les arrière-pays portuaires, en fonction des temps, des coûts internes de transport et des coûts environnementaux intégrant les coûts de la pollution et les politiques de promotion des AdM.

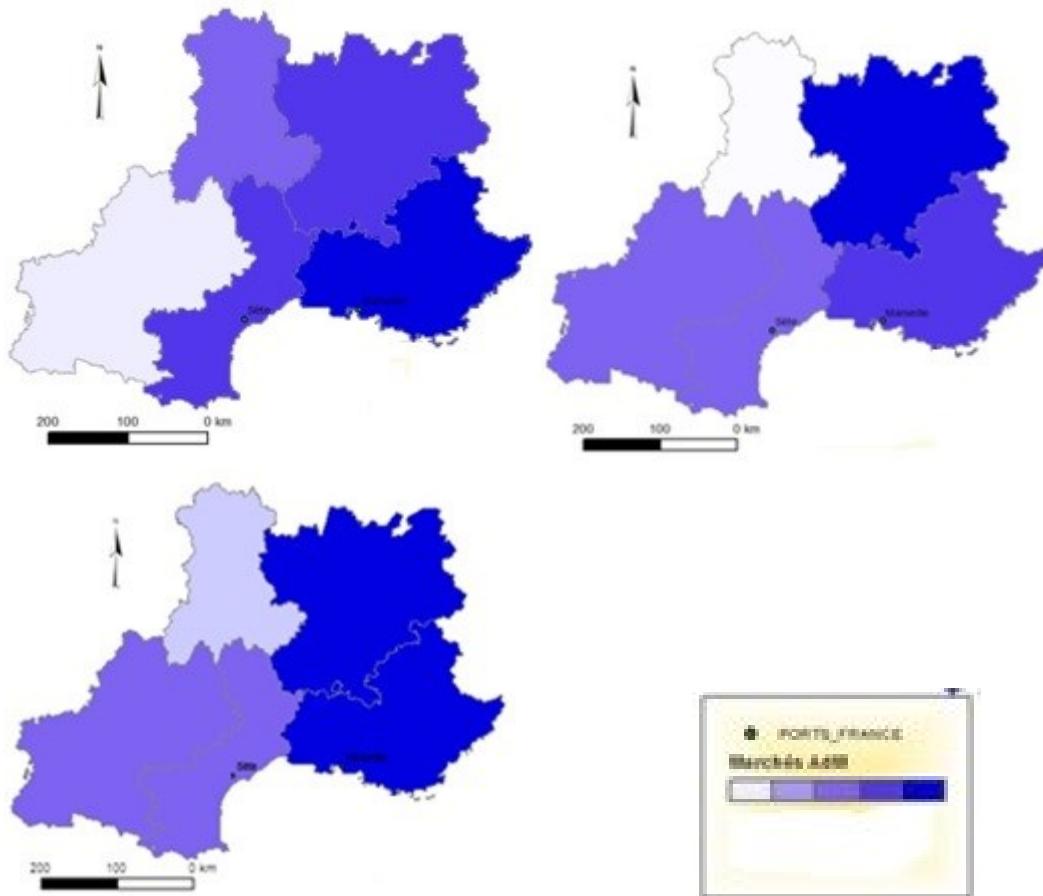


Figure 89: Les parts de marchés des AdM en 2005 par rapport aux marchés routiers.

Figure 90: Les parts de marchés des AdM en 2009 par rapport aux marchés routiers.

Figure 91: Les parts de marchés des AdM estimées en 2020 par rapport aux marchés routiers. (Coûts environnementaux)

Section IV. Accessibilité spatiale dans le transport international de fret : Les Autoroutes de la Mer

IV. 1. Accessibilité spatiale : Référence des modèles spatiaux.

La localisation des constructions commencées des aires d'entrepôt peut s'analyser dans ce travail sous deux principaux angles : le premier vise à chercher une corrélation entre la présence des aires d'entrepôts et l'accessibilité offerte par le réseau de transport. L'autre concerne la recherche de l'influence de la localisation des entrepôts par les services modaux offerts par le transport des AdM. Cette localisation est une analyse de la restructuration et de

la recomposition spatiale des aires d'entrepôt en fonction des services de transport offerts. Elle donne une première idée sur les utilisateurs potentiels des centres d'attraction.

Des travaux plus ou moins proches ont été revisités pour mieux comprendre les mesures de l'influence d'une variable sur les autres variables. Le modèle développé par G. Biba et al. (2005) calcule les aires de marchés des centres commerciaux et des commerces de détail au Québec. Pour chaque centre ou commerce, ces auteurs mesurent l'envergure de l'agglomération commerciale qui exprime son poids par rapport aux autres centres qui lui sont rapprochés. L. Chapelon (2006) évalue l'accessibilité territoriale des villes portuaires. Sa méthodologie permet d'évaluer les richesses, les potentiels économiques et la population accessible dans les villes portuaires. Aux tronçons du réseau de transport sont attribuées des variables caractéristiques pour mesurer le temps. Les potentiels sont calculés sur les nœuds du réseau de transport constitués par les principales villes. Sur un niveau européen, l'accessibilité calculée permet d'évaluer et d'établir une comparaison régionale selon les différents niveaux relevés. L'accessibilité est parmi l'un des marqueurs déterminants pour quantifier le rayonnement d'une ville portuaire. Un lien est cherché entre les trafics portuaires et les conditions d'accessibilités des villes. C'est aussi une analyse des flux de pré et post acheminement de marchandises depuis les espaces portuaires vers les villes qui justifient le niveau d'ouverture de ces villes aux marchés européens.

Les travaux sur les interactions spatiales, entre les médecins ou les services de santé par rapport à la localisation de patients, s'inscrivent également dans ce champ de mesure des aires de marché. Les concepts et les théories de base diffèrent certes de ceux utilisés dans le transport de marchandises, mais le processus et les objectifs de ces travaux sont presque les mêmes. La priorité de ces travaux est de pouvoir déterminer le nombre d'habitants ou de patients ayant accès à un service de santé dans des rayons de pas bien déterminés (5 minutes, 20 minutes, etc). W. Lou et T. Whippo (2012) utilisent la méthode appelée « Two-Step Floating Catchment Area method (2SFCA en sigle) » pour mesurer l'accessibilité de la population aux moyens médicaux mis en place par le gouvernement. Le modèle gravitaire utilisé rapporte le nombre de médecins sur la population située à une distance donnée selon les pas déterminés (voire la formule) :

$$A = \frac{\sum S_j d_{ij}^{-\beta}}{\sum P_k d_{kj}^{-\beta}}$$

Le principe suivant est utilisé : pour chaque médecin localisé j , chercher toute population localisée k se trouvant dans une limite de temps de trajet (d_0) à partir du médecin j , et calculer la ratio médecin-population à l'intérieur de cette aire de marché R_j . Et inversement, pour chaque population localisée i , chercher tous les médecins j contenus à l'intérieur de l'aire de marché selon le temps de trajet (d_0) à partir de la population i , et calculer un ratio médecin vers la population. Leurs résultats montrent la variation de la population par rapport au nombre de médecins dans le milieu urbain et dans le milieu rural. La concertation de

médecins dans le milieu urbain offre une accessibilité spatiale plus importante que les services offerts dans des milieux ruraux. Ce travail s'inscrit dans le même raisonnement que le travail de W. Luo (2003) et de F. Wang et W. Luo (2004). Bien que ces travaux concernent la problématique de la santé, le modèle et les principes utilisés diffèrent peu des mesures d'accessibilités spatiales pour le transport de fret. La localisation des aires de services d'entrepôt et l'accessibilité territoriale offerte par les AdM sont deux impératifs complémentaires dans la compréhension et l'évaluation de la compétitivité des modes alternatifs au transport routier.

IV.2. La méthodologie générale d'évaluation des structures et de la recomposition spatio-temporelle des aires d'entrepôt potentiel pour les services des AdM

D'une manière générale, trois principales étapes ont été utilisées dans la localisation spatiale des aires d'entrepôt potentiel pour le fonctionnement des lignes d'AdM à partir des ports de Sète et de Marseille (Fig. 92) :

- D'abord, les mesures de l'accessibilité entre les points d'origine vers le sud de la France pour chaque mode de transport. Cette étape nous permet de repérer à l'aide des différences modales de l'accessibilité, les répartitions spatiales des lieux où les AdM ont plus d'avantages ou non en temps et en coûts de transport.
- Ensuite, la reclassification de ces zones, des aires d'entreposage et des parts de marchés des AdM obtenues dans le troisième chapitre est une seconde étape permettant une comparaison entre les trois variables.
- Enfin, la superposition de ces variables en fonction de leur influence respective et des niveaux de valeurs obtenus permet d'obtenir les résultats finaux issus du croisement des trois variables.

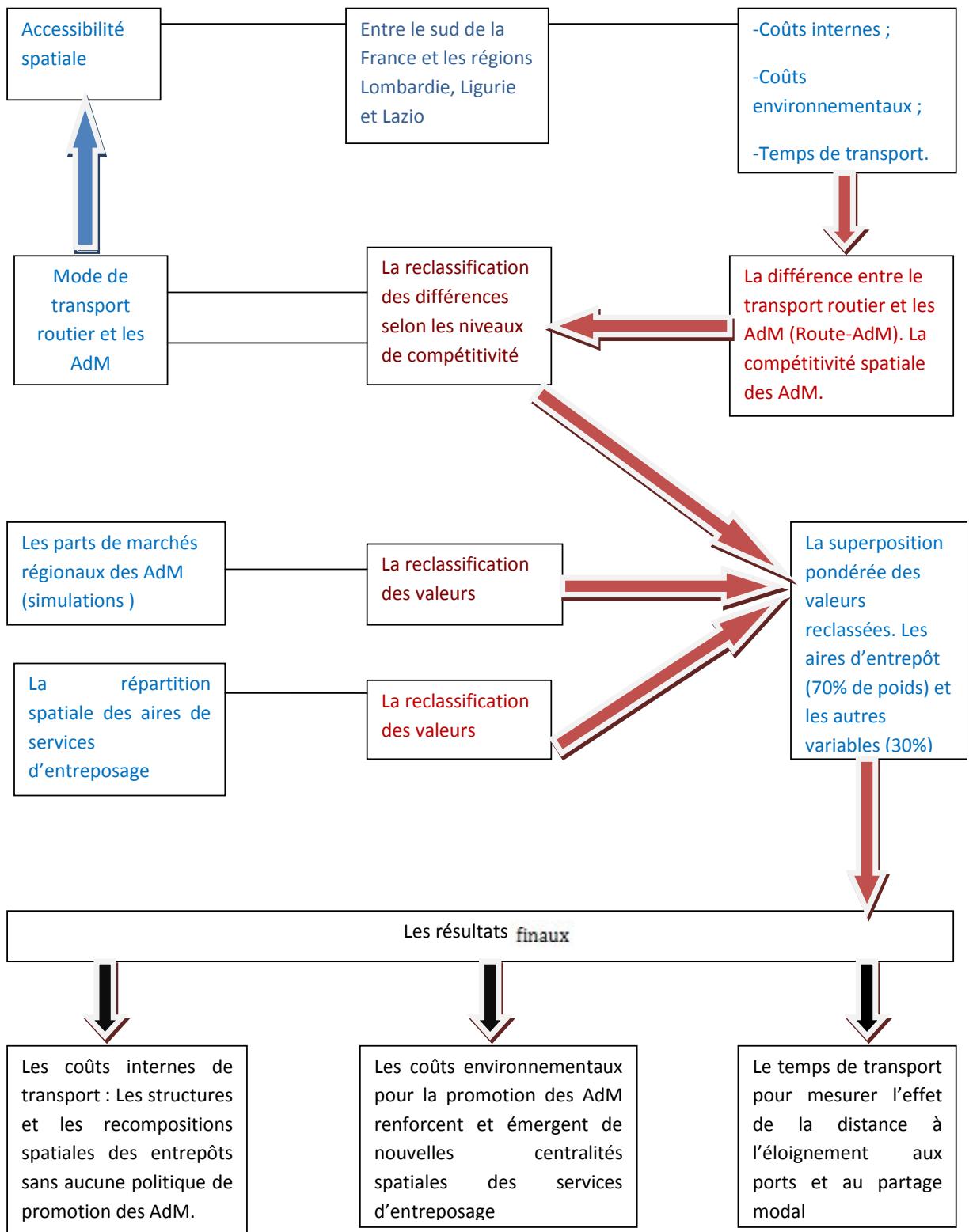


Figure 92: Méthodologie générale de la localisation spatiale des aires d'entrepôt potentiel pour les AdM.

La figure précédente détaille la démarche générale utilisée dans l'évaluation des recompositions spatio-temporelles des aires d'entreposage de fret. De gauche vers la droite, les variables explicatives et la mesure d'accessibilité spatiale, la délimitation de l'aire d'étude et les méthodes d'analyse spatiale utilisées et en bas les résultats escomptés. La pertinence de cette méthode tient à l'utilisation des résultats obtenus par d'autres techniques pour intégrer le maximum de variables dans l'espace des échanges territoriaux.

Les figures 93, 94, 96, 97, 99 et 100 montrent l'accessibilité spatiale offerte par les services de transport des AdM et par le transport routier. Les coûts de transports obtenus dans ces mesures (basés sur les coûts environnementaux) changent d'un trajet à un autre et montrent des structures spatiales des services modaux très variés.

C'est à partir de ces valeurs des services modaux offerts par les deux transports qu'une différence des coûts de transport permet de localiser spatialement les territoires selon leur plus ou moins grande accessibilité potentielle favorable au transport par les AdM. Ces différences des coûts de transport sont représentées sur les figures 95, 98 et 101. Nous remarquons d'emblée un effet de frontière dans la variation spatiale des aires d'accessibilité potentielle des services offerts par le transport intermodal. Ces figures représentent les échanges entre les régions du Latium, de Lombardie et de Ligurie avec le sud de la France. Les différences d'accessibilité montrent bien un avantage certain au niveau des échanges avec le Latium plutôt que la Ligurie et la Lombardie. Sans tenir compte des autres variables, il serait très rentable d'échanger par voie des AdM avec le Latium plutôt qu'avec les deux régions.

Si cette recherche se limite uniquement aux coûts de transport et des services modaux, le rôle majeur de la distance exprimée sous forme de coûts de transport resterait un facteur important de la localisation des zones potentielles pour les flux des AdM. C'est le cas ici où, en général, les coûts de transport se dégradent progressivement de l'est vers l'ouest en fonction de l'éloignement par rapport à la frontière franco-italienne et de deux principaux ports d'entrée des flux (Sète et Marseille).

Etape 1 : Accessibilité par modes de transport (Latium)

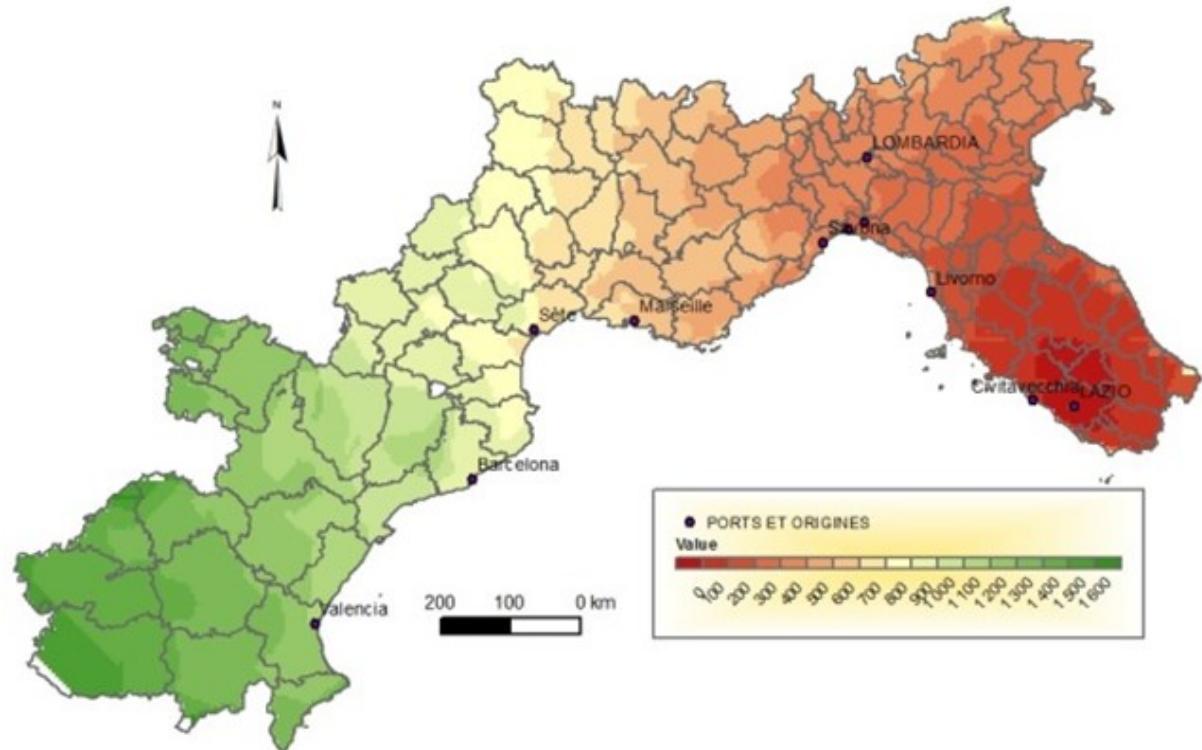
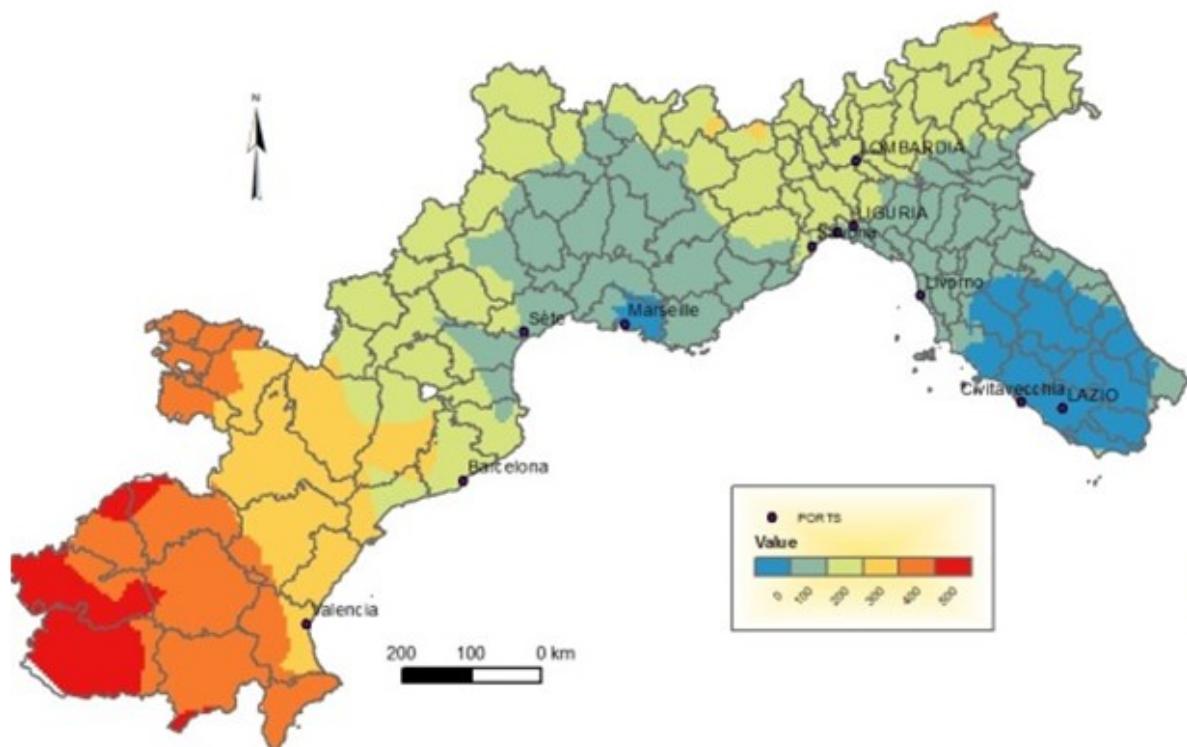


Figure 93 et 94 : Accessibilité des AdM et du transport routier pour les flux en provenance du Latium

Etape 2 : Transport par AdM (93) - Transport routier (94) = (95)

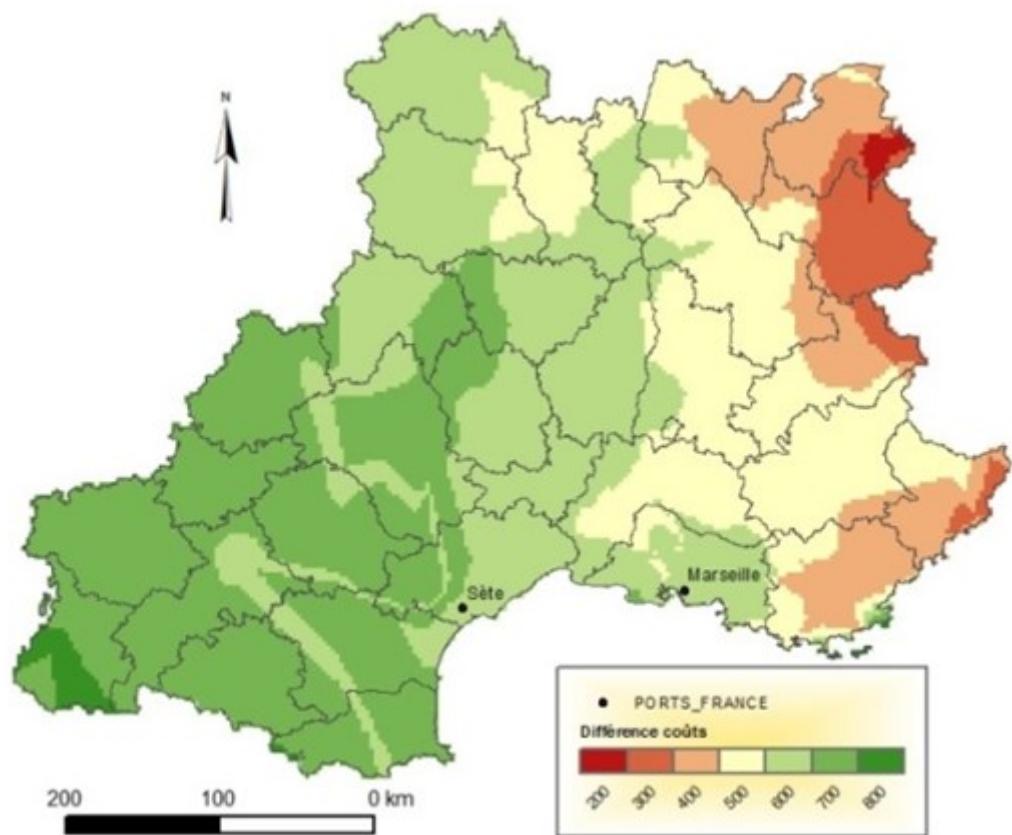


Figure 95 : Différence des coûts environnementaux entre les transports routiers et les lignes d'AdM : Origine des flux en provenance de Lazio.

Etape 1 : Accessibilité par modes de transport (Liguria)

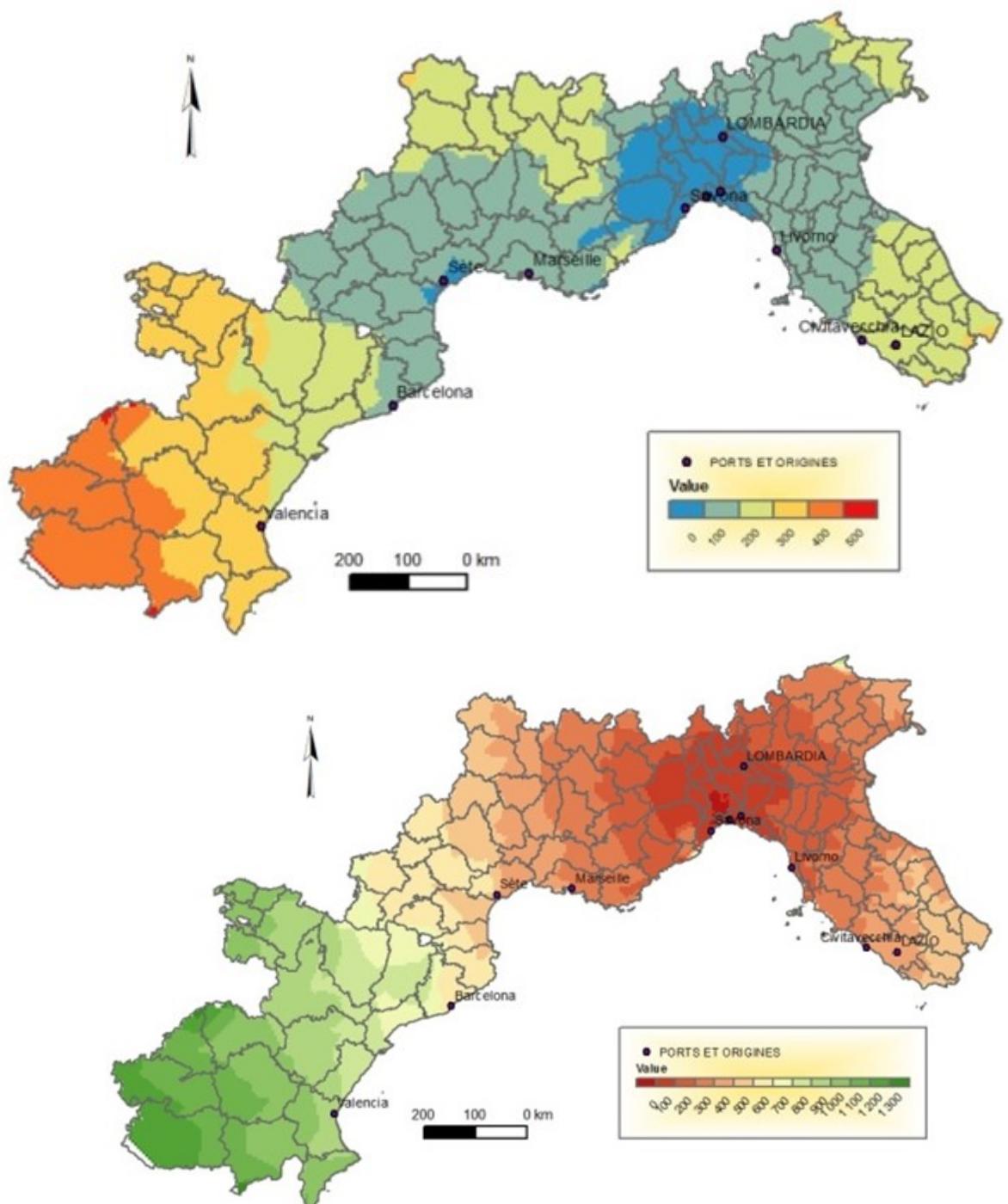


Figure 96 et 97: Accessibilité des AdM et du transport routier pour les flux en provenance de Liguria.

Etape 2 : Transport par AdM (96) - Transport routier (97) = (98)

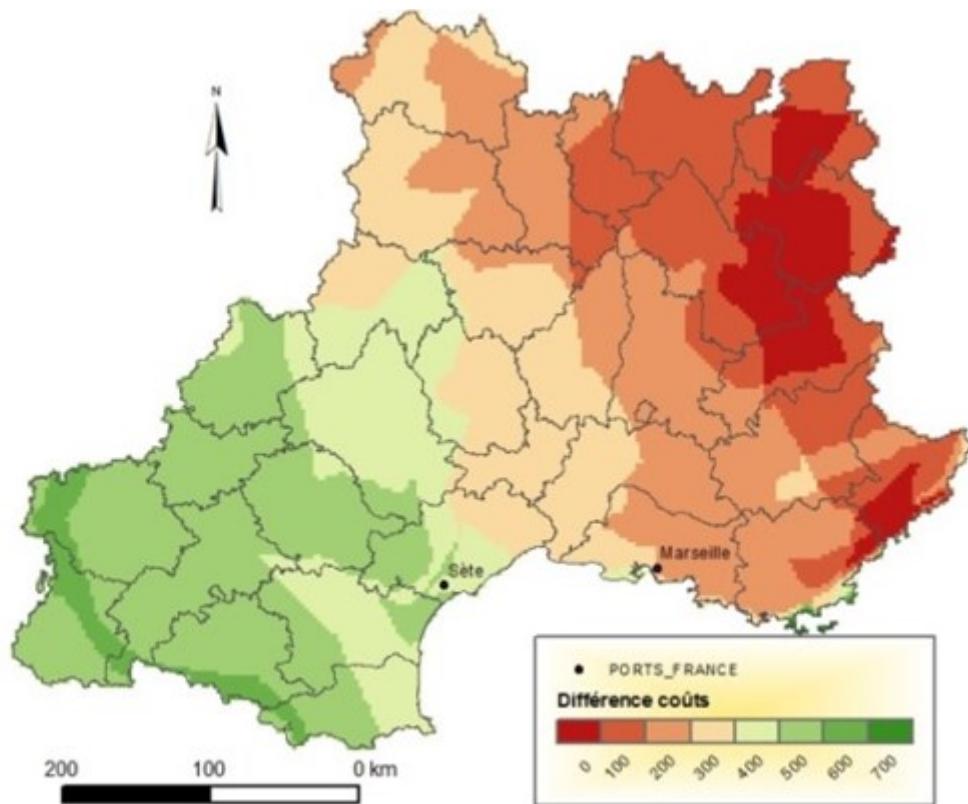


Figure 98 : Différence des coûts environnementaux entre les transports routiers et les lignes d'AdM : Origine des flux en provenance de Liguria.

Etape 1 : Accessibilité par modes de transport (Lombardie)

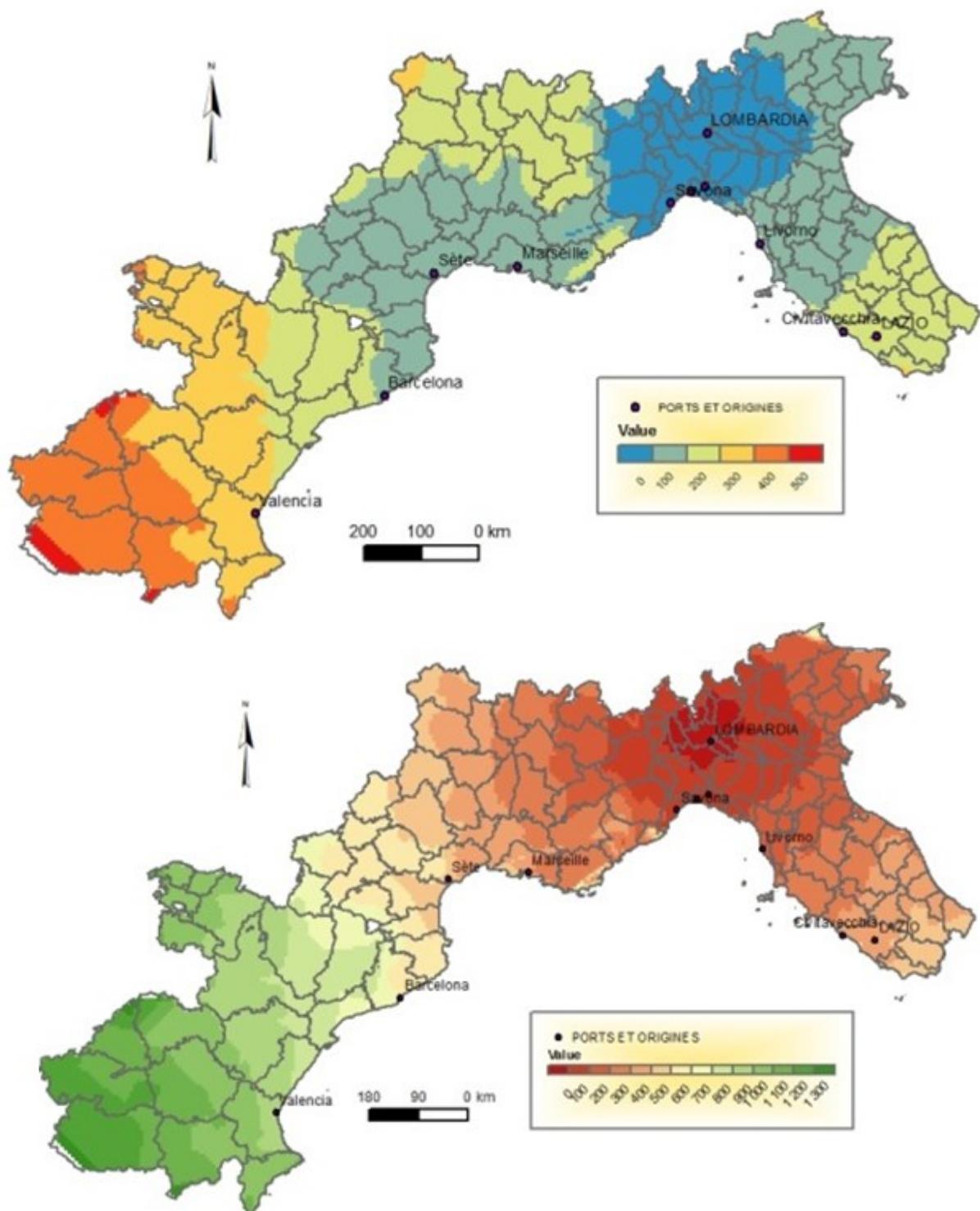


Figure 99 et 100 : Accessibilité des AdM et du transport routier pour les flux en provenance de Lombardie.

Etape 2 : Transport par AdM (99) - Transport routier (100) = (101)

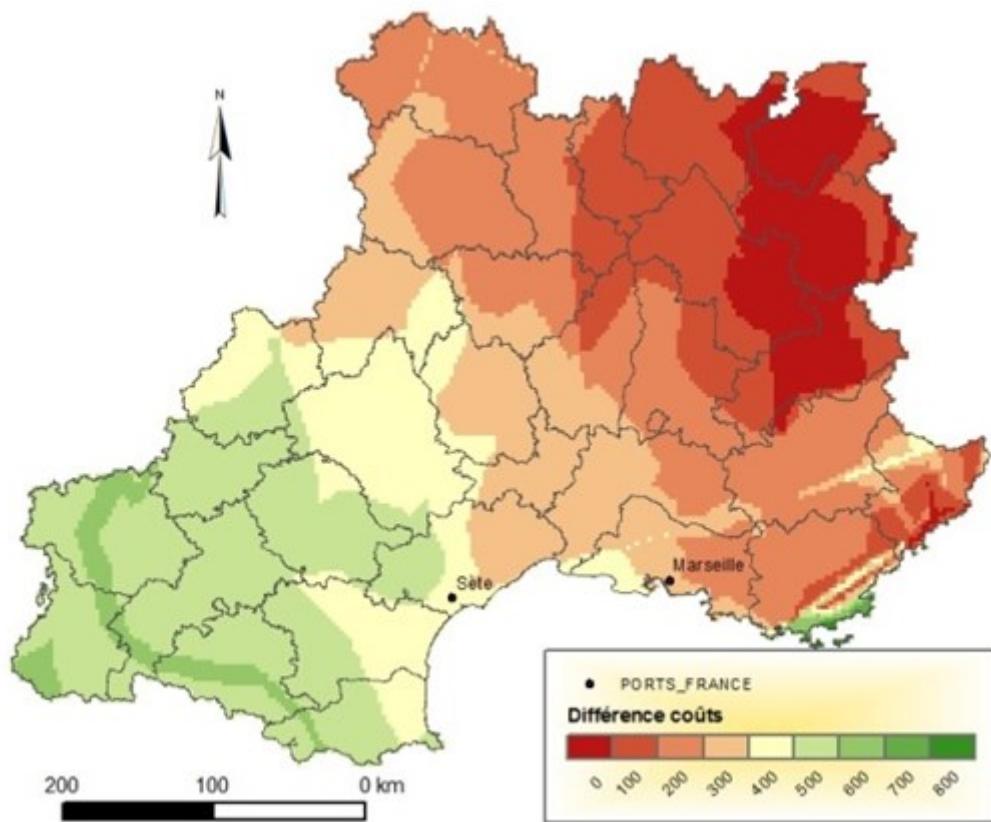


Figure 101 : Différence des coûts environnementaux entre les transports routiers et les lignes d'AdM : Origine des flux en provenance de Lombardia.

Il s'avère néanmoins important de confronter ces résultats aux autres variables spatiales ayant un effet dans la localisation des marchés des AdM et dans l'organisation générale des flux de transport. La différence entre les coûts de transport modal n'est pas suffisante pour répondre à la question de la spatialisation et de la localisation des lieux potentiels pour le développement des AdM. Il convient donc d'ajouter à cette variable d'autres critères complémentaires ayant une influence sur la compétitivité modale. Dans cette optique, les données sur la répartition spatio-temporelle des constructions commencées des aires de services d'entreposage (figures 102 et 103) et des parts de marchés du transport intermodal (figures 89 et 90) apporteraient une nouvelle observation sur la connaissance de l'espace des services offerts par les AdM. Les figures 102 et 103 montrent une localisation départementale des superficies des constructions commencées des aires d'entrepôts pour les années 2005 et 2009. Cette variable a été choisie par sa pertinence dans le rôle organisateur entre les espaces de production et de consommation mais aussi dans la préparation des envois commandés à l'importation comme à l'exportation. Les systèmes logistiques structurent et organisent les activités de la chaîne des transports intermodaux des AdM. Leur superposition aux différences obtenues aux coûts de

transport met en relief les résultats de l'accessibilité des services de transport offerts avec la localisation des pôles et centres logistiques.

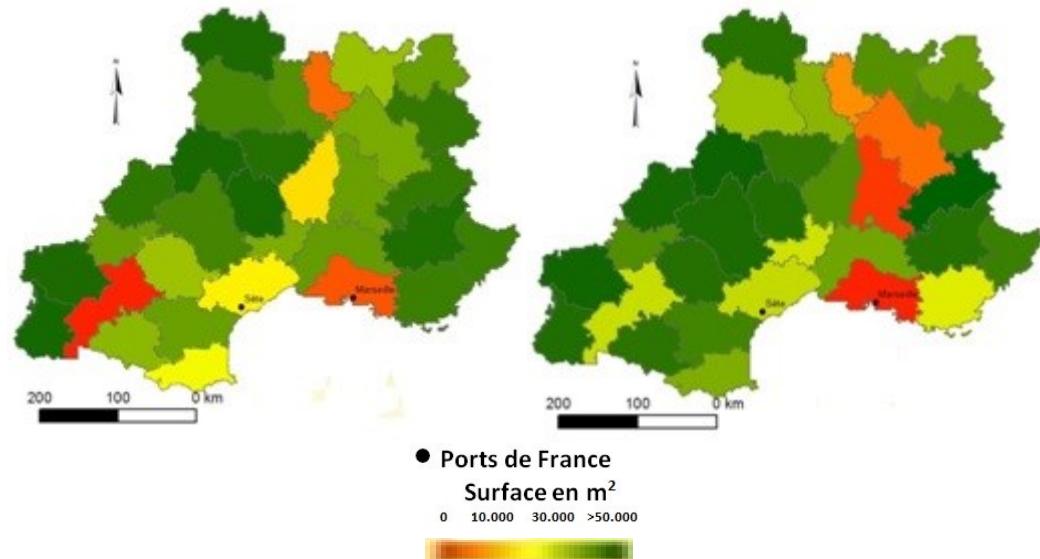


Figure 102-103: Superficie des constructions commencées des aires d'entrepôt en 2005, 2009 et 2020.

IV. 3. Recompositions, restructurations et évolutions des aires de services logistiques accessibles selon les coûts de transport

IV. 3.1. Méthodologie générale de mesure des recompositions et des restructurations spatio-temporelles des aires d'entreposage

Les mesures d'accessibilité effectuées dans les paragraphes précédents ont été établies à base des coûts internes de transport, des coûts de transport intégrant les facteurs environnementaux ainsi que les temps de parcours moyen d'un véhicule. L'objectif principal de cette dernière étape est de coupler les résultats obtenus sur les différences de compétitivité modale avec les autres facteurs spatiaux ayant un impact évident sur la localisation des marchés des aires d'entreposage par rapport aux flux d'AdM.

La différence entre les coûts de transport entre le transport tout route et le transport intermodal a permis de localiser les zones plus ou moins accessibles pour les AdM. Les valeurs positives ou proches de zéro déterminent les espaces les plus accessibles pour les flux maritimes. Les valeurs négatives étant l'opposé, et par conséquent, des flux de prédilection pour le transport routier.

L'opération utilisée pour calculer ces différences est le calcul des rasters algébriques qui permet de produire une carte unique à partir de plusieurs cartes selon l'expression algébrique entrée (la soustraction). Une reclassification des différences de coût de transports obtenus

permet de comparer les résultats entre les 3 trois lignes de transport intermodal étudiées ayant pour origine les régions du Latium, de la Ligurie et de la Lombardie.

Pour apporter une nouvelle explication à l'accessibilité spatiale des aires d'entreposage par rapport aux services offerts par les AdM, nous avons ajouté deux nouvelles variables: les constructions commencées des aires d'entrepôt et les parts de marchés des AdM par rapport au transport routier.

La méthodologie générale de mesure des recompositions et des structures spatio-temporelles des aires d'entreposage favorables ou pas au développement des services d'AdM est basée sur une superposition pondérée attribuant à chaque variable un poids spécifique et une valeur pour chaque pixel (Fig. 104). Cette méthode de superposition pondérée a été appliquée sur l'ensemble des typologies de coûts de transport et des temps de trajets des flux de fret passant par les AdM. L'avantage de cette méthode est de pouvoir multiplier d'abord les poids spécifiés avec la valeur des pixels pour chacune des trois variables indépendamment des autres avant de les superposer les unes par rapport aux autres.

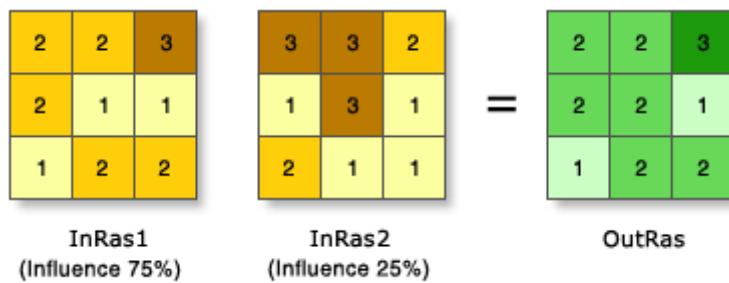


Figure 104: Méthode de la superposition pondérée

Dans cet exemple de superposition pondérée entre deux variables, chaque couche raster a été classifiée dans une plage de valeur allant de 1 à 3 pour permettre la comparaison entre les deux. Chaque valeur de pixel est multipliée par le pourcentage d'influence (ex : $2 \times 75\% = 1,5$ pour l'entrée Raster 1 « InRas1 ») avant d'être additionnée au résultat obtenu pour le même pixel de l'entrée Raster 2 « InRas2 ». Ce résultat est traduit dans la sortie finale du modèle « OutRas » et représente la valeur de synthèse entre les deux variables.

Les parts de marchés et les différences de coûts de transport ont été pondérées en raison de 30% en fonction du rôle joué dans l'organisation des flux et des avantages offerts aux usagers. Ce poids est obtenu par la mesure de l'influence des deux variables dans l'ensemble des échanges de marchandises entre les territoires d'étude. Cette moyenne peut varier d'une région à une autre, mais dans l'ensemble du sud de la France, un pourcentage de 30% a été retenu pour être comparé aux autres activités d'organisation des flux internationaux.

L'influence des activités de la logistique, constatée depuis le début de ce travail, s'est vue attribuée un poids de 70% dans les échanges internationaux (fig. 105). Ce poids est double par rapport aux coûts de transport et aux marchés, d'autant plus que la logistique joue un rôle central dans

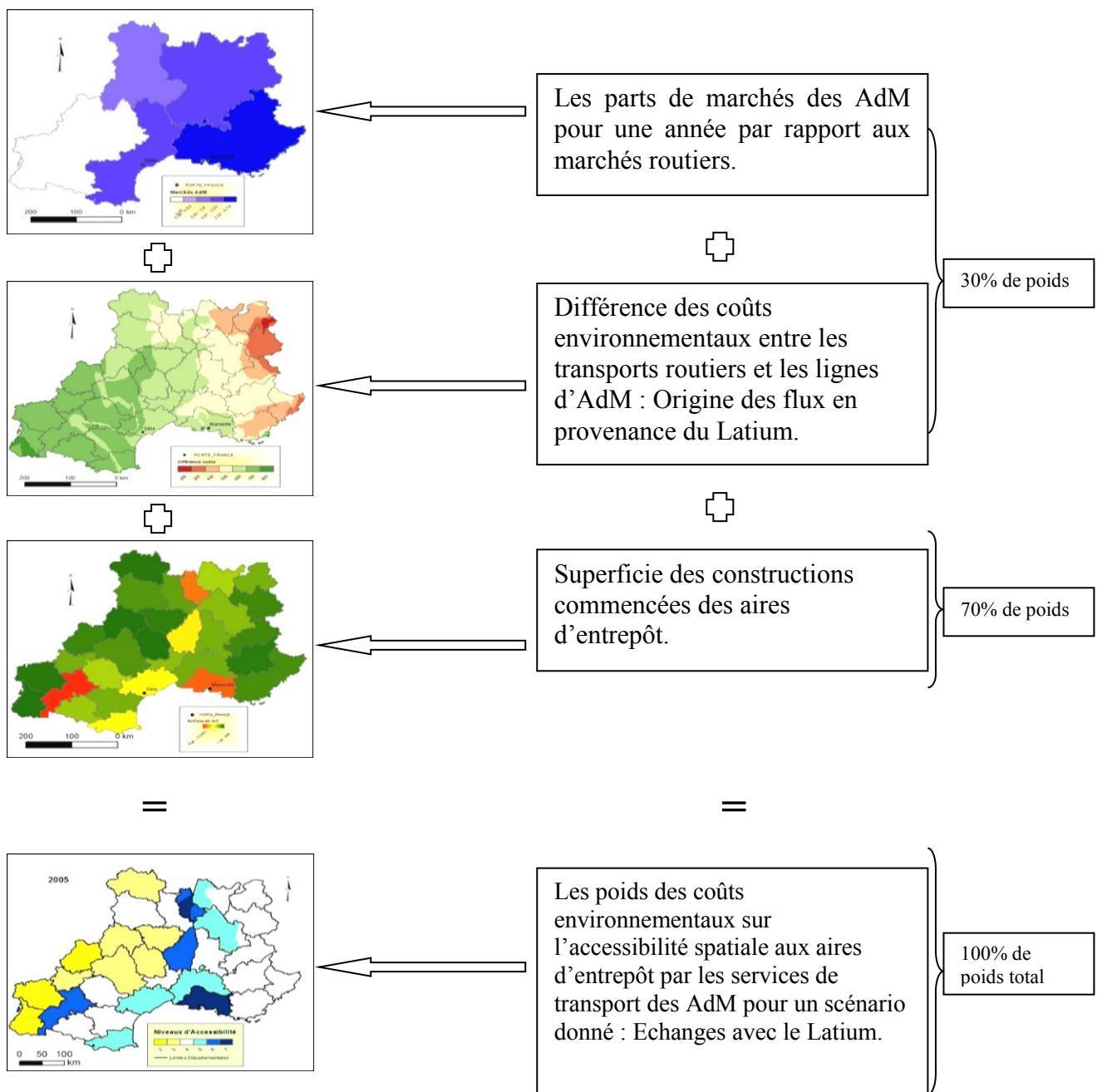


Figure 105 : Illustration de la méthode de la superposition pondérée « Weighted Overlay » entre les trois variables étudiées : Cas d'échanges entre la région du Latium et le sud de la France. Exemple de scénario géo-prospectif, 2020.

l'organisation des échanges de marchandises. Sans toutesfois écarter la possibilité de la variation d'une région à une autre de ce pourcentage, cette étude se propose de tester les valeurs moyennes de ces pourcentages retenus en se basant sur les mesures des influences des variables sur les flux internationaux de fret.

Les résultats obtenus sont donc issus de ce couplage superposé. La figure 105 illustre le résultat obtenu à partir de ces trois variables explicatives.

IV. 3.2. Recompositions, restructurations et évolutions de l'accessibilité des services logistiques selon les coûts de transport

L'étude de cas particuliers dans les échanges internationaux du sud de la France avec l'Italie se limite principalement à trois régions italiennes (la lombardie, la Ligurie et le Latium). Ces régions ont été choisies en fonction des origines et des destinations des nouvelles lignes maritimes proposées dans cette recherche et aussi par rapport aux rôles qu'elles jouent dans le transport intermodal. La région Ligurie est la principale entrée du nord de l'Italie (Port de Gênes et le système portuaire ligure). La région du Latium est également un point important dans les échanges maritimes de la partie centrale de l'Italie. La région Lombarde se localise dans le croisement des deux principaux corridors terrestres européens de fret (en direction du nord et de l'ouest de l'Europe). Les deux dernières régions se caractérisent par de très fortes valeurs d'importations et d'exportations de marchandises vers la France. La ligurie et le Latium disposent également d'une fonction portuaire commune qui les place parmi les plus grandes régions littorales méditerranéennes dans le transport par AdM.

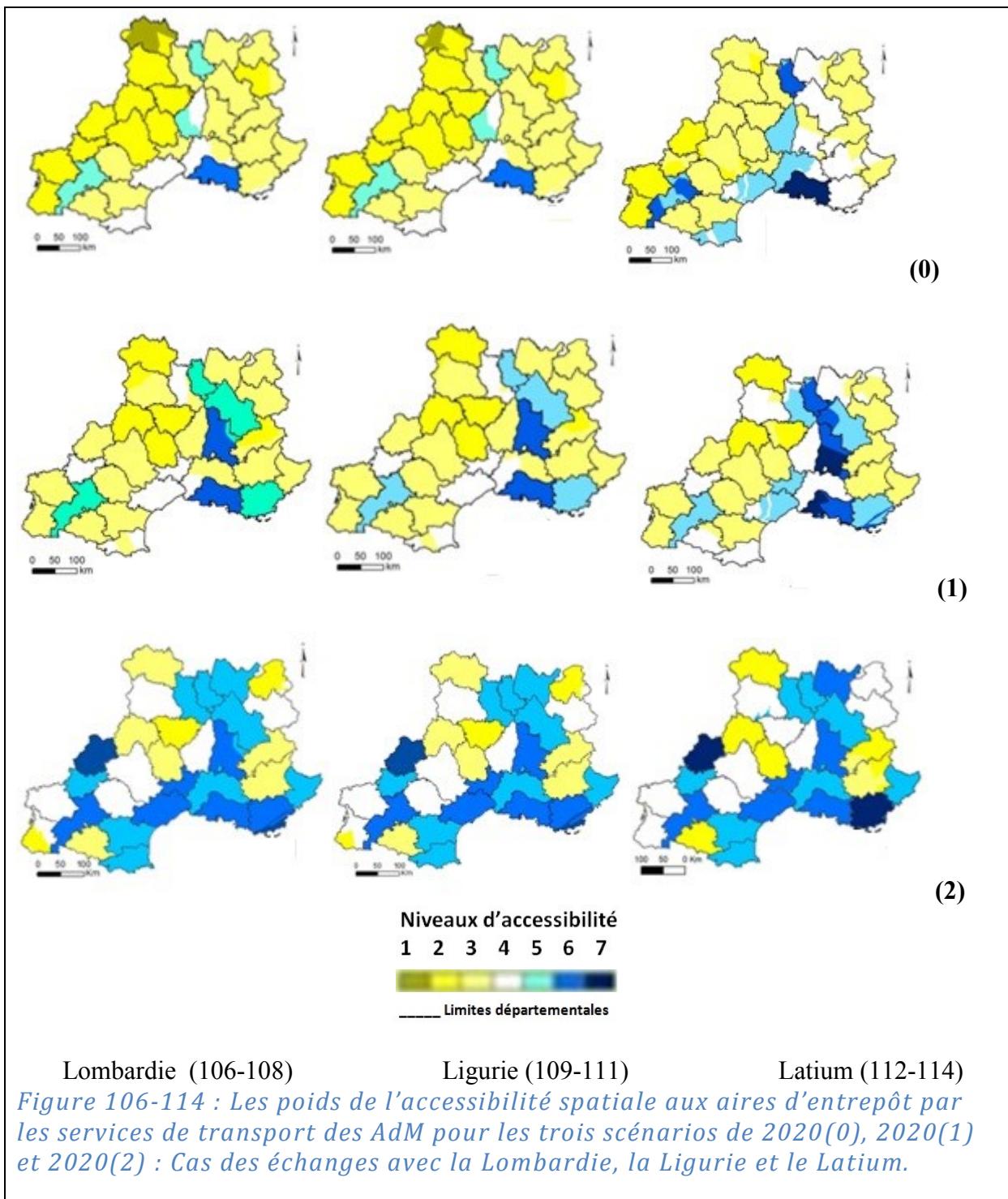
Le coût de transport utilisé est le coût interne moyen pour un véhicule. Ce coût sera comparé au coût de transport intégrant les facteurs environnementaux et les subventions accordées aux usagers des AdM. L'objectif principal étant d'évaluer l'accessibilité spatiale des AdM comparativement au mode de transport routier, un aller-retour entre l'accessibilité routière et maritime nous donnera une vision générale des coûts de transport.

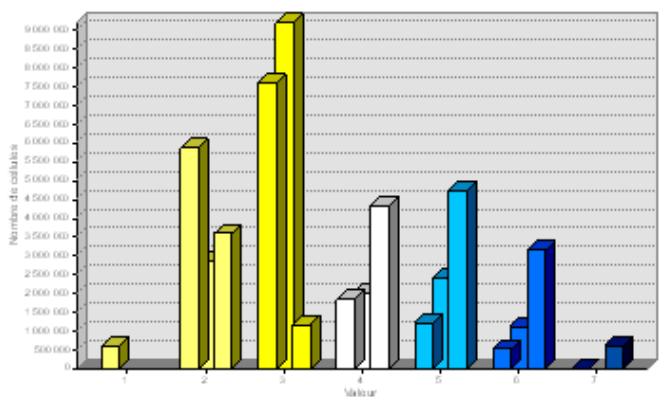
La différence des coûts de transport entre le transport tout route et le transport intermodal constitue une étape cruciale pour localiser les zones les plus accessibles pour les AdM. Les résultats obtenus limitent l'analyse à l'accessibilité mesurée pour un seul véhicule de transport.

Les résultats obtenus pour les échanges de fret entre le sud de la France et les régions de la Lombardie, la Ligurie et du Latium à partir de l'accessibilité spatiale des coûts internes moyens pour les marchés d'AdM montrent bien les répartitions spatiales des lieux des aires d'entreposage favorables aux activités de transport intermodal (Figures 106 à 114).

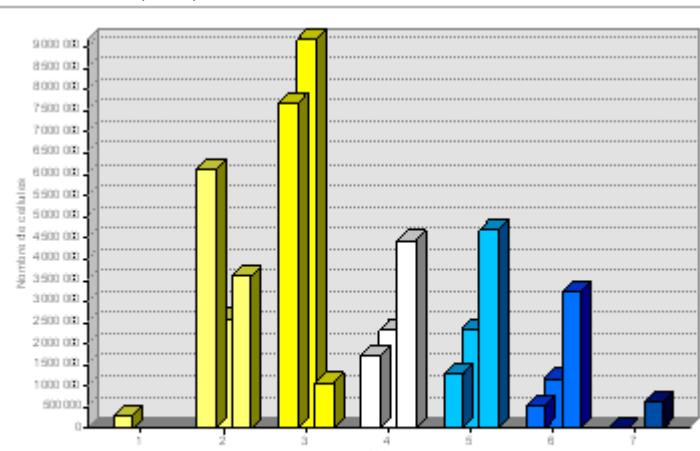
Les scénarios suivants vont être appliqués tout au long de la démarche de modélisation géo-prospective :

- Le premier scénario (0) est basé sur la poursuite des tendances actuelles (fig. 106, 109 et 112) ;
- Le second scénario (1) teste l'application d'une croissance annuelle moyenne de 2% (fig. 107, 110 et 113) ;
- Le dernier scénario (2) analyse une croissance annuelle haute de 5% (fig. 108, 111 et 114).

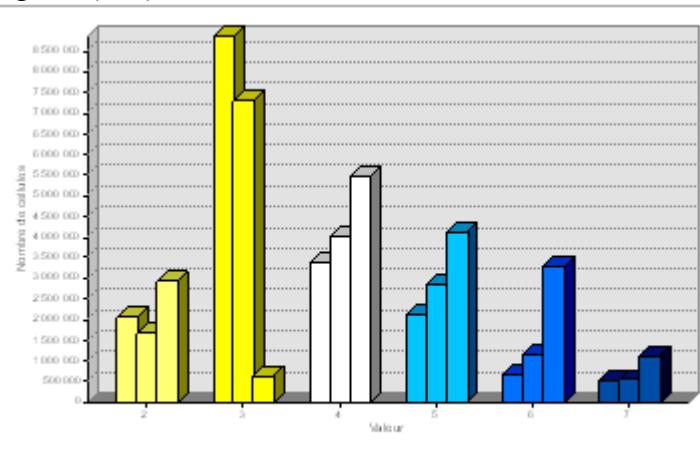




Lombardie (115)



Ligurie (116)



Latium (117)

Figure 115-117: Niveaux d'accessibilité aux espaces d'entreposage pour les scénarios de 2020(0), 2020(1) et 2020(2).

Nous appliquerons ces scénarios, dans les deux prochains points, pour évaluer l'effet des coûts environnementaux et de la distance-temps.

Les simulations faites pour les années 2020 (0), 2020(1) et 2020(2) donnent une situation générale des évolutions des structures d'entreposage qui dénote d'une certaine organisation spatiale en pôles. L'affirmation des lieux de centralités majeures entre les années 2020(0) et 2020(1), se poursuit avec un renforcement linéaire des aires d'entreposage et surtout d'une augmentation de la taille des entrepôts (Fig. 116).

Les tendances observées pour les échanges par AdM de la région Lombarde diffèrent moins des évolutions des structures avec la région Ligurie. Cette situation est liée surtout à la proximité de ces régions et leur liaison par rapport aux infrastructures de transport routier et ferroviaire qui facilitent l'accessibilité aux espaces portuaires de Gênes. Nous sommes ici dans les relations directes entre le port et son arrière-pays portuaire (Figures 115).

L'évolution des aires d'entreposage favorable au développement des AdM pour la région du Latium montre une autre forme d'organisation spatiale différente des régions lombarde et ligurie. En effet, la tendance générale des sens d'orientation des aires d'entreposage se traduit par un rapprochement progressif vers les régions portuaires d'entrées des flux de marchandises. Force est de constater aussi une formation d'un nouvel axe de desserte des régions situées à l'Ouest (Fig. 117) qui renforce l'axe existant entre les départements des Bouches du Rhône et du Rhône-Alpes. La structuration en pôles de centralisation des flux de transport importante pour les régions de la Ligurie et de la Lombardie, est pour la région du Latium moins favorable qu'une organisation en principaux corridors de desserte rapide vers les régions les plus lointaines par rapport aux espaces portuaires.

Ces premiers résultats de la modélisation de l'accessibilité spatiale des AdM à partir des coûts internes de transport montrent des changements importants entre 2020(0), 2020(1) et 2020(2). Les trois variables principales utilisées sont : les constructions commencées des aires d'entrepôt en 2020(0), 2020(1) et de 2020(2), les coûts internes de transport pour un véhicule depuis l'origine en passant par les ports de Sète et de Marseille et enfin les parts de marchés des AdM par rapport aux marchés routiers. Ces variables ont été croisées en fonction de leur poids respectifs. Ces poids ont été attribués selon les résultats des influences de ces variables sur les échanges de fret en se basant sur les potentiels globaux obtenus dans le second chapitre : 70% d'influence des systèmes logistiques sur 30% des parts de marchés modaux et de l'accessibilité offerte en coûts de transport.

Nous avons plus d'accessibilité spatiale aux aires d'entrepôt dans les échanges du sud de la France avec la région du Latium (Figure 112-114 et 117) qu'avec la Ligurie (Figure 109-111 et 116) et la Lombardie (Figure 106-108 et 115). Les dynamiques spatio-temporelles constatées sont les résultats de la combinaison de ces trois variables. Les directions de déplacement des centres d'entreposage sont nettement distinguées d'une année à l'autre et d'une région à une autre. Ces résultats montrent en effet l'évolution des systèmes logistiques favorables ou non aux transports par les AdM. Les marchés se structurent autour de ces

principaux nœuds d'entreposage aux services des industriels et des centres urbains de consommation.

IV.4. Recompositions, restructurations et évolutions de l'accessibilité des services logistiques selon les distances-temps

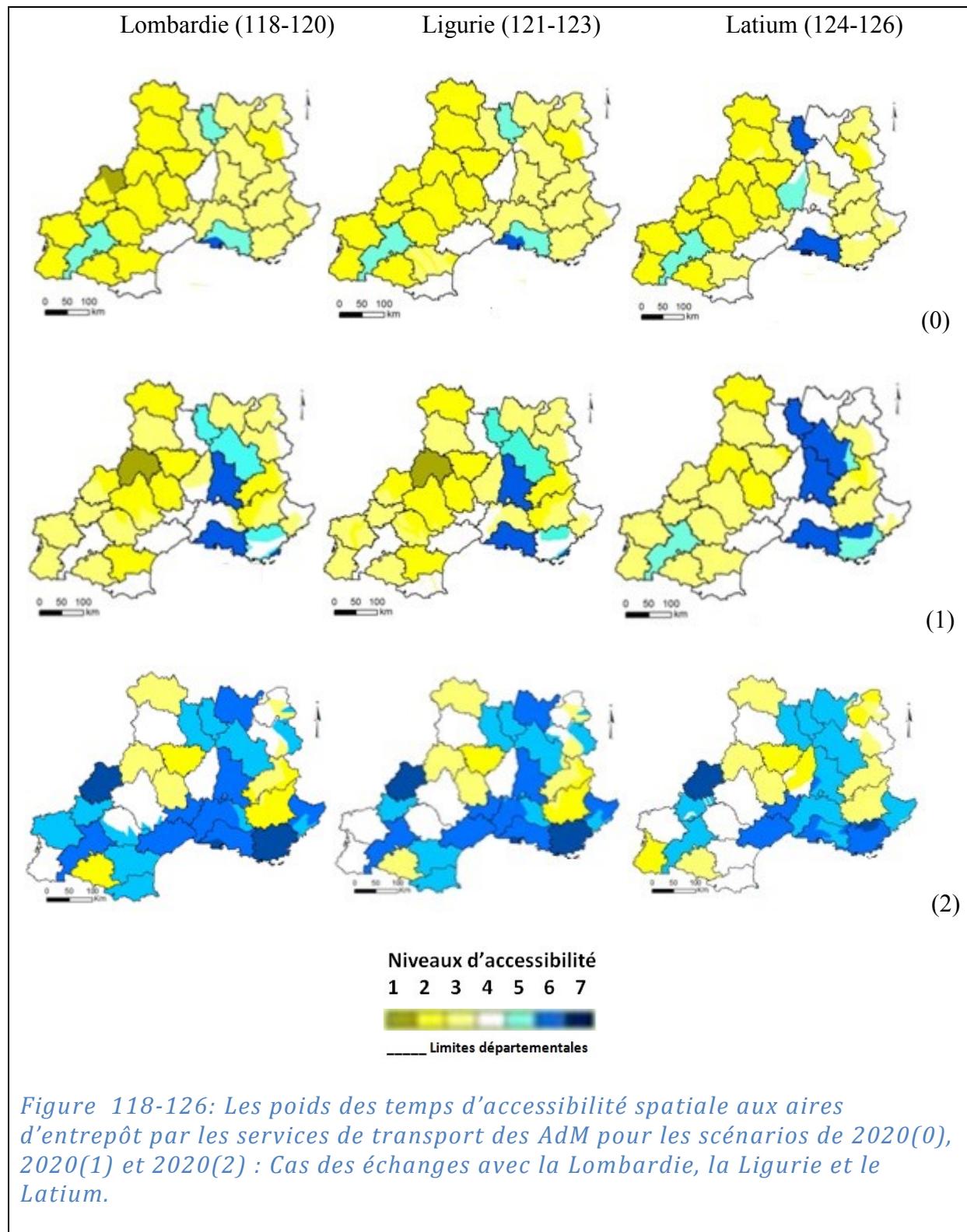
Dans ce paragraphe, nous appliquons la même méthodologie d'évaluation des changements spatiaux des aires des entrepôts en fonction des temps de transport intermodal par comparaison aux transports routiers.

L'application sur les échanges entre le sud de la France et les trois régions Italiennes (Lombardie, Ligurie et Latium) permet une localisation des niveaux de services d'entreposage plus ou moins avantageuse pour le transport par AdM. L'influence du temps de transport dans l'accessibilité de l'hinterland portuaire est très importante. Les changements survenus entre une année et une autre, et selon les origines des flux de transport sont très remarquables et ne dépendent pas uniquement des distances physiques aux ports d'origine et/ou de destination.

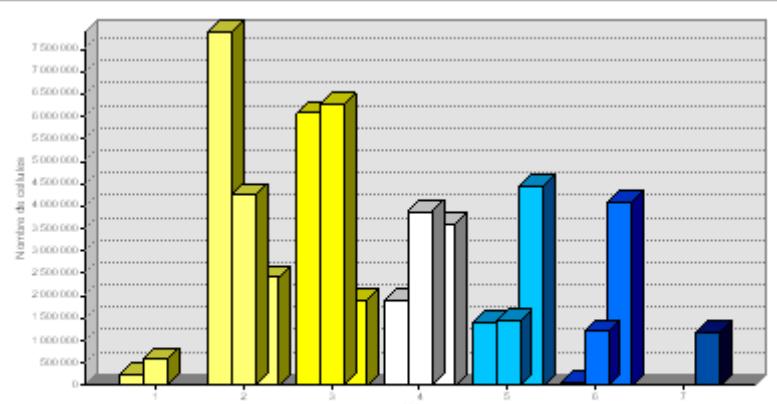
L'influence des temps de transport dans l'accessibilité spatiale des aires de la logistique pour les échanges avec la région Lombardie s'exerce seulement sur les départements possédant des structures d'entreposage plus étendues (à partir des valeurs 5, 6 et 7). Seuls les entrepôts de niveaux européens ou régionaux sont concernés par ces évolutions. Le temps de transport cesse d'être un facteur important lorsque les structures de marchés et de la logistique sont renforcées (Figures 118-120 et 127).

L'évolution des structures d'entreposage de la région Ligure montre une image, un peu différente de celle de la Lombardie sur les entrepôts de taille moyenne (valeur 4). Ces derniers connaissent une évolution importante entre les 2020(0), 2020(1) et 2020(2), renforçant du même coup, les services d'entrepôts aussi bien dans les aires à caractère de desserte d'un niveau supérieur que d'un niveau moyen (Figures 121-123 et 128).

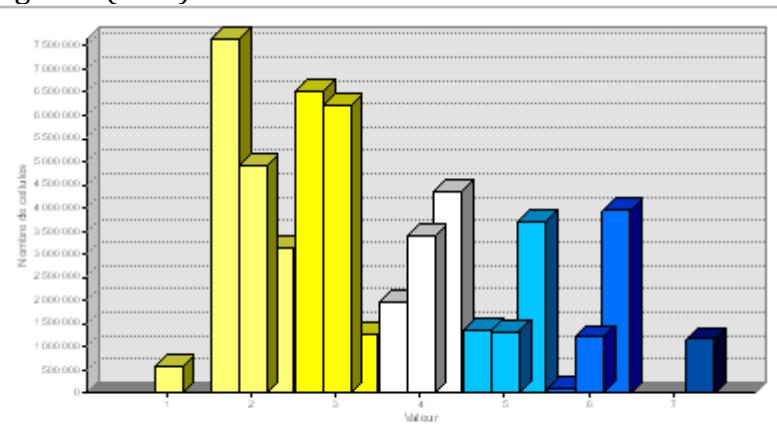
L'examen des figures 124-126 et 129 pour les échanges avec la région du Latium témoignent bien d'une perte totale de l'influence des temps de transport et d'une compétitivité affirmée des services d'entreposage aux dessertes des AdM. Ici, d'autres variables explicatives prennent le dessus sur le temps de transport. Le type d'entrepôt le plus prédominant est un entrepôt moyen (valeur 4 et 5).



Lombardie (127)



Ligurie (128)



Latium (129)

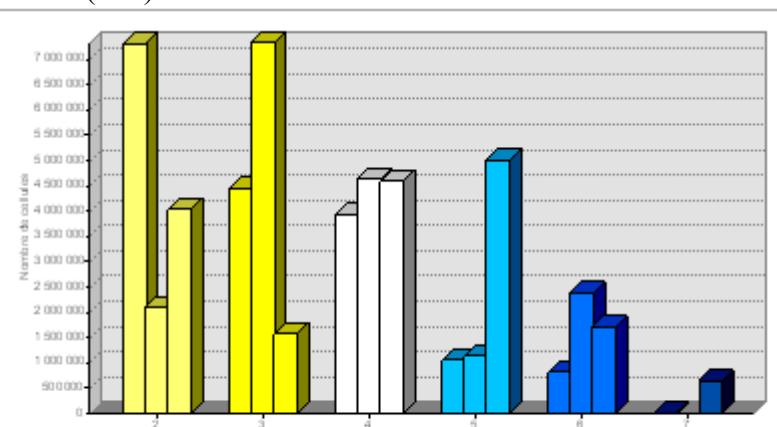


Figure 127-129: Niveaux d'accessibilité aux espaces d'entreposage pour les scénarios de 2020(0), 2020(1) et 2020(2).

Section V. Impacts environnementaux des restructurations spatiales du transport de fret

V.1. Nouvelles restructurations spatiales des services logistiques et les impacts environnementaux

Dans la section IV, nous avons obtenu une localisation des aires d'entrepôt potentiel pour le fonctionnement des AdM en fonction des coûts internes de transport. Les coûts internes de transport n'intègrent pas les mesures de protection environnementale ni les coûts des externalités environnementales. L'application de ces mesures de promotion des modes de transport alternatifs au transport routier a un impact spatial évident sur les structures et les recompositions spatiales des aires d'entrepôt. Les figures 118 à 129 montrent la localisation des aires de services d'entrepôt par application de la politique de subvention aux transporteurs routiers qui utilisent la voie maritime ainsi que leur traduction graphique.

Lombardie (130-132)

Ligurie (133-135)

Latium (136-138)

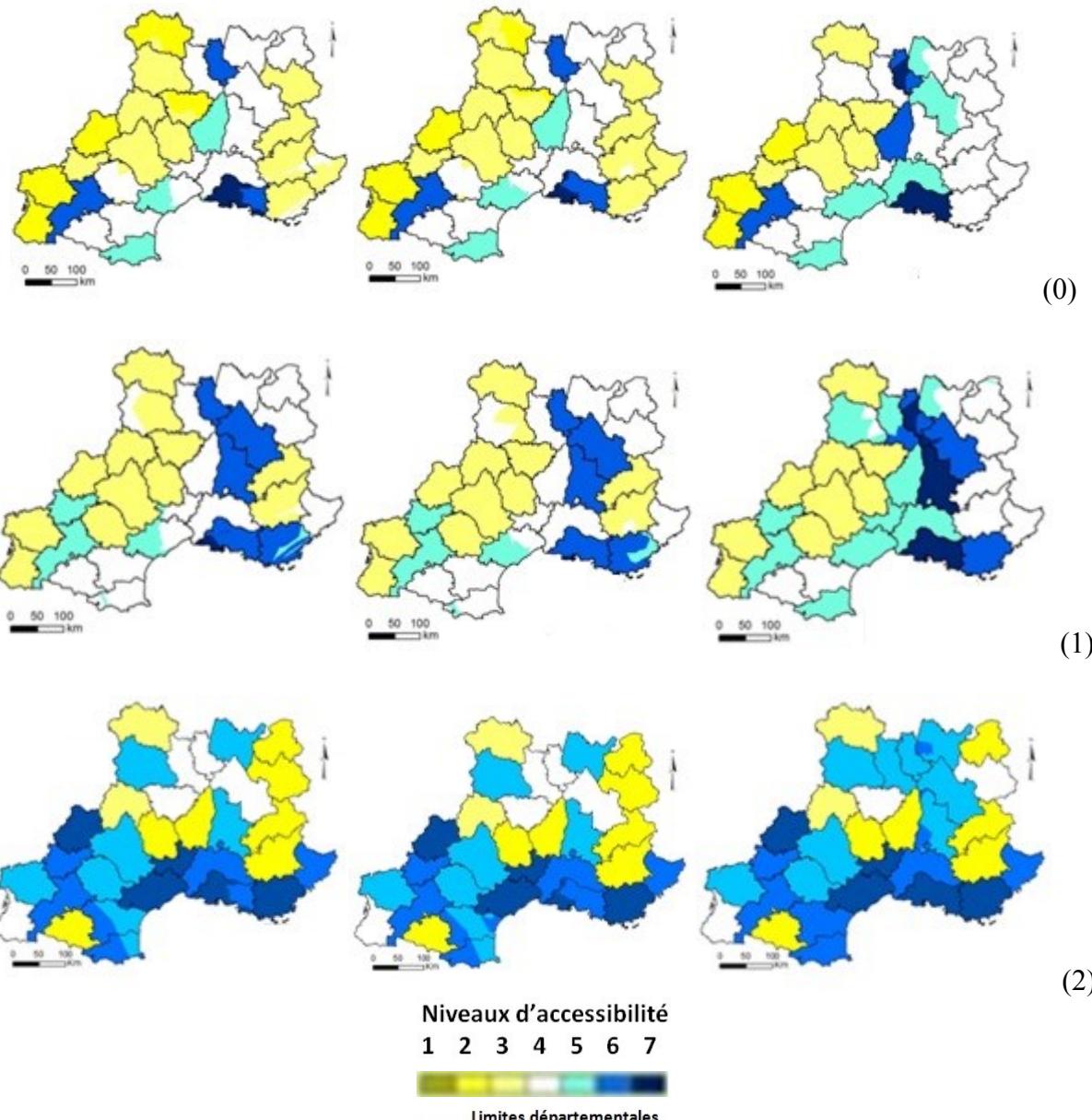
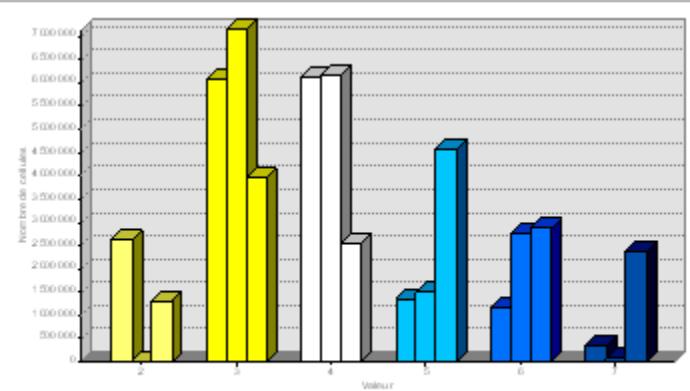
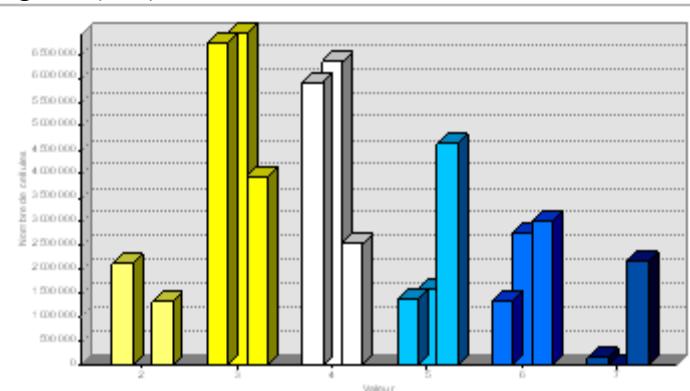


Figure 130-138 : Les poids des coûts environnementaux sur l'accessibilité spatiale aux aires d'entrepôt par les services de transport des AdM pour les trois scénarios 2020(0), 2020(1) et 2020(2): Cas des échanges avec la Lombardie, la Ligurie et le Latium.

Lombardie (139)



Ligurie (140)



Latium (141)

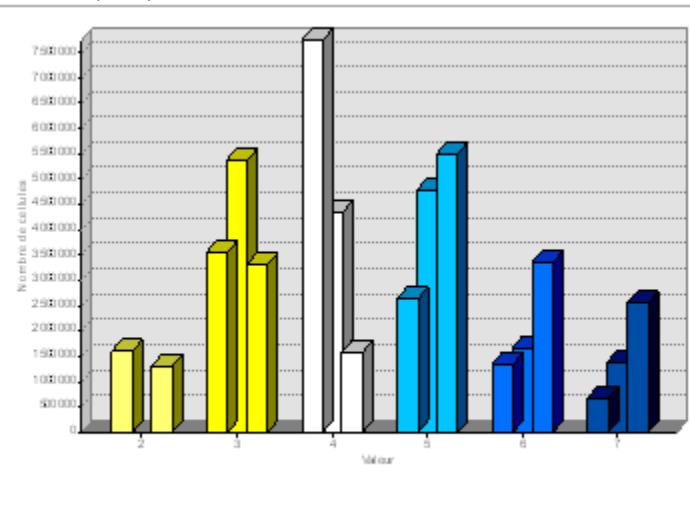


Figure 139-141: Niveaux d'accessibilité aux espaces d'entreposage pour les scénarios de 2020(0), 2020(1) et 2020(2).

L'évolution des services d'entreposage pour le cas de la région lombarde montre une tendance d'organisation spatiale témoignant à la fois d'un effet de proximité par rapport aux portes d'entrées portuaires (les départements situés autour de l'espace méditerranéen) et le reste du territoire, organisé en pôle majeur articulé autour des axes de communication (Figures 130-132 et 139). L'évolution des tailles d'entrepôt est aussi importante avec une modification des types d'entrepôts du niveau local et moyen vers un niveau supérieur (régional ou européen, avec des valeurs allant de 5, 6 à 7). Les services d'entreposage se renforcent et étendent leur aire de chalandise à de plus vastes espaces.

Sur les figures 133-135 et 140 nous pouvons lire l'évolution spatio-temporelle des structures des aires d'entreposage dans les échanges avec la Ligurie. D'une façon générale, les évolutions diffèrent moins des constats faits pour la région Lombarde. Une véritable région d'entreposage se développe autour des ports de Marseille et de Sète. Cette région se renforce vers l'ouest par un axe d'entreposage partant de la frontière franco-espagnole vers les départements situés plus au nord-ouest (Fig. 140). En résumé, les régions Lombarde et Ligure se prêtent bien à un développement des échanges par les AdM structurés par un entrepôt de grande taille (à caractère européen et régional), situé dans les espaces proches du littoral ou dans des pôles bien desservis par les infrastructures de transport accessibles. La forme la plus aboutie des services de transport par AdM doit être pensée à la fois par une intégration de l'espace à travers les principaux facteurs explicatifs et les variations spécifiques de chacune de ces variables. Les coûts internes de transport, les temps de transport et les facteurs environnementaux ont été étudiés ici en profondeur pour détecter les grandes caractéristiques spatio-temporelles spécifiques à chaque région.

Les échanges avec la région du Latium montre bien une expansion des marchés des services d'entreposage de l'est vers l'ouest et un renforcement des tendances de structuration de pôles de desserte observés pour les scénarios de 2020(0) et 2020(1). Les départements les plus touchés par ces évolutions sont ceux situés à l'ouest du Rhône et autour des bassins portuaires de Marseille et de Sète (en direction de l'ouest). Cette forme d'évolution des structures spatio-temporelles émerge grâce à l'intégration des marchés des AdM en fonction des différentes typologies de coûts de transport. Ici aussi, l'entrepôt à caractère européen ou régional prédomine (valeur 5, 6 et 7) dans la restructuration des échanges par les AdM. Les figures 136-138 et 141 montrent une typologie des systèmes d'entreposage très compétitive par rapport au transport routier.

V.2. Impacts environnementaux des phénomènes de restructurations et de recompositions spatio-temporelles par les services d'AdM

D'une façon générale, trois formes de restructurations spatiales des aires d'entrepôt se dégagent nettement des figures 130 à 138 :

- L'évolution spatiale des systèmes d'entreposage se fait à partir des aires potentielles. Un effet de proximité qui détermine la croissance et les directions d'évolutions de nouvelles structures territoriales ;
- Un effet de polarisation spatiale autour des aires d'entreposage majeures et un développement très remarquable autour des infrastructures de transport et des espaces portuaires ;
- Enfin, l'effet de la distance par rapport aux points de départ (espaces portuaires ou les points d'origine des flux) n'apparaît que lorsque l'on mesure l'accessibilité modale. Cet effet est maintenu autour des pôles majeurs des aires d'entreposage de fret. Les niveaux d'accessibilité potentiels des aires d'entrepôt se dégradent au fil et à mesure que l'on s'éloigne de ces pôles d'entrepôt majeur et non pas autour des ports ou des entrées frontalières.

Les points d'origine des flux de transport des régions de la Lombardie, la Ligurie et le Latium, donnent des résultats différents sur la localisation des aires d'entrepôt potentiel. Les régions Lombardie et Ligurie sont plus ou moins proches, malgré leurs localisations qui diffèrent sur le point de vue des distances aux ports d'embarquement. Le surplus de la distance pour la région de la Lombardie est compensé par l'importance des quantités de marchandises qu'elle échange avec le sud de la France. Une différence importante apparaît quand on étudie les échanges de la région Latium avec le sud de la France. Les trois effets se combinent et donnent une localisation spatiale des aires d'entrepôt potentiel plus ou moins bien remarquables et denses par rapport aux deux précédentes régions.

L'impact sur l'environnement est très significatif avec l'application de la politique de promotion des AdM. Les aires d'entrepôt permettent, en effet, d'établir un lien entre les flux de transport et les espaces de consommation de biens majeurs. Une meilleure localisation améliore d'un même coup l'accessibilité spatiale des usagers (industriels et les centres urbains) des services d'AdM.

Pour conclure, les résultats obtenus au cours de ce chapitre montrent une répartition spatiale des constructions commencées des aires d'entrepôt potentielles pour les services des AdM. Les mesures effectuées étaient centrées principalement autour des coûts de transport, dont les coûts internes, et les coûts environnementaux, ainsi que sur les temps de transport.

Les résultats entre les coûts internes et les coûts environnementaux démontrent l'importance des mesures d'accompagnement des usagers des AdM dans l'amélioration des structures et

des compositions spatio-temporelles. Les croissances des localisations des aires d'entrepôt s'organisent et se restructurent autour des pôles d'entreposage existants. Le sens et les directions de ces nouvelles croissances dépendent des avantages du partage modal et des gains en accessibilité du transport intermodal comparativement au mode de transport routier.

La méthode de la superposition des différentes variables ayant une influence sur la localisation spatiale des marchés et des systèmes d'entreposage permet d'obtenir des espaces potentiels en fonction des poids relatifs à chaque variable. Nous avons maintenu l'influence des systèmes d'entreposage et de la logistique utilisés dans les deux premiers chapitres, qui est le double des autres variables (plus ou moins 70%). Les autres facteurs de localisation disposant d'un poids dans la localisation de plus ou moins 30% (13% pour l'accessibilité des services de transport et 17% pour la localisation des parts de marchés des AdM obtenus dans le troisième chapitre). Le poids attribué à chacune de ces variables, a été calculé selon le rôle joué dans l'ensemble des systèmes de transport et de la logistique. Rappelons que nous avions remarqué que les systèmes logistiques jouaient un rôle central dans l'organisation des dynamiques internes et externes, par le positionnement entre les flux industriels et les flux de livraison aux services des consommateurs. Les mesures effectuées sur l'influence des activités logistiques ont révélé que leur rôle, en liaison avec les services de transport, représentaient environ deux tiers dans l'extension des marchés internes vers l'ouverture aux marchés extérieurs. Le reste des facteurs d'influence étant principalement lié à la production et aux dynamismes des entreprises locales à la recherche des marchés extérieurs.

L'accessibilité spatiale mesurée étudie, dans chaque classe des valeurs, les structures et les compositions spatiales intégrant tous les facteurs de la localisation qui entrent en jeu dans l'explication des évolutions spatio-temporelles.

Section VI. Propositions théoriques et méthodologiques des apports des dimensions géographiques dans le transport par AdM

Les propositions faites dans ce chapitre mettent l'accent sur les éléments détectés dans les précédents chapitres. La prise en compte de ces éléments peut modifier sensiblement l'attractivité du transport par AdM. Des propositions plus théoriques et méthodologiques pour apporter de plus amples connaissances du phénomène de transport par les AdM, aux stratégies d'amélioration des services des AdM, cette section insiste sur les facteurs essentiels qui pourraient émerger de nouvelles dynamiques d'évolution des flux des AdM. Les propositions restent toujours reliées aux dimensions géographiques et à la durabilité des transports évoquées depuis le début de ce travail. Nous insistons surtout sur la dimension spatiale et, par conséquent, sur son apport aux nouvelles stratégies de promotion des AdM. La spatialisation des enjeux des systèmes logistiques et des aires d'entrepôts est faite au travers d'une image de synthèse de l'évolution spatio-temporelle des systèmes d'échanges de fret. L'espace des flux des AdM est de fait un espace singulier qui se distingue nettement de celui du transport routier dans son évolution, dans sa morphologie et dans ses structures spatiales. Le sud de la France en est une bonne illustration de ces marques spatiales projetées à partir des scénarios du futur à l'horizon 2020.

VI.1. Définition retenue incluant des éléments spatiaux de localisation des unités spatiales

Au cours du premier chapitre, l'AdM a été définie en fonction des éléments retenus dans la littérature existante. Si nous revenons sur cette définition, la question des aspects spatiaux, la prise en compte des temps et des échelles, soulèvent l'interrogation suivante : comment ces deux dimensions peuvent-ils servir à la proposition d'une nouvelle définition de l'AdM ?

Nous avions défini une AdM comme : un échange maritime de biens et de personnes transitant par deux ports pour la desserte de leurs arrières pays. Ces ports sont situés soit dans le même pays soit dans des pays différents. Les hinterlands portuaires sont structurés par les chaînes de transport et de la logistique dont les flux passent par les corridors terrestres en liaison avec ces ports. Le basculement du trafic routier vers les AdM offre une possibilité de réduction du trafic routier et des problèmes environnementaux conséquents. Une nouvelle desserte de régions périphériques et un gain dans les économies d'échelle sont obtenus comparativement aux structures spatiales du mode de transport routier de fret. Cette définition retrace les principaux éléments identifiés dans la plupart des travaux et des essais de définition d'une AdM. Elle est structurée autour des espaces à enjeux majeurs comme les ports, les corridors de fret, les hinterlands et les espaces d'intermodalité. Néamoins, la complexité des systèmes

de transport et de la logistique composant le choix modal et le transport par les AdM, rend encore plus difficile la compréhension spatiale d'une AdM.

A titre illustratif, la figure 142 définit les principaux éléments de choix modal entre le transport routier et le transport par AdM. En effet, cette figure résume les facteurs majeurs ayant été inclus dans la modélisation des flux des AdM, et surtout, les entrées majeures de la compréhension d'une AdM. Les résultats attendus sont basés sur les critères sélectifs et spatiaux de l'AdM dans son espace opérationnel et fonctionnel.

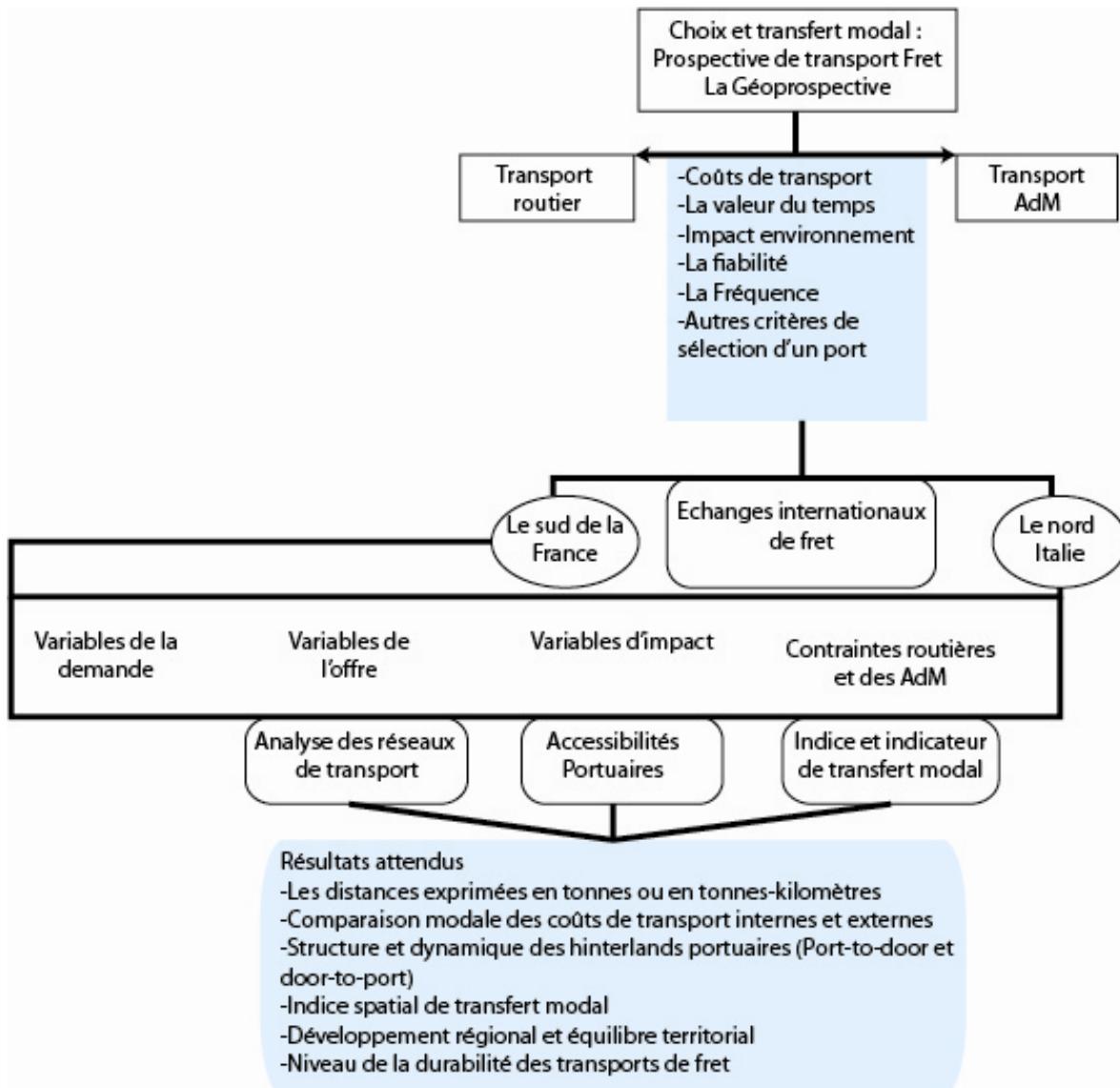


Figure 142 : Schéma général des étapes de la modélisation des flux internationaux de fret entre le transport routier et les autoroutes de la mer.

On peut voir clairement de nouveaux éléments de structuration et d'organisation des chaînes de transport intermodal tels que la compétitivité face au mode routier, l'accessibilité, le gain

de nouveaux marchés et les impératifs du développement durable à très long horizon temporel.

La définition précédente inclut plus d'éléments de l'hinterland portuaire dans le fonctionnement des AdM. Les flux, les réseaux de transport terrestre, les ports et les espaces associés sont des lieux à enjeux majeurs exprimés dans cette définition. Mais, l'espace des flux de transport, l'espace des systèmes d'entreposage et l'espace du fonctionnement des AdM, en général, est un espace qui évolue, qui change et qui dispose de repères sur le territoire. C'est aussi un espace qui diffère de l'espace des flux de transport routier de marchandises aussi bien par sa localisation que ses structures d'organisation et de gestion de mouvements d'échanges internationaux.

On peut retenir cette définition tout en renforçant l'aspect de la prise en compte de l'espace dans le transport international de fret :

« Une Autoroute de la Mer est un transport combiné entre la route et/ou le rail et le navire. La plus grande partie du trajet se passe dans la mer. Elle offre des services entre deux ports en échanges dont la qualité des dessertes aux clients localisés sur les hinterlands, laisse émerger des restructurations spatiales suivantes :

- Une dynamique plus affirmée des systèmes d'entrepôts dans la proximité des ports d'entrée et de sortie ;
- Une tendance à la création d'une vaste région littorale des unités logistiques selon la proximité des ports ;
- Une restructuration plus articulée des marchés éloignés, le long des corridors de transport, dont la connectivité à la zone portuaire par des liaisons performantes et compétitives permettrait un gain des économies d'échelle et une desserte des régions éloignées ;
- Ainsi qu'une implication active des acteurs dans l'élaboration des projets stratégiques aussi bien au port de départ qu'au port d'arrivée pour pérenniser et étendre les services fournis.

L'AdM évolue en fonction du temps et des politiques des transports appliquées, toujours à partir des structures existantes et des relations de proximités définies par les interactions spatiales entre l'ensemble des éléments spatiaux. L'AdM se structure, du port vers les unités d'entreposage, par des corridors terrestres articulés par des pôles intermodaux servant de desserte et de groupement de marchandises.»

VI.2. L'importance de la connaissance du fonctionnement des AdM par les trois dimensions géographiques : Espace, Temps et Echelles

Il est bien évident que l'interdépendance entre les différentes dimensions géographiques renforce la connaissance spatiale du fonctionnement des AdM. L'espace définit précédemment ne peut pas être bien compris sans qu'il soit étudié en fonction du temps et sur plusieurs échelles de transport. Ces trois dimensions (espace, temps et échelles) ont été préalablement développées dans le premier chapitre des bases théoriques des transports internationaux de fret.

Les différentes observations menées au cours de cette recherche ont apporté des éléments nouveaux qui montrent l'importance de l'intégration de ces trois dimensions géographiques dans la connaissance des transports par AdM :

Dans la plupart des thématiques traitées, l'espace apparaît d'abord, dans la localisation des phénomènes spatiaux, puis dans le repérage des lieux d'intérêt majeur autour desquels s'organisent et se structurent les flux de transport, et enfin, dans l'évolution des structures et des recompositions spatiales des éléments et facteurs qui entrent en jeu dans l'explication des flux de fret. L'espace qui a été étudié en profondeur dans ce travail est uniquement l'espace des constructions commencées des aires d'entrepot. Il est vrai que cet espace est au centre de la problématique de l'offre des services de transport et de la logistique dont les différents acteurs ont besoin. Mais l'espace concerné par le transport intermodal des AdM pourrait être étudié en profondeur sur toutes les variables spatiales des acteurs et des activités directement ou indirectement touchés par ce mode de transport.

Cet espace est étudié en fonction des temps de transport, des temps d'évolution de la demande et de l'offre des services de transport et des temps des changements spatiaux susceptibles de renforcer ces échanges. Le temps est une dimension qui ne peut pas être séparée de l'espace. Les deux dimensions forment un binôme qui explique toutes les restructurations et les recompositions spatio-temporelles survenues ou susceptibles d'émerger. Le temps dépend fortement de l'étalement des périodes d'observation et de la périodicité dans l'arrivée et l'évolution des phénomènes. Il conditionne tout, et, à défaut d'avoir suffisamment de variables bien connues dans le temps, les analyses spatiales se retrouvent limitées à une très courte période d'observation. Les phénomènes observés dans l'espace sont analysés sur une période bien déterminée, ayant un début et une fin. La complémentarité entre les différentes variables prises en compte exige notamment le respect strict du temps et la coordination de l'ensemble des observations pour en simplifier la complexité et comprendre de plus en plus les relations et les influences réciproques qui existent entre elles. Le temps conditionne aussi les projections et les prévisions des devenirs des flux de transport de fret.

Enfin, la question des échelles a été également soulevée au cours de ce travail. Une interopérabilité et une complémentarité dans la connaissance spatiale des événements et phénomènes spatiaux est apportée par une analyse mult;niveaux et multiscalaires. Le domaine des transports de fret par les AdM s'est révélé comme un domaine de prédilection où il est plus que nécessaire, si non incontournable, d'étudier les phénomènes spatiaux sur toutes les échelles concernées. Nous avons pu le constater par le passage du niveau départemental dans

l'analyse de la répartition des données socio-économiques au niveau régional pour les flux de transport, et enfin, vers un niveau sous-départemental issu d'une superposition entre plusieurs variables selon leurs poids et leur influence dans la dynamisation des flux de transport par les AdM. C'est à partir de ces nouveaux éléments spatiaux du système de transport et de la logistique aux services des usagers des AdM, qu'une nouvelle compréhension fonctionnelle, structurelle et stratégique d'une ligne maritime de transport combiné doit être faite. La pertinence des méthodes et des techniques d'analyse spatiale et géo-prospective offre un nouveau cadre de réflexion sur la promotion des modes alternatifs et plus particulièrement sur l'intégration des facteurs de la durabilité environnementale.

VI.3. La durabilité est-elle synonyme d'optimisation des flux ou de la localisation spatiale des structures ?

La durabilité étudiée est principalement centrée sur la réduction des émissions de polluants du transport routier, en envisageant un transfert d'une partie du trafic vers les AdM. C'est également la durabilité dans l'évolution des structures d'organisation des transports de fret. Pour ce faire, nous avions testé plusieurs politiques qui sont basées surtout sur les coûts de transport, l'optimisation des flux et l'organisation du système logistique.

Les impacts socio-économiques et environnementaux évalués démontrent, à travers les solutions proposées, qu'il est possible de réussir un transfert modal vers les modes alternatifs à la route.

La durabilité des transports de fret passe d'abord par une optimisation des trajets de transport en temps, en coûts de transport et en une limitation des rejets de polluants. Cette optimisation vise toujours à rendre le mode de transport le moins polluant plus compétitif que le transport routier, en cherchant à gagner de nouveaux marchés du mode routier et une consolidation des marchés existants. Les flux de transport doivent, de fait, être pensés et repensés dans les moindres détails depuis les points d'origine jusqu'à leur destination finale.

La deuxième facette de l'accroissement de la compétitivité des modes alternatifs est celle qui concerne l'aménagement du territoire et de l'espace. Une dimension qui est longtemps reléguée au second plan. L'aménagement des espaces favorables aux flux de transport intermodal doit précéder l'ouverture des lignes d'AdM et, doit aussi anticiper les devenirs et les évolutions des marchés du futur. C'est l'introduction de l'espace qui permettra notamment d'étudier le partage modal, de repérer les espaces de conflits dans le partage modal, les lieux de centralité, les futurs marchés possibles, les effets des politiques sur l'extension des aires de desserte, etc.

Les figures 143 et 144 illustrent l'impact de l'intégration des coûts environnementaux de transport aux coûts de transport interne de fret. La démarche entreprise ici pour détecter les changements et les recompositions spatio-temporelles survenues au cours de la période

d'observation, est une comparaison entre les résultats des simulations d'évolution des aires d'entreposage à partir des coûts internes de transport et des coûts intégrant les facteurs environnementaux. La synthèse des observations des recompositions et des restructurations spatiales peut être résumée en deux cartes : l'une représentant les aires d'entreposage par l'application de coût interne de transport en dehors de toute politique de promotion en faveur des AdM (Fig. 143), et l'autre représentant les aires d'entreposage en intégrant, outre les coûts internes de transport, les facteurs environnementaux relatifs aux externalités négatives liées aux rejets de polluants (Fig. 144) - retracant le schéma synthèse d'évolution des aires d'entrepôt entre les scénarios de 2020(0) et de 2020(2). A partir de ces schémas, quelques notions et caractéristiques essentielles ont pu être dégagées :

- Les recompositions et les restructurations spatiales des aires d'entreposage s'organisent donc à partir des espaces à enjeux, des corridors de liaison portuaire et des aires d'extension des marchés futurs. Le renforcement du nœud du département des Bouches du Rhône par le département du Var confirme une dynamique littorale dans les échanges par AdM. Ce nœud est complété par le nouvel axe de développement nord sud reliant les départements du Rhône, de l'Isère et du Drôme. On note également un potentiel très important vers l'ouest avec l'apparition de nouveaux nœuds de centralité partant depuis l'Hérault et les Pyrénées Orientales vers le Lot et la Haute Garonne.
- La conséquence la plus visible sur l'extension de l'aire de chalandise des marchés d'entreposage est d'abord une restructuration de la zone littorale autour des ports de Sète et de Marseille. Puis un développement vers l'arrière-pays des aires secondaires émaillées par les principaux nœuds des réseaux de transport de fret (l'aire nord sud à partir du port de Marseille et l'aire sud est – nord ouest à partir de l'arrière-pays portuaire de Sète).
- Enfin, le dernier constat sur les structures spatiales majeures de l'évolution des échanges est le développement axial des flux et des aires d'entreposage autour des infrastructures de transport. Les aires d'entreposage dans leurs croissances laissent apparaître des principaux axes de développement en corrélation avec le niveau d'accessibilité spatiale offerte par les infrastructures de transport. Un vaste potentiel axial sur le littoral est relevé depuis l'entrée transfrontalière franco-espagnole jusqu'au département des Alpes Maritimes. Un axe nord-sud, de la Drôme vers le Rhône. Et un dernier axe de la Haute Garonne vers le Lot. Avec une tendance générale vers un développement continu et une liaison plus structurée entre ces axes.

Aires d'entrepôts et coût interne

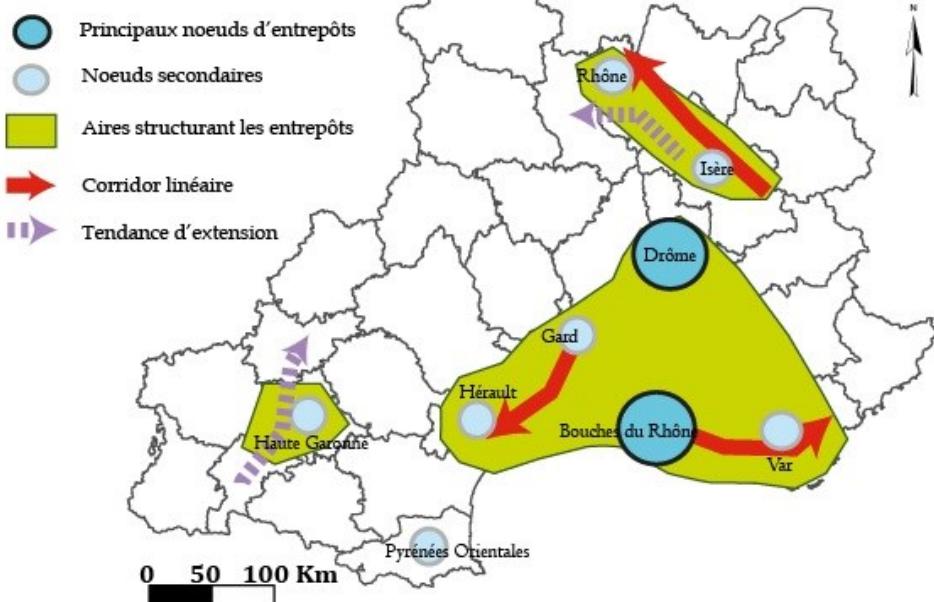


Figure 143 : Restructuration et recomposition spatio-temporelle des aires d'entreposage en application des coûts internes de transport de fret par AdM.

Carte élaborée à partir des figures 99 à 107.

Aires d'entrepôts et facteurs environnementaux

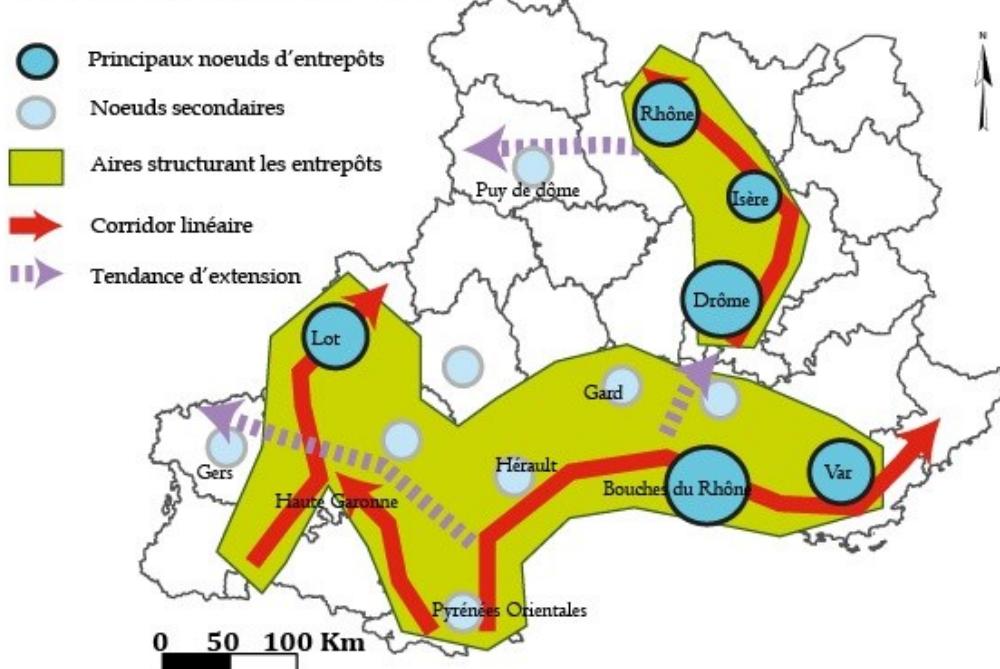


Figure 144: Restructuration et recomposition spatio-temporelle des aires d'entreposage par l'intégration des facteurs environnementaux dans le transport de fret par AdM.

Carte élaborée à partir des figures 123 à 131.

Comparativement aux résultats prospectifs du potentiel global des échanges internationaux (figures 145 et 146), les effets spatiaux du transport par AdM sur les territoires desservis maintiennent le rôle des principaux pôles régionaux, tout en apportant une nouvelle orientation des flux et des territoires d'une façon linéaire et continue.

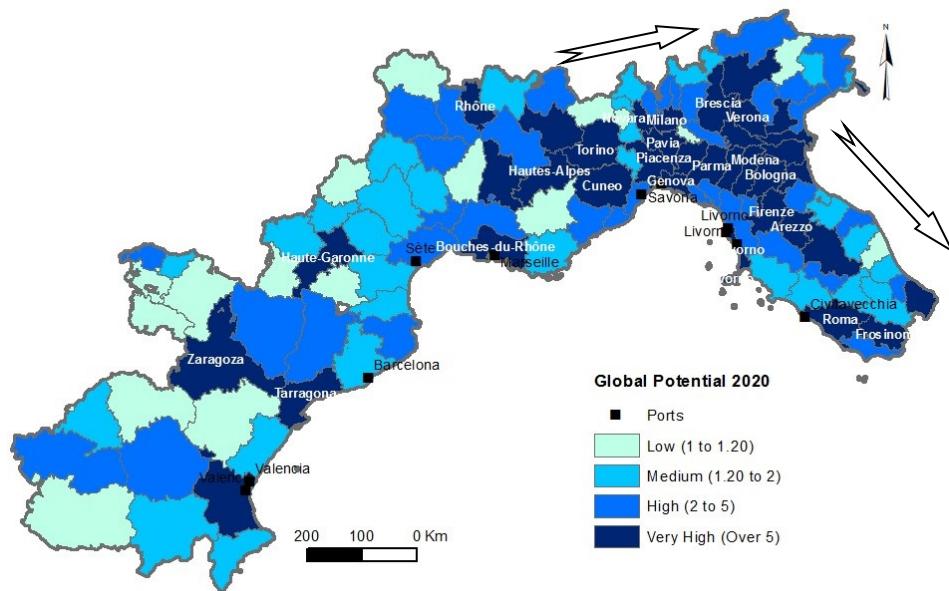


Figure 145: Potentiel Global dans le transport international en 2020. (France-Espagne vers l'Italie).

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

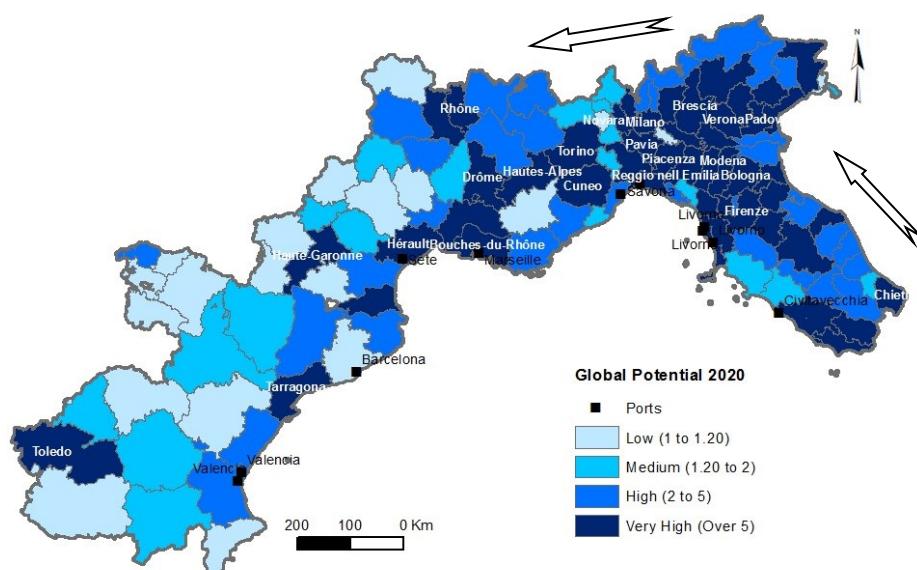


Figure 146: Potentiel global dans le transport international en 2020 (Italie vers la France et l'Espagne).

Source: J. Ndayishimiye, (2013).

Section VII. Propositions pour une mise en place d'une base de données sur le transport international des AdM

Pour mieux étudier le flux de transport international de fret en rapport avec les AdM, il a fallu collecter beaucoup de données sur plusieurs niveaux d'observation. Ces données existent sous plusieurs formes qui n'avantagent pas leur comparaison. Elles relèvent également de plusieurs sources statistiques, disponibles ou pas sur le web.

La base de données qui retient le plus notre attention est une base de données géoréférencées (commune, département, région et pays). C'est en même temps une base de données observée sur de très longues périodes sous formes de séries de valeur pouvant être comparées, analysées ensemble et étudiées en cherchant à détecter les relations, les interactions entre les variables et les corrélations. Ces données sont également classées selon les principales thématiques subdivisées dans ce travail.

VII.1. Données socio-économiques

Les données socio-économiques regroupent les variables directement ou indirectement reliées au phénomène de transport international de fret. Soit au transport routier, soit au transport ferroviaire ou au transport par les AdM. C'est à partir de ces données que seront évaluées la demande du transport de fret dans la génération ou l'attraction des flux internationaux. C'est notamment les données sur l'emploi total et l'emploi industriel, les données sur les aires des constructions d'entreposage, les données sur les activités de transport et de la logistique, les valeurs et les tonnages à l'importation et à l'exportation, etc.

Au cours de cette recherche, nous avons utilisé les données socio-économiques principalement pour expliquer les facteurs de la consommation, de la production et de la logistique. Les variables choisies peuvent être améliorées et enrichies par des variables plus directement liées aux phénomènes de transport par AdM, telles que la consommation des produits importés et exportés, le produit intérieur brut, la part de la production industrielle exportée vers les territoires extérieurs, la quantité et le volume de marchandises traités sur une plate-forme logistique ayant transité par la voie d'une AdM. C'est également tous les autres éléments non utilisés dans ce travail qui pourraient être ajoutés pour approfondir la connaissance exhaustive des systèmes internationaux des flux de fret. Ces données pourraient en effet contribuer fortement à la précision et à la pertinence de la sortie du modèle sur le phénomène de transport par AdM.

VII.2. Données environnementales

Les données environnementales sont les plus difficiles à constituer. Elles peuvent être de plusieurs ordres. La difficulté de ces données réside dans le fait qu'il est difficile de les géoréférencer pour pouvoir les intégrer dans les SIG au même titre que les autres variables spatiales. Il peut s'agir par exemple des données de la pollution le long de grands axes de transport de fret qui varient d'un tronçon à un autre. Leur cartographie et leur intégration restent toujours soumises à une variation temporelle et une limitation dans la comparaison avec l'ensemble des autres données.

Néanmoins, plusieurs méthodes permettent de traiter spatialement ces données et des bases de données géoréférencées commencent à se mettre en place sur plusieurs niveaux d'observation du territoire. Les principales données qui reviennent souvent sont notamment les données sur les émissions de gaz à effet de serre par les transports de véhicules lourds, les pollutions sonores, les données sur la congestion routière et les données sur le nombre d'accident et d'incident survenus en moyenne pour les véhicules du transport de fret.

Cette catégorie de données offre une possibilité de traiter avec précision les aires de la pollution émise par la circulation des poids lourds sur les principaux corridors de fret. Elle ouvre un nouveau champ d'investigation sur la mesure des phénomènes de pollution autour des axes d'infrastructures et des territoires plus exposés à ce risque. Ce genre de données est plus facile à intégrer dans la modélisation de la pollution si il est collecté sur les trajets de réseau de transport (autoroutes, routes départementales, tronçons routiers, etc). Elles nous permettraient notamment d'envisager l'évolution des structures spatiales des AdM, en terme, d'impact spatial de la réduction de polluants impulsée par le report modal, qui est un des aspects fondamentaux de l'évaluation de la durabilité des transports, vue sous l'angle de la réduction de la pollution environnementale, dans le très long horizon spatio-temporel.

VII.3. Données des réseaux et des infrastructures de transport

Une base de données cartographique des réseaux et des infrastructures de transport est incontournable pour mieux spatialiser le phénomène de transport de fret, et suivre, d'une façon plus ou moins proche de la réalité simulée, les échanges sur les réseaux de transport. Mais la base de données visée ici, est une base de données des réseaux intermodaux de transport. Ce qui change la donne sur les types de base de données construite de façon monomodale. Le transport intermodal implique deux ou plusieurs types de transport ayant chacun des caractéristiques et des profils bien individualisés qui limitent le passage de l'un à l'autre sans une intégration des changements et des différences qui les séparent.

Les réseaux de transport routier, les réseaux ferroviaires et les réseaux des lignes maritimes disposent des points communs qui les unissent et permettent de créer un seul réseau

multimodal à partir des points de transbordement ou de changement de mode de transport. Ces réseaux sont articulés par des nœuds qui sont spécifiques pour chaque réseau et dont l'importance dans l'introduction des données socio-économiques est ici capitale. Les nœuds bordent les tronçons du réseau. Les deux expressions étant fondamentales pour l'étude du réseau intermodal de transport.

VII.4. Données sur les trafics et les flux de transport

Le trafic et les flux de transport de fret visés, sont les quantités de tonnage de marchandises ou les valeurs monétaires à l'importation ou à l'exportation. C'est aussi le nombre de véhicules enregistrés sur le réseau de transport, sur un passage frontalier, sur les échanges maritimes d'un port à un autre port, sur un péage routier, etc.

Cette donnée entre dans le cadre des données affectées directement sur les réseaux de transport. Ici aussi la problématique du transport de fret est confrontée à des comparaisons entre les données de plusieurs natures : les nœuds pour les données socio-économiques, les arcs du réseau pour les flux, les trafics, les pollutions et les données spatiales agrégées à des unités spatiales plus étendues. Nous retiendrons donc que les données sur les flux et les trafics doivent être collectées de manière à pouvoir permettre leur introduction dans les bases de données mentionnées dans les paragraphes précédents. Le bottom up entre une donnée désagrégée des individus qui se déplacent sur le réseau de transport (les caractéristiques de chargement d'un poids lourds et le type de marchandises transportés, les quantités transportées par une entreprise ou les quantités quotidiennement transportées par un acteur, etc), vers les données plus agrégées selon le niveau territorial ou l'unité spatiale d'observation, enrichit la connaissance spatiale des trafics et des flux de transport. La pertinence des observations tient au rapprochement sur une connaissance territoriale plus fine du phénomène étudié et sur leur relation d'intépendance avec les niveaux supérieurs.

VII.5. Données directement liées à l'aménagement et à l'organisation spatiale

Une nouvelle catégorie de données est celle directement liée à l'espace et à son aménagement. Cette donnée existe sous forme de superficie, des aires de construction, des étendues d'occupation du sol et des surfaces occupées par les infrastructures. Quand on commence à travailler avec ce type de données, on se rapproche de plus en plus de la réalité de l'évolution de l'espace, de la consommation de l'espace, des structures et des dynamiques d'évolution spatio-temporelles du phénomène d'échanges.

La seule difficulté est que cette donnée fournit des compléments d'explication que l'on ne peut pas trouver en se basant uniquement sur les données a-spatiales. Cette donnée est à la

base de la connaissance spatiale de l'évolution des flux de transport. Elle fonde l'introduction de la démarche géo-prospectiviste dans le transport de fret. Elle ouvre les champs des possibles vers les analyses d'interactions spatiales, la recherche des interdépendances réciproques entre les variables, vers l'étude des phénomènes de diffusion et d'autocorrélation spatiale et sur les mesures d'accessibilité aux services offerts par les transports aux usagers.

Section VIII. Politiques de promotion des modes alternatifs au transport routier : Rôle des acteurs et de la connaissance spatiale

VIII.1. Politiques de la promotion des modes alternatifs et la prise en compte des coûts environnementaux: Ports, Transporteurs routiers, Chargeurs, Armateurs et Aménageurs

Toute politique de promotion des AdM envisagée, doit être faite au travers d'une très large participation de tous les acteurs impliqués dans la chaîne intermodale de transport de fret. La catégorie d'acteur la plus visée est celle des transporteurs routiers, des chargeurs et les armateurs. Car la promotion des AdM passe par un transfert modal d'une partie des flux routiers sous le contrôle direct de ces acteurs. Leurs parcours, leurs trajets, leurs aires de chalandise, la localisation exacte des services offerts, doivent être connus au préalable pour envisager des solutions de transfert modal possibles et susceptibles de les attirer vers l'usage des modes de transport durables.

Au cours de cette recherche, nous avons montré le rôle de l'espace des aires d'entrepôt dans l'organisation des flux de transport de fret par AdM. De la même manière, les politiques de promotion des transports durables doivent se concevoir à partir des espaces les plus sollicités par ces acteurs. Les espaces portuaires par exemple, ont un rôle très important à jouer, dans l'optimisation des temps de transbordement portuaire et des temps d'attente des transporteurs avant le départ ou après l'arrivée d'un navire. L'application des réductions des tarifs, les remboursements possibles et toutes autres faveurs se font à partir des lieux portuaires. L'aménagement de ces espaces et le niveau de performance des services portuaires ont un impact certain sur la promotion et l'attraction des nouveaux usagers des services maritimes.

Une bonne connaissance du fonctionnement spatial des flux des AdM est plus nécessaire pour prendre des mesures appropriées et répondre correctement aux attentes des usagers. La localisation des zones d'émission et des acteurs sur les arrières-pays portuaires, la localisation de la demande de transport et la localisation des clients dans des zones de destination des flux, doivent être étudiées avec attention pour comprendre les logiques spatiales de ces localisations et déterminer les différenciations spatiales qui agiraient en faveur des modes alternatifs.

VIII.2. Les restructurations et les recompositions des systèmes logistiques et de stockage de produits : les mesures d'accroissement de l'accessibilité spatiale des aires d'entreposage

L'accessibilité spatiale des flux de pré et post acheminement de marchandises est l'une des étapes les plus cruciales de la chaîne intermodale. Cette partie doit être minutieusement organisée en fonction des horaires de départ et d'arrivée des navires. Mais aussi en fonction de tous les paramètres visant une réduction des distances-temps et des coûts de transport avant ou après le trajet maritime.

Mesurer l'accessibilité spatiale des unités spatiales devient pertinent lorsque l'on cherche à exprimer le fonctionnement spatial d'un mode de transport durable par rapport aux modes concurrents. L'intégration de tous les facteurs de compétitivité modale dans les mesures d'accessibilité spatiale offre une nouvelle lecture géographique des systèmes de gestion et de génération des flux de fret.

Le repérage des pôles et des espaces de centralité est un préalable pour mieux articuler et aménager les espaces d'intermodalité terrestres, en fonction de leur connectivité aux ports et aux services nécessaires pour la gestion du transport de fret. Cette localisation peut être accompagnée dans certains cas d'une étude des aires de marchés, visant à localiser les industriels et les centres urbains directement attirés vers les lieux de centralités des services d'entreposage.

Les politiques de promotion des AdM, par les remboursements des coûts environnementaux évités en empruntant la voie maritime, s'est avérée, au cours des simulations des trafics, très pertinentes pour le transfert modal. Leur impact sur les restructurations et les recompositions spatiales est très pertinent. L'ensemble des facteurs spatiaux identifiés doit être coordonnées dans une seule et unique politique visant à une offre des services de transport intermodal de qualité et à une optimisation des flux.

Conclusion

L'individualisation des pôles majeurs des services d'entreposage, leur maintien dans le temps, la restructuration des espaces situés autour de ces pôles, la dégradation des services d'entreposage à partir de ces pôles et le rôle des infrastructures de transport et des superstructures dans la localisation des aires d'entreposage, sont des phénomènes majeurs identifiés dans cette recherche. Nous avons pu formuler quelques propositions et recommandations pour la promotion des modes de transport alternatifs au transport routier et plus particulièrement des AdM.

Les propositions faites sont d'ordres méthodologique et opérationnel pour constituer une base de données exhaustive plus ou moins complémentaires entre toutes les variables spatiales et a-spatiales directement ou indirectement impliquées par le transport de fret des AdM. Cette base de données devra permettre notamment, d'étayer les problématiques des recherches vers une large intégration des dimensions géographiques et environnementales dans les politiques d'aménagements et de gestion des flux d'AdM. L'espace, le temps, les échelles et la durabilité des transports sont les quatre dimensions géographiques développées dans cette recherche. L'ensemble devra être coordonné et étudié en fonction de tous les facteurs spatiaux et a-spatiaux qui concourent au développement du transport par les AdM. Les propositions formulées visent surtout, le transfert modal d'une partie des flux routiers de fret vers les AdM. Le rôle des acteurs et leur localisation sur l'ensemble de la chaîne des transports et de la logistique est incontournable. Ce rôle doit néanmoins être étudié en fonction des possibilités offertes par l'espace des relations et des interactions avec les autres acteurs. Les aménagements des services et des infrastructures de transport ont un ancrage spatial et une évolution dans le temps et dans l'espace à base desquels s'établissent toutes les politiques d'aménagement et de gestion des flux de transport intermodal de fret.

CONCLUSION GENERALE

Les travaux de recherche sur le transport international de fret, au niveau européen, mobilisent plusieurs méthodes et théories pour la modélisation des flux de transport. Ce transport implique surtout le mode de transport routier de marchandises, qui est le mode le plus utilisé, à un niveau d'échange étatique, surtout sur de courtes distances. C'est aussi le transport ferroviaire des conteneurs, souvent compétitif sur les dessertes terrestres que le mode routier, mais qui a besoin du transbordement avec le transport routier pour les derniers km de livraison des marchandises depuis les gares de départ ou d'arrivée des trains. Une dernière possibilité de transport est le transport maritime à courte distance assurée par les Autoroutes de la mer (AdM).

Dans cette recherche, nous avons voulu étudier toutes les possibilités de transfert modal du transport « tout route » au transport par AdM, en insistant surtout sur une analyse des structures d'échanges, pour chaque mode de transport, ainsi que pour les flux des échanges internationaux de fret.

Le territoire d'étude a été subdivisé en quatre zones macro-économiques parmi lesquelles : deux ont été considérées comme les zones d'émissions (origine) et les deux autres représentant les zones d'attractivité (destination), selon la direction des flux (France et l'Espagne vers l'Italie et de l'autre côté, Italie vers la France et l'Espagne). Les zones d'émission sont considérées comme les flux directionnels issus du mouvement d'exportation de biens, tandis que les zones attractives sont issues des mouvements d'importation de biens, en provenance de l'étranger. La zone macro-économique considérée comme l'origine des flux inclut l'ouest et le centre espagnols, le sud français d'un côté, et de l'autre, la zone macro-économique considérée comme destination des flux inclut le nord et le centre italien.

Nos deux hypothèses de départ tournent autour des questions de restructuration des flux des échanges de fret entre les différents territoires en échanges, tout en sauvegardant l'intérêt de la durabilité des transports. Ensuite, une connaissance approfondie des facteurs spatiaux relatifs aux AdM s'avère nécessaire pour répondre aux problèmes environnementaux et de pollution issus de l'augmentation des trafics routiers.

L'objectif de cette recherche est de **mettre en évidence les pistes possibles de développement des AdM, par l'analyse spatio-temporelle des évolutions et des dynamiques structurelles, à l'aide de la modélisation de choix modal et d'une démarche d'analyse des interactions spatiales des aires d'entreposage avec l'ensemble du système de transport international et de la logistique**. Dans une perspective de durabilité des transports et des aménagements relatifs, la question du partage modal dans le transport de marchandises qui caractérise les relations maritimes et terrestres, laisse apparaître la prédominance des acheminements par voie routière par rapport aux modes ferroviaires et aux autres modes alternatifs. Un objectif impliquant une démarche qui cherche à mettre en relation les recherches sur le trafic et la modélisation des flux de transport modal avec une

analyse spatio-temporelle des évolutions de structures et des recompositions des systèmes de transport de fret par la voie des AdM.

Dans la première partie de cette thèse, nous avons cherché à établir un cadre théorique de base pour une définition des AdM en mettant en avant les principaux facteurs spatiaux qui entrent en jeu dans l'ensemble de la chaîne du transport intermodal. Nous avions préalablement défini une AdM comme : *un échange maritime de biens et de personnes transitant par deux ports pour la desserte de leurs arrières-pays. Ces ports sont situés dans un même pays ou dans des pays différents. Les hinterlands portuaires sont structurés par les chaînes de transport et de la logistique dont les flux passent par les corridors terrestres en liaison avec ces ports. Le basculement du trafic routier vers les autoroutes de la mer offre une possibilité de réduction du trafic routier et de problèmes environnementaux conséquents. Une nouvelle desserte de régions périphériques et un gain dans les économies d'échelle sont obtenus comparativement aux structures spatiales du mode de transport routier de fret.* Cette définition reste beaucoup plus descriptive qu'explicative. Elle se réfère aux nœuds majeurs du réseau de transport intermodal ainsi qu'aux liaisons existantes entre eux, et sur le fonctionnement et les échanges entre les territoires qui génèrent ou attirent les flux.

Pour bien comprendre les structures intrinsèques et les facteurs spatiaux majeurs qui constituent une ligne maritime d'AdM dans ses connections à l'hinterland portuaire, il a fallu étudier en détail les aspects géographiques fondamentaux pour le fonctionnement d'une ligne d'AdM.

La première notion fondamentale introduite ici est *la notion d'espace* dans le transport de fret. L'espace a été toujours introduit sous forme d'espace matériel et immatériel sur lequel se déplacent les individus dans leurs échanges de fret, entre un territoire d'origine vers un autre territoire de destination. Ces déplacements disposent d'un coût de transport et d'un coût environnemental, qui restent jusqu'à présent l'un des facteurs essentiels dans l'évaluation de la compétitivité spatiale entre les différents modes de transport. L'espace pris en compte ici est un espace perçu par ces individus comme un espace offrant un avantage dans la réduction des coûts de transport selon les diverses possibilités de s'y déplacer.

L'espace des flux de transport de fret a été étudié dans de nombreux travaux à partir des localisations et des fonctionnements des systèmes territoriaux de services socio-économiques, logistiques, de transport et des systèmes de production. Cette démarche d'étude des dynamiques spatiales à partir des systèmes territoriaux de flux de fret, a pour but de montrer les évolutions et les changements spatio-temporels issus des multiples relations interactionnelles entre les objets territoriaux. En 1996, Tixier *et al.* remarquaient une répartition inégale des aires logistiques dans l'espace des flux de fret tandis qu'en 2003, M. Piquant, évoquait un développement axial des activités logistiques le long de grands couloirs de flux de transport de fret. Dans toutes ces études, des relations organiques et interactionnelles entre les aires de la logistique et les autres systèmes socio-économiques de production et de consommation expliquent l'évolution des flux de fret ouvrant un nouveau

champ des réflexions sur la prise en compte de l'espace dans les échanges internationaux de fret. Plusieurs approches et techniques d'économie spatiale et de géographie économique sont souvent mobilisées autour de l'étude des relations systémiques et complexes entre les éléments spatiaux des systèmes de transport de fret.

L'espace étudié au cours de cette recherche a été développé d'abord sous forme des localisations spatiales des variables explicatives ayant un rôle à jouer dans la demande de transport de fret. La localisation des activités et des entreprises constitue un exercice de diagnostic territorial, préalable pour mieux saisir les principales caractéristiques spatiales. Cet exercice a été en outre suivi d'une recherche de relations de proximités, d'éloignement et d'interactions entre les variables étudiées. Ainsi, les facteurs de la production et de la consommation montrent dans presque tous les départements (ou provinces) un fort lien d'interaction dans leur évolution. Ces deux variables diffèrent d'abord des systèmes de la logistique, par leur rôle organisateur, et ensuite, des services de livraison des marchandises aux aires urbaines et aux industriels. Entre ces trois variables étudiées à une échelle locale, un indicateur de potentiel interne a été créé sur la base des rapports de cause à effet et des liens d'interactions spatiales détectés dans les influences réciproques d'une variable à une autre.

La même démarche avait été entreprise à une échelle internationale des flux de transport de fret sur les variables telles que les importations, les exportations et les activités ou entreprises de transport de fret. De la localisation et de l'évolution individualisée des variables, en passant par une analyse interactionnelle croisée entre ces variables, nous avons établi un indicateur qui résume les liens entre les variables de transport extérieur de fret.

Les dynamiques et structures internes, combinées aux facteurs externes d'importation et d'exportation de produits, nous ont permis de créer un indice qui synthétise la capacité pour chaque unité spatiale à échanger les biens avec les autres unités situées dans d'autres pays. Cet indice est le Potentiel Global à l'Importation ou à l'Exportation. Il est décrit comme *une valeur synthétique qui définit pour chaque unité spatiale son potentiel à échanger avec les autres territoires*. Cette valeur essaie d'exprimer les forces spatiales qui interagissent entre elles et génèrent les flux de transport. Cette force concerne une capacité interne et externe selon les relations scalaires et l'intensité des échanges entre les zones. L'importance de cet indice réside dans l'intégration effective de l'ensemble des variables explicatives dans leurs liens interactionnels et leurs évolutions spatio-temporelles. Il montre bien la répartition du phénomène de transport international de fret sur différentes périodes, et peut être utilisé dans la modélisation des flux de transport de fret.

D'une façon générale, les résultats du Potentiel Global en 2001 décrivent la situation globale des échanges internationaux entre les trois pays : la France, l'Espagne et l'Italie. La dynamique structurelle des départements côtiers est très élevée, compte tenu des infrastructures de transport et des superstructures comme les ports. Sur les arrière-pays portuaires, les résultats montrent différemment la localisation des départements ayant un niveau élevé dans les importations et les exportations de biens. L'axe entre les régions du

Rhône, de Turin et de Milan est un bon exemple d'une régionalisation internationale des échanges de biens. Cet axe est relié aux centres émetteurs de Piacenza et de Firenze situés sur les hinterlands des ports de La Spezia et de Livorno. En Espagne, les provinces de Madrid et du País-Basque-Espagnol et leurs environs enregistrent des potentiels globaux très élevés.

La notion d'espace est inséparablement liée à la notion du temps de transport. Le temps est introduit dans la modélisation des flux de fret au même titre que les coûts de transport. C'est un temps variant selon le trajet, le mode de déplacement et les distances physiques à parcourir d'un point à un autre. Mais le temps en analyse spatiale, va au-delà des temps de parcours sur les réseaux de transport pour être élargi aux temps de mesure de changement et des dynamiques des structures spatiales du transport de fret. Cette deuxième vision du temps sort complètement de la modélisation des transports, qui cherche à mesurer la compétitivité modale en fonction des temps de transports et des coûts associés à ce temps, pour l'introduire véritablement dans les processus de changement et d'évolution des espaces.

Les résultats obtenus témoignent d'une évolution des phénomènes de transport et de la logistique qui sont fortement influencés par le temps. D'abord au niveau de la localisation des variables spatiales, les changements sont observés en fonction du temps, d'une année à une autre. Des phénomènes de concentration d'activités, de dégradation progressive à partir d'un pôle principal et des effets de frontière ou d'entrée des flux de transport ont été décelés sur chaque variable mais aussi à travers les nombreuses interactions spatiales étudiées. Ces phénomènes évoluent également en fonction du temps.

Le temps des transports ainsi que les coûts associés, ont été étudiés dans le cadre d'une comparaison modale entre les transports routiers et le transport par AdM, afin de déterminer les parts de marchés routières susceptibles d'être transférées vers les marchés du transport intermodal. L'application, au troisième chapitre, du modèle gravitaire à double contrainte, à l'origine comme à la destination des flux de transport, conformément aux scénarios possibles, est fondée sur les politiques de promotion des modes alternatifs et sur des stratégies d'ajustement des coûts de transport cherchant à intégrer les facteurs environnementaux dans la gestion des transports de fret. Les trois scénarios appliqués dans ce travail, scénario de 2020 (0), de 2020 (1) et de 2020 (3), sont basés sur les flux actuellement observés et sur les flux projetés dans le futur avec l'ouverture des lignes maritimes joignant les ports de Sète-Gênes, Marseille-Civitavecchia et Valencia-Gênes. Ils ont donné des résultats plus importants du point de vue du transfert modal. Les résultats obtenus ont permis d'identifier spatialement les principales régions qui émettent et reçoivent plus de trafic que d'autres.

La typologie des coûts répartie dans les scénarios 1 et 2, montre un dynamisme réel des parts de marchés des AdM (tableaux 34 et 35). Les marchés gagnés par les AdM augmentant selon les stratégies et les politiques mises en œuvre. Les valeurs traduites dans les tableaux 34 et 35 représentent les accroissements des parts de marchés des AdM et du transport routier par référence aux parts de marchés obtenus par les coûts internes de transport.

Pour le second scénario de 2020 (1), le partage des marchés par les coûts internes marginaux varie entre 1,40% et 6,70% pour les AdM. Tandis que pour le transport routier, le coût interne enregistre de très hauts pourcentages de marché avec 93,3% et 98,6%. Le transport routier reste dans ce cas très avantageux par rapport aux AdM. Avec les nouvelles lignes proposées dans le troisième scenario de 2020 (2), l'impact du choix modal pour les AdM s'accroît de 4,35% à 7,82% pour les flux français et espagnols, et de 5,73% à 7,16% pour les flux italiens.

L'impact des coûts généralisés est pour les AdM, dans le second scenario de 2020(1), de 2,54% en France et en Espagne et, de 2,36% en Italie. Cet impact est une conséquence directe de la réduction du trafic routier due à l'accroissement des coûts des externalités par rapport aux coûts internes de transport. Un impact très important a été observé dans le troisième scenario 2020(2) avec un pourcentage variant entre 2,22% et 2,93%.

En plus des coûts des externalités, le renforcement des coûts environnementaux apporte une nouvelle croissance et une consolidation des marchés des AdM. Les changements sur le trafic dans le second scénario de 2020(1) sont approximativement de 1,07% à 5,24% en France et en Espagne, et de 4,47% à 4,86% en Italie. Cet impact est renforcé par les nouvelles lignes proposées, avec à peu près 2,21 à 5,98% en France et en Espagne, et de 4,51% à 5,41% en Italie, en comparaison aux coûts internes.

Tableau 34: Impact des coûts généralisés et environnementaux sur l'évolution des parts de marchés des AdM (trois scénarios) : Flux français et espagnols.

Flux Français et Espagnols	Route 1			AdM 1		
	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Typologie de coûts	-0,51	-2,51	-2,54	0,51	2,51	2,54
Coût généralisé	-1,07	-5,2	-5,24	1,07	5,2	5,24
Coût interne (base)	98,6	93,3	93,3	1,4	6,6	6,7

Flux Français et Espagnols	Route 2			AdM 2		
	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Typologie de coûts	-1,13	-2,9	-2,93	1,13	2,9	2,93
Coût généralisé	-2,71	-5,94	-5,98	2,71	5,94	5,98
Coût interne (base)	95,6	92,3	92,2	4,3	7,7	7,8

Tableau 35: Impact des coûts généralisés et environnementaux sur l'évolution des parts de marchés des AdM (trois scénarios) : Flux italiens.

Flux Italiens	Route 1			AdM 1		
Typologie de coûts	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Coût généralisé	-2,18	-2,34	-2,37	2,18	2,34	2,37
Coût environnemental	-4,47	-4,82	-4,86	4,47	4,82	4,86
Coût interne (base)	94,37	93,94	93,87	5,63	6,06	6,13

Flux Italiens	Route 2			AdM 2		
Typologie de coûts	2020	2020 (1)	2020 (2)	2020	2020 (1)	2020 (2)
Coût généralisé	-2,22	-2,68	-2,71	2,22	2,68	2,71
Coût environnemental	-4,51	-5,5	-5,54	4,51	5,5	5,41
Coût interne (base)	94,27	92,93	92,84	5,73	7,07	7,16

Spatialement, l'étude du choix et du transfert modal des marchés routiers vers les AdM, a été caractérisée par les phénomènes pouvant être classés en trois principales catégories :

- L'existence d'un marché naturel des AdM fondé sur les proximités spatiales et les facilités matérielles et infrastructurelles disponibles. Ce marché est de prime à bord localisé dans les environs des ports, dans les territoires à forte productivité au niveau du commerce international et entre les territoires en échanges présentant un avantage au niveau des coûts et des temps de transport;
- Des phénomènes d'émergence de nouveaux marchés d'AdM, ne témoignant pas de liens aux marchés potentiels d'AdM, mais qui naissent à partir des différentes politiques de promotion des transports alternatifs au transport routier. La localisation de ces marchés, au niveau régional, témoigne d'un effet spécifique des économies d'échelles et de l'équilibre territorial dans l'émission et l'attractivité des flux de transport. Le sens et les directions de ces nouveaux lieux d'émissions et d'attractivité dépendent en outre d'une propagation de ces phénomènes à partir des points précis de l'espace, impliquant une réduction significative des coûts de transport sur une partie de la chaîne intermodale, et provoquant d'un même coup une compensation d'un manque à gagner des AdM ;
- Cette étude a permis également de montrer que les coûts de transport et l'importance des marchés à l'importation et à l'exportation restent les deux facteurs principaux qui expliquent le niveau d'évolution des marchés des AdM. Seulement, pour mieux saisir cette importance et détecter tous les éléments géographiques qui entrent en jeu dans cet accroissement des flux de transport intermodal, une extension des recherches vers une plus ou moins grande introduction des dimensions géographiques était incontournable.

Les dimensions spatio-temporelles sont renforcées par une troisième dimension géographique : la dimension scalaire. Dans le transport de fret international, une échelle locale d'observation des structures et des recompositions des systèmes spatiaux se distingue

nettement à une échelle internationale des échanges entre les territoires appartenant à deux systèmes spatiaux différents selon leur pays d'appartenance. Entre les deux échelles, les effets qui ont été détectés ici sont, par exemple, les effets de frontière, les questions des proximités spatiales et des espaces à enjeux majeurs articulant les réseaux de transport de fret. Entre ces échelles, une échelle régionale située juste au-delà de l'échelle locale s'affirme notamment dans les systèmes d'entreposage de marchandises. La complexité du système de transport et de la logistique implique une étude multi-échelle pour mieux comprendre l'ensemble des interactions qui caractérisent l'espace des flux de transport.

Dans cette recherche trois principales échelles ont été considérées :

- Une échelle locale, caractérisée par une étude des phénomènes individuels, et qui permet de placer les acteurs et les objets spatiaux dans leur unité spatiale propre individualisée par des attributs propres. À cette échelle, les phénomènes de transport international de fret et de l'évolution des systèmes logistiques restent confinés à une individualisation des unités spatiales et des individus. Cette échelle permet néanmoins de saisir les relations de proximités spatiales et les structurations spatio-temporelles internes entre une unité et ses plus proches voisins. Une démarche qui nous a guidé vers la subdivision territoriale en macro-région, séparée par des frontières et un ensemble de relations de proximités spatiales permettant d'établir une comparaison avec les autres régions macro-économiques.
- Une seconde échelle est celle des relations internationales des flux de fret qui vont au-delà des régions macro-économiques. À cette échelle, les échanges se déroulent au sein de deux territoires différents, individualisés par un ensemble de relation de proximités spatiales détectés à une échelle locale.
- En croisant les deux échelles et en spatialisant les phénomènes à étudier, une nouvelle échelle apparaît dans les échanges internationaux de fret. Il s'agit de l'échelle méso. Une échelle caractéristique des phénomènes tels que les aires de services d'entreposage d'un niveau régional ou les développements des corridors continus de proche en proche des services de transport ou de la logistique, qui devient dans la plupart de cas, un phénomène supra-local. Cette recherche a été caractérisée en outre par un aller-retour entre ces différents types d'échelles et un enrichissement mutuel entre elles.

Dans le quatrième chapitre de ce travail, l'accessibilité spatiale aux constructions commencées des aires de services d'entreposage, potentiels au développement des activités du transport par AdM, apporte des nouvelles explications de l'influence des phénomènes géographiques dans les échanges. De la méthode d'évaluation classique de l'accessibilité des services ou des activités à partir des espaces portuaires ou des entrées transfrontalières, la méthode de la superposition pondérée nous a permis de croiser toutes les variables explicatives ayant un impact sur les localisations et les restructurations spatio-temporelles des

services d'entreposages. Les résultats obtenus nous ont permis de saisir des nouveaux phénomènes spatiaux :

- L'évolution spatiale des systèmes d'entreposage se fait à partir des aires potentielles. Un effet de proximité qui détermine la croissance et les directions d'évolutions de nouvelles structures territoriales ;
- Un effet de polarisation spatiale autour des aires d'entreposage majeures et un développement très remarquable autour des infrastructures de transport et des espaces portuaires ;
- Enfin, l'effet de la distance par rapport aux points de départ (espaces portuaires ou les points d'origine des flux) n'apparaît que dans la mesure de l'accessibilité modale. Cet effet est maintenu autour des pôles majeurs des aires d'entreposage de fret. Les niveaux d'accessibilité potentiels des aires d'entrepôt se dégradent au fil et à mesure que l'on s'éloigne de ces pôles d'entrepôt majeur et non pas autour des ports ou des entrées frontalières.
- L'impact sur l'environnement est très significatif avec l'application de la politique de promotion des AdM. Les aires d'entrepôt permettent en effet d'établir un lien entre les flux de transport et les espaces majeurs de consommation de biens. Une meilleure localisation améliore du même coup l'accessibilité spatiale des usagers (les industriels et les centres urbains) des services d'AdM. Une restructuration et une recomposition des aires de services d'entreposage s'opèrent en fonction des politiques appliquées et des avantages accordées aux AdM. Le sens et la direction d'orientation de ces changements sont spécifiques pour chaque mode de transport et à chaque réduction des coûts et des temps de transport. Cette démarche permet d'anticiper les devenirs des territoires des flux de fret et d'orienter les politiques selon les potentialités spatiales favorables ou non aux modes de transport alternatifs au transport routier.

Dans cette perspective, *la durabilité des transports* de fret clôt le débat de la pertinence des échelles, de l'intégration effective de l'espace et de la réversibilité et des valeurs du temps des transports dans le choix modal des acteurs. La durabilité des transports est une quatrième notion qui vient renforcer les notions de choix et de transfert modal vers la promotion des modes de transport alternatifs au transport routier. Cette notion est inséparablement liée à la question de la réduction des impacts environnementaux et des polluants émis par les trafics de transport de fret.

La durabilité dans le transport international de fret par AdM passe par les réductions du nombre de véhicules lourds, sur les principaux corridors d'échanges routiers de fret, et leur éventuel transfert vers la voie la moins onéreuse et respectueuse de l'environnement. La durabilité est ici quantifiée en termes de pourcentage de marchés routiers transférés vers les AdM. À ce propos, elle augmente en fonction de la mise en œuvre des politiques de promotion et d'encouragement des usagers des modes alternatifs au transport routier.

La durabilité des transports par AdM a été, dans un deuxième temps, abordée en termes de changements de structures et des aires de services d'entreposage en liaison avec les activités de transport par les AdM. La durabilité étudiée ici dépasse le cadre général du transfert modal pour évaluer les impacts aux niveaux de l'organisation des transports et des services, et surtout localiser les lieux potentiels pour la mise en œuvre des politiques de transport durable. Les mesures d'accessibilité territoriale, offerte par les services de transport intermodal et routiers, mettent en exergue les plages d'accessibilité continues et homogènes selon les critères utilisés (coûts internes de transport, temps de transport et les coûts environnementaux). La lecture sur les changements spatiaux et les localisations des espaces potentiels devient très difficile à effectuer si on se limite à ces mesures. Le croisement des cartes d'accessibilité spatiale avec, d'un côté, les systèmes logistiques, et de l'autre, les parts de marché, dans une démarche d'analyse spatiale, est le moyen le plus adapté pour appréhender les évolutions des structures et des recompositions spatio-temporelles des constructions commencées des aires de services d'entreposage (variable spatiale utilisée). Une démarche qui permet de localiser les espaces selon leur plus ou moins grande potentialité, selon les rôles qu'ils jouent sur l'ensemble de la chaîne de l'offre et de la demande du transport par AdM.

Les résultats des recompositions et des restructurations spatiales des aires de constructions commencées des services d'entrepôt ont été subdivisés selon la typologie des coûts de transport :

- Les coûts internes moyens pour un véhicule : ces coûts ont été comparés aux coûts de transport intégrant les facteurs environnementaux et les subventions accordées aux usagers des AdM. Les simulations faites pour les scénarios de 2020(0), 2020(1) et 2020(2) donnent une situation générale des évolutions des structures d'entreposage qui dénote d'une certaine organisation spatiale en pôles. Les tendances observées pour les échanges par AdM de la région Lombarde diffèrent moins des évolutions des structures avec la région Ligure. Cette situation est liée, surtout à la proximité de ces régions et leur liaison par rapport aux infrastructures de transport routier et ferroviaire qui facilitent l'accessibilité aux espaces portuaires de Gênes. L'évolution des aires d'entreposage favorable au développement des AdM pour la région de Latium, montre une autre forme d'organisation spatiale différente des régions Lombarde et Ligure.

En effet, la tendance générale des sens d'orientation des aires d'entreposage se traduit par un rapprochement progressif vers les régions portuaires d'entrées des flux de marchandises. Force est de constater aussi la formation d'un nouvel axe de desserte des régions situées dans le sud-ouest de la France, qui renforce l'axe existant entre les départements des Bouches-du-Rhône et de Rhône-Alpes.

- L'application des mesures de promotion des modes de transport alternatifs au transport routier a un impact spatial évident sur les structures et les recompositions spatiales des aires d'entrepôt. L'évolution des services d'entreposage pour le cas de la région Lombarde montre

une tendance d'organisation spatiale, témoignant à la fois d'un effet de proximité par rapport aux portes d'entrées portuaires (les départements situés autour de l'espace méditerranéen) et le reste du territoire, organisé en pôles majeurs articulés autour des axes de communication.

En résumé, les régions Lombarde et Ligurie se prêtent bien à un développement des échanges par transport AdM structuré par un entrepôt de grande taille (à caractère européen et régional), situé dans les espaces proches du littoral ou dans des pôles bien desservis par les infrastructures de transport.

La synthèse des observations des recompositions et des restructurations spatiales peut être résumée comme suit : une représentation d'aires d'entreposage par application de coût interne de transport en dehors de toute politique de promotion en faveur des AdM ; et une autre représentation d'aires d'entreposage intégrant outre les coûts internes de transport les facteurs environnementaux relatifs aux externalités négatives, retracant le schéma d'évolution entre les scénarios 2020(1)-2020(2) :

- Les recompositions et les restructurations spatiales des aires d'entreposage s'organisent donc à partir des espaces à enjeux, des corridors de liaison portuaire et des aires d'extension des marchés futurs. Le renforcement du nœud du département des Bouches-du-Rhône par le département du Var, confirme une dynamique littorale dans les échanges par AdM. Ce nœud est complété par le nouvel axe de développement nord-sud reliant les départements du Rhône, de l'Isère et de la Drôme. On note également un potentiel très important vers l'ouest avec l'apparition de nouveaux nœuds de centralité partant depuis l'Hérault et les Pyrénées-Orientales vers le Lot et la Haute Garonne.

- La conséquence la plus visible sur l'extension de l'aire de chalandise des marchés d'entreposage est, d'abord une restructuration de la zone littorale autour des ports de Sète et de Marseille, ensuite, un développement vers l'arrière-pays des aires secondaires échelonnées sur les principaux nœuds des réseaux de transport de fret (l'aire nord-sud à partir du port de Marseille et l'aire sud-est nord-ouest à partir de l'arrière-pays portuaire de Sète).

- Enfin, le dernier constat sur les structures spatiales majeures de l'évolution des échanges est le développement axial des flux et des aires d'entreposage autour des infrastructures de transport. Les aires d'entreposage, dans leurs croissances, laissent apparaître des principaux axes de développement en corrélation avec le niveau d'accessibilité spatiale offert par les infrastructures de transport. Un vaste potentiel axial sur le littoral est relevé depuis l'entrée transfrontalière franco-espagnole jusqu'au département des Alpes-Maritimes. Un axe nord-sud de la Drôme vers le Rhône, et un dernier axe de la Haute-Garonne vers le Lot. Avec une tendance d'évolution vers un développement continu, et une liaison plus structurée entre ces axes.

Le tableau 36 compare nos résultats sur le transfert modal aux résultats rencontrés dans la littérature existante.

Tableau 36: Pourcentage de choix modal pour les AdM selon les différents scénarios.

Auteurs, années et résultats	Transfert modal et avantages des AdM	Trajet ou origine/destination	Scénario et facteurs explicatifs
D. Bairdur and JM Viegas, 2011	-Base case, 8,5%; -Ecobonus, 29%; -Frequency (3 to 6) 11,5% to 26%.	-La ligne maritime Toulon à Civitavecchia	Polices interventions by subsides and more frequent services
B. Jourquin, 2004	-Coûts externes: 13% à 24%	-Transport interurbain en Belgique	Internalisation des coûts externes
A. S. Bergantino et S. Bolis, 2004	-Recours aux services des RoRo : de 9,11% à 22,64%	-Parma à Badaioz -Guastalla à Barcelone ; -Udine à Tallin ; -Goole à Brescia ; -Milan à Barcelone ; -Bari à Parma ; -Foggia à Milan.	Prix, fiabilité, fréquence et temps de transit.
A. Di Febbraro, D. Rossi, S. Rubino et N. Sacco, 2010	-Milan à Palerme (1788€ route et 1154€ pour le transport intermodal) ; -Turin à Thessaloniki (2155€ pour les AdM, avantage pour la route) ; -Barcelone à Dubrovnik (2265€ et 2650€ pour la route) ; -Gênes à Patra (1723€ et 2790€ pour la route)	-Milan à Palerme ; -Turin à Thessaloniki ; -Barcelone à Dubrovnik ; -Gênes à Patra.	La recherche du plus court chemin.
E. Mange, 2006	20% de trafic pour les AdM ; 30% de trafic avec les navires nouvelle génération ;	-Ligne maritime Toulon à Civitavecchia	Variation des marchés en fonction du trafic et des coûts externes
J. Ndayishimiye, 2014	Sud France et Espagne: -Scénario bas: 4,3 à 7,1% -Scénario moyen: 7,7 à 13,7% -Scénario haut : 7,8 à 13,8% Italie: -Scénario bas: 5,7 à 10,2% -Scénario moyen: 7,1 à 12,6% -Scénario haut : 7,2 à 12,6%	-Régions du sud de la France ; -Régions du nord et centre de l'Italie ; -Régions de l'est- du centre et du nord-est espagnol. (au total 169 lignes maritimes).	-Coûts externes, Politiques de subsides. -Accroissement des fréquences par l'ouverture de nouvelle ligne.

La synthèse des résultats obtenus dans la littérature existante s'exprime différemment selon les approches et la méthodologie utilisées. Contrairement aux approches par corridor de fret

entre un point d'origine et un point de destination, notre approche consiste à une spatialisation des territoires d'émission et de réception des flux de transport. L'origine ou la destination est représentée par une région entière plutôt qu'un point. Les pourcentages obtenus sont donc les parts modales revenant aux AdM pour toute une région. Le tableau 34 donne les différents pourcentages de choix modal pour les AdM selon les scénarios bas, moyens et haut.

En définitive, ce travail nous a permis d'aborder différemment la question de choix modal et de l'évaluation des marchés des AdM comparativement aux flux routiers. Les connaissances apportées offrent une bonne visibilité sur l'impact spatial de l'introduction du transport durable sur les territoires méditerranéens très soumis à la pollution et à la dégradation environnementale occasionnée par la circulation des poids lourds. Pour être efficace, le transfert modal de la route vers le transport maritime mérite d'être étudié sur une grande partie du territoire et non sur quelques trajets ou corridors de fret.

Au terme de ce travail, nous souhaiterions énoncer quelles pistes de développement futur des recherches : Il s'agit de développer un méga-modèle de transport durable alternatif à la route sur l'ensemble du pourtour méditerranéen, en portant un accent particulier sur les relations de proches en proches, des lignes maritimes qui se complètent et se coordonnent pour l'optimisation du transfert modal. En second lieu, il s'agit de renforcer l'intégration de l'espace dans les modèles de transport de fret depuis le début jusqu'à la fin du processus de modélisation pour répondre aux impératifs du développement durable des territoires et des centres urbains desservis.

ANNEXES

ANNEXE 1: Exemple de matrice origine-destination sur les 169 lignes étudiées.

Name	Origin	Dest	Cost	Road2020 (1:0)	MoS2020 (1:0)	Road2020 (1:1)	MoS2020 (1:1)
Aragon - Abruzzo	1	1	Generalised	0,98	0,02	0,97	0,03
Aragon - Emilia-Romagna	1	2	Generalised	0,76	0,24	0,89	0,11
Aragon - Friuli Venezia Giulia	1	3	Generalised	0,87	0,13	0,71	0,29
Aragon - Lazio	1	4	Generalised	0,97	0,03	0,95	0,05
Aragon - Liguria	1	5	Generalised	0,92	0,08	0,87	0,13
Aragon - Lombardia	1	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Aragon - Marche	1	7	Generalised	0,97	0,03	0,97	0,03
Aragon - Piemonte	1	8	Generalised	0,53	0,47	0,80	0,20
Aragon - Toscana	1	9	Generalised	0,96	0,04	0,91	0,09
Aragon - Trento Alto Adige	1	10	Generalised	0,58	0,42	0,85	0,15
Aragon - Umbria	1	11	Generalised	0,98	0,02	0,98	0,02
Aragon - Valle d'Aosta	1	12	Generalised	0,98	0,02	0,98	0,02
Aragon - Veneto	1	13	Generalised	0,58	0,42	0,60	0,40
Auvergne - Abruzzo	2	1	Generalised	0,96	0,04	0,97	0,03
Auvergne - Emilia-Romagna	2	2	Generalised	0,75	0,25	0,89	0,11
Auvergne - Friuli Venezia Giulia	2	3	Generalised	0,86	0,14	0,71	0,29
Auvergne - Lazio	2	4	Generalised	0,95	0,05	0,95	0,05
Auvergne - Liguria	2	5	Generalised	0,90	0,10	0,87	0,13
Auvergne - Lombardia	2	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Auvergne - Marche	2	7	Generalised	0,95	0,05	0,96	0,04
Auvergne - Piemonte	2	8	Generalised	0,53	0,47	0,80	0,20
Auvergne - Toscana	2	9	Generalised	0,94	0,06	0,90	0,10
Auvergne - Trento Alto Adige	2	10	Generalised	0,58	0,42	0,85	0,15
Auvergne - Umbria	2	11	Generalised	0,96	0,04	0,98	0,02
Auvergne - Valle d'Aosta	2	12	Generalised	0,95	0,05	0,98	0,02
Auvergne - Veneto	2	13	Generalised	0,58	0,42	0,60	0,40
Castilla La Mancha - Abruzzo	3	1	Generalised	0,99	0,01	0,98	0,02
Castilla La Mancha - Emilia-Romagna	3	2	Generalised	0,76	0,24	0,89	0,11
Castilla La Mancha - Friuli Venezia Giulia	3	3	Generalised	0,87	0,13	0,72	0,28
Castilla La Mancha - Lazio	3	4	Generalised	0,98	0,02	0,96	0,04
Castilla La Mancha - Liguria	3	5	Generalised	0,92	0,08	0,88	0,12
Castilla La Mancha - Lombardia	3	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Castilla La Mancha - Marche	3	7	Generalised	0,98	0,02	0,97	0,03
Castilla La Mancha - Piemonte	3	8	Generalised	0,53	0,47	0,81	0,19
Castilla La Mancha - Toscana	3	9	Generalised	0,97	0,03	0,91	0,09
Castilla La Mancha - Trento Alto Adige	3	10	Generalised	0,58	0,42	0,85	0,15
Castilla La Mancha - Umbria	3	11	Generalised	0,99	0,01	0,99	0,01
Castilla La Mancha - Valle d'Aosta	3	12	Generalised	0,98	0,02	0,99	0,01
Castilla La Mancha - Veneto	3	13	Generalised	0,58	0,42	0,60	0,40
Cataluna - Abruzzo	4	1	Generalised	0,85	0,15	0,79	0,21
Cataluna - Emilia-Romagna	4	2	Generalised	0,72	0,28	0,76	0,24
Cataluna - Friuli Venezia Giulia	4	3	Generalised	0,79	0,21	0,67	0,33
Cataluna - Lazio	4	4	Generalised	0,84	0,16	0,78	0,22
Cataluna - Liguria	4	5	Generalised	0,81	0,19	0,75	0,25
Cataluna - Lombardia	4	6	Generalised	0,51	0,49	0,59	0,41
Cataluna - Marche	4	7	Generalised	0,85	0,15	0,79	0,21
Cataluna - Piemonte	4	8	Generalised	0,53	0,47	0,72	0,28
Cataluna - Toscana	4	9	Generalised	0,84	0,16	0,76	0,24
Cataluna - Trento Alto Adige	4	10	Generalised	0,58	0,42	0,74	0,26
Cataluna - Umbria	4	11	Generalised	0,85	0,15	0,79	0,21
Cataluna - Valle d'Aosta	4	12	Generalised	0,85	0,15	0,79	0,21
Cataluna - Veneto	4	13	Generalised	0,57	0,43	0,59	0,41
Comunidad Valencia - Abruzzo	5	1	Generalised	0,94	0,06	0,96	0,04
Comunidad Valencia - Emilia-Romagna	5	2	Generalised	0,75	0,25	0,88	0,12

Comunidad Valencia - Friuli Venezia Giulia	5	3	Generalised	0,84	0,16	0,71	0,29
Comunidad Valencia - Lazio	5	4	Generalised	0,93	0,07	0,94	0,06
Comunidad Valencia - Liguria	5	5	Generalised	0,88	0,12	0,87	0,13
Comunidad Valencia - Lombardia	5	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Comunidad Valencia - Marche	5	7	Generalised	0,93	0,07	0,96	0,04
Comunidad Valencia - Piemonte	5	8	Generalised	0,53	0,47	0,80	0,20
Comunidad Valencia - Toscana	5	9	Generalised	0,92	0,08	0,90	0,10
Comunidad Valencia - Trento Alto Adige	5	10	Generalised	0,58	0,42	0,84	0,16
Comunidad Valencia - Umbria	5	11	Generalised	0,94	0,06	0,97	0,03
Comunidad Valencia - Valle d'Aosta	5	12	Generalised	0,94	0,06	0,97	0,03
Comunidad Valencia - Veneto	5	13	Generalised	0,57	0,43	0,60	0,40
La Rioja - Abruzzo	6	1	Generalised	0,99	0,01	0,98	0,02
La Rioja - Emilia-Romagna	6	2	Generalised	0,76	0,24	0,90	0,10
La Rioja - Friuli Venezia Giulia	6	3	Generalised	0,88	0,12	0,72	0,28
La Rioja - Lazio	6	4	Generalised	0,98	0,02	0,97	0,03
La Rioja - Liguria	6	5	Generalised	0,93	0,07	0,88	0,12
La Rioja - Lombardia	6	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
La Rioja - Marche	6	7	Generalised	0,99	0,01	0,98	0,02
La Rioja - Piemonte	6	8	Generalised	0,53	0,47	0,81	0,19
La Rioja - Toscana	6	9	Generalised	0,98	0,02	0,91	0,09
La Rioja - Trento Alto Adige	6	10	Generalised	0,58	0,42	0,86	0,14
La Rioja - Umbria	6	11	Generalised	1,00	0,00	0,99	0,01
La Rioja - Valle d'Aosta	6	12	Generalised	0,99	0,01	0,99	0,01
La Rioja - Veneto	6	13	Generalised	0,58	0,42	0,60	0,40
Languedoc Roussillon - Abruzzo	7	1	Generalised	0,92	0,08	0,94	0,06
Languedoc Roussillon - Emilia-Romagna	7	2	Generalised	0,74	0,26	0,87	0,13
Languedoc Roussillon - Friuli Venezia Giulia	7	3	Generalised	0,83	0,17	0,71	0,29
Languedoc Roussillon - Lazio	7	4	Generalised	0,91	0,09	0,93	0,07
Languedoc Roussillon - Liguria	7	5	Generalised	0,87	0,13	0,86	0,14
Languedoc Roussillon - Lombardia	7	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Languedoc Roussillon - Marche	7	7	Generalised	0,92	0,08	0,94	0,06
Languedoc Roussillon - Piemonte	7	8	Generalised	0,53	0,47	0,79	0,21
Languedoc Roussillon - Toscana	7	9	Generalised	0,91	0,09	0,88	0,12
Languedoc Roussillon - Trento Alto Adige	7	10	Generalised	0,58	0,42	0,83	0,17
Languedoc Roussillon - Umbria	7	11	Generalised	0,92	0,08	0,95	0,05
Languedoc Roussillon - Valle d'Aosta	7	12	Generalised	0,92	0,08	0,95	0,05
Languedoc Roussillon - Veneto	7	13	Generalised	0,57	0,43	0,60	0,40
Madrid - Abruzzo	8	1	Generalised	0,98	0,02	0,97	0,03
Madrid - Emilia-Romagna	8	2	Generalised	0,76	0,24	0,89	0,11
Madrid - Friuli Venezia Giulia	8	3	Generalised	0,87	0,13	0,71	0,29
Madrid - Lazio	8	4	Generalised	0,97	0,03	0,95	0,05
Madrid - Liguria	8	5	Generalised	0,92	0,08	0,87	0,13
Madrid - Lombardia	8	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Madrid - Marche	8	7	Generalised	0,97	0,03	0,97	0,03
Madrid - Piemonte	8	8	Generalised	0,53	0,47	0,80	0,20
Madrid - Toscana	8	9	Generalised	0,96	0,04	0,90	0,10
Madrid - Trento Alto Adige	8	10	Generalised	0,58	0,42	0,85	0,15
Madrid - Umbria	8	11	Generalised	0,98	0,02	0,98	0,02
Madrid - Valle d'Aosta	8	12	Generalised	0,98	0,02	0,98	0,02
Madrid - Veneto	8	13	Generalised	0,58	0,42	0,60	0,40
Midi Pyrénées - Abruzzo	9	1	Generalised	0,97	0,03	0,97	0,03
Midi Pyrénées - Emilia-Romagna	9	2	Generalised	0,76	0,24	0,89	0,11
Midi Pyrénées - Friuli Venezia Giulia	9	3	Generalised	0,86	0,14	0,72	0,28
Midi Pyrénées - Lazio	9	4	Generalised	0,96	0,04	0,96	0,04
Midi Pyrénées - Liguria	9	5	Generalised	0,91	0,09	0,88	0,12

Midi Pyrénées - Lombardia	9	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Midi Pyrénées - Marche	9	7	Generalised	0,97	0,03	0,97	0,03
Midi Pyrénées - Piemonte	9	8	Generalised	0,53	0,47	0,81	0,19
Midi Pyrénées - Toscana	9	9	Generalised	0,95	0,05	0,91	0,09
Midi Pyrénées - Trento Alto Adige	9	10	Generalised	0,58	0,42	0,85	0,15
Midi Pyrénées - Umbria	9	11	Generalised	0,98	0,02	0,98	0,02
Midi Pyrénées - Valle d'Aosta	9	12	Generalised	0,97	0,03	0,98	0,02
Midi Pyrénées - Veneto	9	13	Generalised	0,58	0,42	0,60	0,40
Navarra - Abruzzo	10	1	Generalised	0,99	0,01	0,98	0,02
Navarra - Emilia-Romagna	10	2	Generalised	0,76	0,24	0,90	0,10
Navarra - Friuli Venezia Giulia	10	3	Generalised	0,88	0,12	0,72	0,28
Navarra - Lazio	10	4	Generalised	0,98	0,02	0,96	0,04
Navarra - Liguria	10	5	Generalised	0,93	0,07	0,88	0,12
Navarra - Lombardia	10	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Navarra - Marche	10	7	Generalised	0,99	0,01	0,98	0,02
Navarra - Piemonte	10	8	Generalised	0,53	0,47	0,81	0,19
Navarra - Toscana	10	9	Generalised	0,97	0,03	0,91	0,09
Navarra - Trento Alto Adige	10	10	Generalised	0,58	0,42	0,86	0,14
Navarra - Umbria	10	11	Generalised	1,00	0,00	0,99	0,01
Navarra - Valle d'Aosta	10	12	Generalised	0,99	0,01	0,99	0,01
Navarra - Veneto	10	13	Generalised	0,58	0,42	0,60	0,40
Pais Vasco - Abruzzo	11	1	Generalised	0,99	0,01	0,98	0,02
Pais Vasco - Emilia-Romagna	11	2	Generalised	0,76	0,24	0,89	0,11
Pais Vasco - Friuli Venezia Giulia	11	3	Generalised	0,87	0,13	0,72	0,28
Pais Vasco - Lazio	11	4	Generalised	0,98	0,02	0,96	0,04
Pais Vasco - Liguria	11	5	Generalised	0,92	0,08	0,88	0,12
Pais Vasco - Lombardia	11	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Pais Vasco - Marche	11	7	Generalised	0,98	0,02	0,98	0,02
Pais Vasco - Piemonte	11	8	Generalised	0,53	0,47	0,81	0,19
Pais Vasco - Toscana	11	9	Generalised	0,97	0,03	0,91	0,09
Pais Vasco - Trento Alto Adige	11	10	Generalised	0,58	0,42	0,86	0,14
Pais Vasco - Umbria	11	11	Generalised	0,99	0,01	0,99	0,01
Pais Vasco - Valle d'Aosta	11	12	Generalised	0,98	0,02	0,99	0,01
Pais Vasco - Veneto	11	13	Generalised	0,58	0,42	0,60	0,40
Provence Alpes Cote d'Azur - Abruzzo	12	1	Generalised	0,77	0,23	0,75	0,25
Provence Alpes Cote d'Azur - Emilia-Romagna	12	2	Generalised	0,68	0,32	0,72	0,28
Provence Alpes Cote d'Azur - Friuli Venezia Giulia	12	3	Generalised	0,73	0,27	0,65	0,35
Provence Alpes Cote d'Azur - Lazio	12	4	Generalised	0,77	0,23	0,75	0,25
Provence Alpes Cote d'Azur - Liguria	12	5	Generalised	0,75	0,25	0,72	0,28
Provence Alpes Cote d'Azur - Lombardia	12	6	Generalised	0,51	0,49	0,58	0,42
Provence Alpes Cote d'Azur - Marche	12	7	Generalised	0,77	0,23	0,75	0,25
Provence Alpes Cote d'Azur - Piemonte	12	8	Generalised	0,53	0,47	0,69	0,31
Provence Alpes Cote d'Azur - Toscana	12	9	Generalised	0,76	0,24	0,73	0,27
Provence Alpes Cote d'Azur - Trento Alto Adige	12	10	Generalised	0,57	0,43	0,71	0,29
Provence Alpes Cote d'Azur - Umbria	12	11	Generalised	0,77	0,23	0,75	0,25
Provence Alpes Cote d'Azur - Valle d'Aosta	12	12	Generalised	0,77	0,23	0,75	0,25
Provence Alpes Cote d'Azur - Veneto	12	13	Generalised	0,57	0,43	0,59	0,41
Rhone Alpes - Abruzzo	13	1	Generalised	0,88	0,12	0,90	0,10
Rhone Alpes - Emilia-Romagna	13	2	Generalised	0,73	0,27	0,84	0,16
Rhone Alpes - Friuli Venezia Giulia	13	3	Generalised	0,81	0,19	0,70	0,30
Rhone Alpes - Lazio	13	4	Generalised	0,87	0,13	0,88	0,12
Rhone Alpes - Liguria	13	5	Generalised	0,84	0,16	0,83	0,17
Rhone Alpes - Lombardia	13	6	Generalised	0,51	0,49	0,60	0,40
Rhone Alpes - Marche	13	7	Generalised	0,88	0,12	0,89	0,11
Rhone Alpes - Piemonte	13	8	Generalised	0,53	0,47	0,77	0,23
Rhone Alpes - Toscana	13	9	Generalised	0,87	0,13	0,85	0,15
Rhone Alpes - Trento Alto Adige	13	10	Generalised	0,58	0,42	0,81	0,19
Rhone Alpes - Umbria	13	11	Generalised	0,88	0,12	0,90	0,10
Rhone Alpes - Valle d'Aosta	13	12	Generalised	0,88	0,12	0,90	0,10
Rhone Alpes - Veneto	13	13	Generalised	0,57	0,43	0,60	0,40

ANNEXE 2

Transport international de fret entre la France et l'Italie (2003-2006)

Les données du transport routier international de fret distinguent les coûts fixes des coûts variables ou les coûts internes des coûts externes. Elles sont collectées sur les mêmes lignes de transport que les autoroutes de la mer en considérant les mêmes points d'origines et les mêmes points de destinations. L'offre des transports et aussi les capacités des quantités de marchandises transportées par mode de transport. Les tableaux suivants donnent l'offre des services du transport routier international entre la France et l'Italie (2003-2006). (Tableau 1 et 2)

Tableau 1: Les services de transport routier international entre le sud de la France et le nord de l'Italie
(Importations et exportations exprimées en millier de tonnes)

Années Région	Importation du sud de la France depuis l'Italie (millier de tonnes)			
	2003	2004	2005	2006
Midi-Pyrénées	216	221	185	200
Rhône-Alpes	1915	2103	1936	2243
Auvergne	165	206	143	319
Languedoc-Roussillon	1382	1056	631	493
Paca-Corse	2356	7967	3029	3135
Total import	6034	11553	5924	6390
Total import France	12887	18376	13176	14263
Pourcentage sud France	46,82%	62,87%	44,96%	44,80%
Années Région	Exportation du sud de la France vers l'Italie (millier de tonnes)			
	2003	2004	2005	2006
Midi-Pyrénées	454	400	389	384
Rhône-Alpes	3054	3206	2828	2956
Auvergne	386	321	342	319
Languedoc-Roussillon	853	693	608	601
Paca-Corse	4931	4883	4218	4484
Total export	9678	9503	8385	8744
Total export France	27069	27827	29050	31076
Pourcentage sud France	35,75%	34,15%	28,86%	28,13%

Source: Base de données SitraM, Commerce extérieur.

Tableau 2: Les services de transport routier international entre le nord de l'Italie et l'extérieur
 (Importations et exportations exprimées en millier de tonnes transportées)

Années Régions	Importation du nord de l'Italie depuis l'extérieur			
	2003	2004	2005	2006
Piemonte	2668	3260	3736	3309
Vallée d'Aosta	24	41	49	43
Lombardia	2895	4363	4578	3522
Trentino Alto Adige	1859	2784	2929	2599
Veneto	2385	2379	2603	2490
Friuli Veneto Giulia	963	1259	981	752
Liguria	256	296	332	395
Emilia Romagna	1417	1770	1857	1215
Total import nord	12471	16154	17068	14326
Total import Italie	156630	200685	226972,60	162468,84
Pourcentage nord Italie	79,62%	80,49%	75,20%	88,18%
Années Régions	Exportation du nord de l'Italie vers l'extérieur			
	2003	2004	2005	2006
Piemonte	2896	4008	4150	3196
Vallée d'Aosta	24	3	97	36
Lombardia	4285	5258	5088	4713
Trentino Alto Adige	1622	2765	2136	1639
Veneto	2191	2171	3048	2279
Friuli Veneto Giulia	812	941	926	769
Liguria	341	406	399	377
Emilia Romagna	1546	1821	2057	1856
Total export nord	13720	17376	17905	14869
Total export Italie	171913	217935	208207	182656
Pourcentage nord Italie	79,81%	79,73%	85,99%	81,40%

Source: Base de données de l'ISTAT, Commerce extérieur.

Pour une modélisation prospective et géoprospective ces données sont analysées sur une période de temps longue (de 20 ans ou plus) selon leur disponibilité et les thématiques étudiées. Les tonnages importés et exportés par mode de transport sont convertis vers les nombres de véhicules de transport pour une modélisation des trafics. Elles peuvent être détaillées selon les types de produits transportés et les modes de transport utilisés. Ces données départementales sont des données statiques observées sur un territoire donné. Elles sont complétées par des données de transport relatives aux dépenses, au temps, aux coûts de transport et aux émissions de polluants et de gaz à effet de serre.

ANNEXE 3

Tableau 3 : Nom des régions et pays du territoire d'étude.

Nom des Régions	Pays	FID	Code Région
Piemonte	Italie	8	1
Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste	Italie	9	2
Lombardia	Italie	10	3
Trentino-Alto Adige	Italie	11	4
Veneto	Italie	12	5
Friuli-Venezia Giulia	Italie	13	6
Liguria	Italie	14	7
Emilia-Romagna	Italie	15	8
Toscana	Italie	16	9
Umbria	Italie	17	10
Marche	Italie	18	11
Lazio	Italie	19	12
Abruzzo	Italie	20	13
Midi-Pyrénées	France	21	73
Rhône-Alpes	France	22	82
Auvergne	France	23	83
Languedoc-Roussillon	France	24	91
Provence-Alpes-Côte d'Azur	France	25	93
Aragon	Espagne	0	AR
Castilla - la Mancha	Espagne	1	CM
Cataluña	Espagne	2	CT
La Rioja	Espagne	5	LO
Comunidad de Madrid	Espagne	3	M
Navarra	Espagne	6	NA
Pais Vasco	Espagne	7	PV
Comunidad Valenciana	Espagne	4	VC

ANNEXE 4

Tableau 4 : Aire d'étude par une subdivision départementale ou provinciale (France)

Codes	Noms	Codes régions
09	ARIEGE	73
12	AVEYRON	73
32	GERS	73
31	HAUTE-GARONNE	73
65	HAUTES-PYRENEES	73
46	LOT	73
81	TARN	73
82	TARN-ET-GARONNE	73
19	CORREZE	74
23	CREUSE	74
87	HAUTE-VIENNE	74
01	AIN	82
07	ARDECHE	82
26	DROME	82
74	HAUTE-SAVOIE	82
38	ISERE	82
42	LOIRE	82
69	RHONE	82
73	SAVOIE	82
3	ALLIER	83
15	CANTAL	83
43	HAUTE-LOIRE	83
63	PUY-DE-DOME	83
11	AUDE	91
30	GARD	91
34	HERAULT	91
48	LOZERE	91
66	PYRENEES-ORIENTALES	91
04	ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE	93
06	ALPES-MARITIMES	93
13	BOUCHES-DU-RHONE	93
05	HAUTES-ALPES	93
83	VAR	93
84	VAUCLUSE	93

Tableau 65: Aire d'étude par une subdivision départementale ou provinciale (Italie)

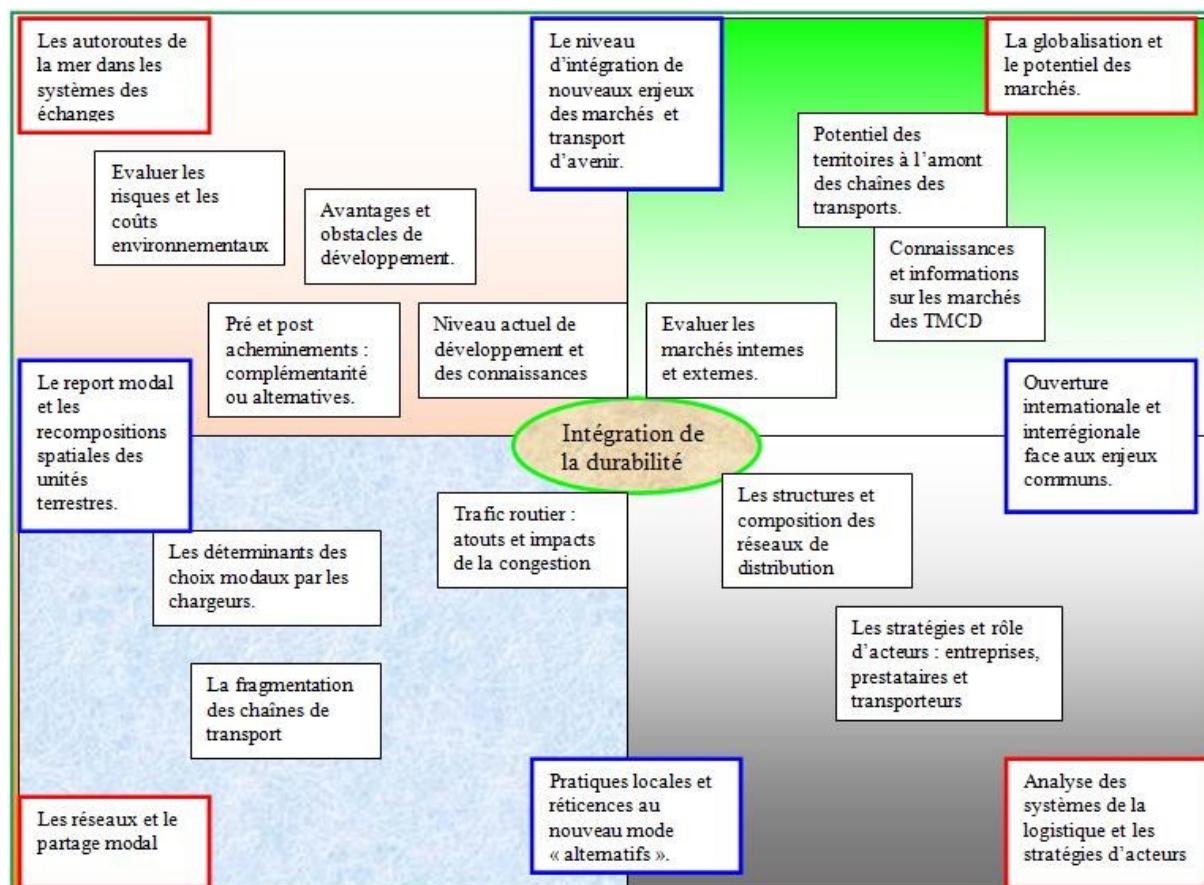
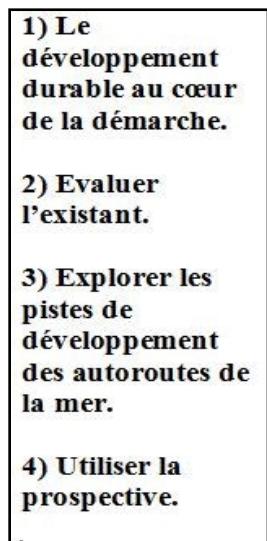
Codes	Noms	Codes régions
1	Torino	1
2	Vercelli	1
3	Novara	1
4	Cuneo	1
5	Asti	1
6	Alessandri	1
96	Biella	1
103	Verbano-Cu	1
7	Aosta	2
12	Varese	3
13	Como	3
14	Sondrio	3
15	Milano	3
16	Bergamo	3
17	Brescia	3
18	Pavia	3
19	Cremona	3
20	Mantova	3
97	Lecco	3
98	Lodi	3
21	Bolzano/Bo	4
22	Trento	4
23	Verona	5
24	Vicenza	5
25	Belluno	5
26	Treviso	5
27	Venezia	5
28	Padova	5
29	Rovigo	5
30	Udine	6
31	Gorizia	6
32	Trieste	6
93	Pordenone	6
8	Imperia	7
9	Savona	7
10	Genova	7
11	La Spezia	7
33	Piacenza	8
34	Parma	8
35	Reggio nel	8
36	Modena	8
37	Bologna	8
38	Ferrara	8
39	Ravenna	8
40	Forlì-Cese	8
99	Rimini	8
45	Massa-Carr	9
46	Lucca	9
47	Pistoia	9
48	Firenze	9
49	Livorno	9
50	Pisa	9
51	Arezzo	9
52	Siena	9
53	Grosseto	9
100	Prato	9
54	Perugia	10
55	Terni	10
41	Pesaro e U	11
42	Ancona	11
43	Macerata	11
44	Ascoli Pic	11
56	Viterbo	12
57	Rieti	12
58	Roma	12
59	Latina	12
60	Frosinone	12
66	L'Aquila	13
67	Teramo	13
68	Pescara	13
69	Chieti	13

Tableau 6 : Aire d'étude par une subdivision départementale ou provinciale (Espagne)

Codes	Noms	Codes régions
22	Huesca	AR
44	Teruel	AR
50	Zaragoza	AR
05	Avila	CL
09	Burgos	CL
24	Leon	CL
34	Palencia	CL
37	Salamanca	CL
40	Segovia	CL
42	Soria	CL
47	Valladolid	CL
49	Zamora	CL
02	Albacete	CM
16	Cuenca	CM
19	Guadalajara	CM
23	Jaen	CM
45	Toledo	CM
08	Barcelona	CT
17	Gerona	CT
25	Lurida	CT
43	Tarragona	CT
26	La Rioja	LO
28	Madrid	M
31	Navarra	NA
01	Alava	PV
20	Guipzcoa	PV
48	Viscaya	PV
03	Alicante	VC
12	Castellon de	VC
46	Valencia	VC

ANNEXE 5

Figure 1: Les principales étapes de la démarche d'évaluation de la durabilité des transports de fret par les AdM.



ANNEXE 6

Le concept de l'Autoroute de la Mer, selon le rapport annuel de L-V. De Oliveira (2008).

L'autoroute de la mer est perçue comme transport maritime à courte distance. Dans ce rapport, De Oliveira développe les principales conditions permettant la fluidité de la chaîne logistique en connection avec la partie du trajet maritime.

Les conditions suivantes permettent la réussite ou non d'un projet d'une Autoroute de la Mer :

- La fiabilité qui dépend largement de l'efficacité des services, des ports et de la connection à l'hinterland ;
- La fréquence qui dépend largement de la ligne maritime et de l'importance des marchandises drainées par les ports en échanges. Cette fréquence varie d'un seul départ à plusieurs départs par semaine ;
- L'accès et l'usage faciles des clients ;
- Des liens proches avec les clients et la pérennité des marchés ;
- Le marketing du concept aux compagnies de transport pour promouvoir les types de transport combiné possible selon les économies réalisées.

Ces conditions ont permis de dresser les principaux critères d'une Autoroute de la Mer :

- La connection du port à son hinterland ;
- Le réseau portuaire interne ;
- Les caractéristiques du terminal des navires rouliers ou de conteneurs ;
- Les caractéristiques de la rampe des navires rouliers ou de la plate-forme des conteneurs ;
- Les opérations de chargement/déchargement ;
- Le temps et les procédures nécessaires pour le départ et l'arrivée des navires ;
- L'accostage des navires ;
- Les caractéristiques des navires ;
- Les caractéristiques des services maritimes offerts ;
- Les prix indicatifs des services maritimes ;
- Les procédures administratives.

Ces conditions et critères énumérés sont les fondements de base pour comprendre le concept d'une Autoroute de la mer. Ils sont tirés directement des résultats de plusieurs travaux et enquêtes menés sur le fonctionnement des Autoroutes de la Mer.

BIBLIOGRAPHIE

I. OUVRAGES GENERAUX

- Bailly, A., Ferras, R., Pumain, D., 1995, Encyclopédie de Géographie, Ed. Economica, 1166 p.
- Brunet, R., et Dollfus, O., 1990, Mondes Nouveaux , Géographie universelle, Hachette, Reclus, Compagnie financière de l'Union Européenne.
- Camagni, R., 2005, Economía urbana, Barcelona: Ed Antoni Bosch, 304 p
- CGPC, 2006, Démarche prospective transports 2050: Eléments de réflexion, Ministère des Transports d'équipement, Conseil Général des Ponts et Chaussées « CGPC », 51 p.
- Courlet, C., 2008, L'économie territoriale, Presses Universitaires de Grenoble, 132p.
- Cousquer, Y., 2011, L'évolution des bassins Est du Grand port de Marseille à l'horizon 2025 : un projet ville-port, Rapport, Conseil de Surveillance, dans La charte Ville-Port : Charte ville-port entre les collectivités territoriales et les acteurs urbains et portuaires de la place Marseillaise, 54 p.
- Dauphiné, A., 2003, Les théories de la complexité chez les Géographes, Anthropos, 248p.
- De Oliveira L. V., 2010, Motorways of the Sea : A sustainable maritime vision for Europe : Building on Europe's maritime Legacy and Looking beyond Global Trade, European Coordinator PP21, TEN-T: Trans-European Transport Networks: Annual Activity Report 2009-2010 for PP21.
- De Oliveira L. V., 2008, European Coordinator for Motorways of the Sea – Priority Project 21: Fostering seamless transport in the European Union Motorways of the Sea in the European logistics chain, Annual Report, 24p.
- De Richemont, H., 2009, Autoroutes de la mer : États des lieux et propositions concrètes, Rapport, 52 p.
- DRAST , PREDIT, 2008, Prospective fret 2030, Ministère de l'environnement, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, Direction de la recherche et de l'animation scientifique et technique DRAST, PREDIT, 208p.
- ECMT, 2007, Estimation et évaluation des coûts de transport, European Ministry Commission of Transportation, Table ronde 136, p.144.
- Futuribles, 2005, Rapport d'étude prospective pour l'élaboration des scénarios exploratoire sur les transports à l'horizon 2050, Futuribles,174 p.
- KBS, PREDIT, 2001, Prospective des transports terrestres en 2020:Conception d'un modèle dynamique, n°98-MT-116, PREDIT , 44 p.

Miola, A., Paccagnan, V., Mannino, I., Massaruto, A., Perujo, A. and Turvani, M., 2009.

External costs of transportation case study: maritime transport, JRC Scientific and Technical Reports, European Commission, p.109.

OCDE, 1997, CONFÉRENCES DE OCDE VERS DES TRANSPORTS DURABLES, La conférence de Vancouver, Vancouver, Colombie-Britannique du 24 au 27 mars 1996, 206 p.

Office interconsulaire des transports et communications du Sud-Est, 2005, Une politique des transports pour soutenir la croissance, rapport, 116p.

Pecqueur, B. et Zimmermann, J.B., 2004, Economie de proximités, Hermès, Paris, 264p.

Plassard, F., 2004, Rétrospective de la prospective dans les transports et l'aménagement du territoire, Futuribles.

Plassard, F., PREDIT, 2003, Transport et territoire, La documentation française, PREDIT, Oct. 2003.

Ponsard, C., 1955, Économie et espace. Essai d'intégration du facteur spatial dans l'analyse économique, SEDES, Paris

Pueyo, C-A., 1994, Utilización de cartografía para el análisis y diagnóstico de la localización de equipamientos, Zaragoza:Ed. Publicaciones de la Universidad de Zaragoza,Tesis doctoral, 800 p.

Pumain, D., T. Saint-Julien, 2001. Les interactions spatiales: Flux et changements dans l'espace géographique, Paris, Armand-colin, 191p.

Rozenblat, C., et Cicille, P. 2003. Les villes européennes, analyse comparative, Datar/Maison de la Géographie de Montpellier, 94 p.

Savy, M., 1993, Logistique et territoire: le nouvel espace des transports, Reclus, Montpellier, 140p.

Savy, M., 2007, Le transport de marchandises : un secteur d'économie en plein essor, Eyrolles, Editions d'organisation, 371p.

StratMoS, Modal Shift, Environmental Impact and Socio-Economic Impact in MoS- Applications, TheInterreg IVB North Sea Region Programme.

Van Essen, H., Schroten, A., Otten, M., Sutter, D., Schreyer, C., Zandonella, R., Maiback, M., Doll, C., 2001. External Costs of Transport in Europe: Update study for 2008, CE Delft, Infras, Fraunhofer ISI, 163p.

Vallin, P., 2010, La logistique: Le pilotage de la Supply Chain, Fifth éd. Economica, Paris, 288p.

Vallouis, P., 2010, Les transports maritimes de marchandises en Méditerranée: Perspectives 2025, Les cahiers du Plan Bleu, 60 p.

II. HDR, THESES ET MEMOIRES

- Basse, R. M., 2010, La LGV PACA dans l'évolution du système territorial transfrontalier Franco-Italo-Monegasque: Modélisation Géoprospective, Département de Géographie, Nice, Université de Nice Sophia Antipolis, Thèse de doctorat en Géographie, UMR ESPACE 6012, 295 p.
- Bonnel, P., 2001, Prévision de la demande de transport, Rapport présenté en vue de l'obtention du diplôme d'habilitation à diriger les recherches, ENTPE, Université Lumière Lyon 2, CNRS, 409p.
- Casanova, L., 2010, Les dynamiques du foncier à bâtir comme marqueurs du devenir des territoires de Provence intérieure, littorale et alpine: Eléments de prospective spatiale pour l'action territoriale, Académie d'Aix-en-provence, Avignon, Université d'Avignon et du pays de Vaucluse, Docteur en Sciences Humaines, 441p.
- Dorques, A., 2007-2008, LES AUTOROUTES DE LA MER, Mémoire de master II en droit maritimes et des transports, 96 p.
- Gacogne, V., 2003, Impact des coûts de transport sur les systèmes logistiques par une modélisation dynamique des systèmes: Le modèle SANDOMA, Ecole nationale des Ponts et Chaussées, Thèse de doctorat en Géographie, 263 p.
- Hipolito, M. F., 2007, La viabilité du cabotage maritime de marchandises conteneurisées entre la péninsule ibérique et l'Europe du Nord-Ouest, Thèse soutenue à l'Université du Havre, 432p.
- Jiang, F., 1998, Choix modal et système logistique en transport de marchandises: Modélisation, analyse économique et prévision du comportement du chargeur, Ecole nationale des ponts et chaussées, Thèse pour le Doctorat.
- Rozenblat C., 2004, «Tissus de villes – réseaux et systèmes urbains en Europe », Université Paul Valéry, Montpellier, 2004.
- Saint-Amand, P., 2010, L'adéquation d'un système de transport aux systèmes territoriaux méditerranéens: pour une mobilité durable. Modélisations et aide à la décision, Thèse de doctorat en Géographie, Université de Nice Sophia Antipolis, UMR ESPACE 6012, 469p.
- Siarov, V., 2003, Evaluation stratégique des projets d'infrastructures de transport: Le corridor paneuropéen N °10 "Salzbourg. Université Vincennes Saint Denis. Paris Université Vincennes Saint Denis, Thèse de doctorat en Géographie, 706 p.
- Voiron-Canicio, C., 1992, Espace, structures et dynamiques régionales : l'ac méditerranéen, thèse de doctorat, Université de Nice, 549 p.

III. ARTICLES ET SEMINAIRES

- André, F., 1978, Transport et localisation industrielle. In: Annales de Géographie. 1978, t. 87, n°483. pp. 545-559.
- Aronietis, R., Markianidou, P., Meersman, H., Pauwels, T., Pirenne, M., Van de Voorde, E., Vanelander, T. et Verhetsel, A., 2010. Some effects of hinterland infrastructure pricing on port competitiveness: case of Antwerp. Proceedings of the WCTR 2010 Conference, the 12 th World Conference on transport Research: Lisbon July 11-15.
- Aronietisa, R. Pauwelsa, T. Vanelslandera, T. Gadziński, J. Golędzinowskac, A. Wasild, R., 2011, Port hinterland connections: a comparative study of Polish and Belgian cases”, Procedia Social and Behavioral Sciences 20, page 59–68, 14th EWGT & 26th MEC & 1st RH, 2011.
- ASRDLF, 2008, La proximité: 15 ans déjà !, RERU n°3, avec le concours Centre National de la Recherche Scientifique, Armand Colin, 498p.
- Assumma, V., Vitetta, A., 2006, Microsimulation models in a RO-RO high speed services intermodal container terminal: ordinary and perturbed conditions, Association for European Transport and Contributors.
- Baindur, D., Viegas, J.M., 2011, An agent based model concept for assessing modal share in inter-regional freight transport markets, Journal of Transport Geography 19, 1093–1105.
- Baird, A., 2005, EU Motorways of the Sea policy – lessons to be learned from practical experience. European Conference on Sustainable goods and passenger transport. Kristiansand, Norway.
- Banos, A., Chardonnell, S., Lang, C., Marilleau, N., Thévenin, T., Une approche multi-agent de la ville en mouvement, dans le projet MIRO, Modélisation Intra-urbaine des Rythmes quOtidiens.
- Bergantino, A.S., Bolis, S., 2008, Monetary values of transport service attributes: land versus maritime ro-ro transport. An application using adaptive stated preferences, Maritime Policy and Management, Volume 35, Issue 2.
- Bergantino, A. S., Bolis, S., 2004, An Analysis of Maritime Ro-Ro Freight Transport Service Attributes through Adaptive Stated Preference: an Application to a Sample of Freight Forwarders, European Transport \ Trasporti Europei n. 25-26 (2003-2004): 33-51p.
- Bernard, D., 1983, Analyse spatiale de l'industrie et de l'environnement industriel : Ian Hamilton (F.E.), Linge (J.R.), Spatial Analysis Industry and the Industrial Environment. In: Annales de Géographie. 1983, t. 92, n°514. pp. 714-719.
- Berthaud. P. et David-Nozay, N., 2000, Le transport de marchandises à l'horizon 2020 sur l'axe Rhin-Rhône, *Notes de synthèse du SES*.

- Bertrand, R., 1956, Quelques aspects de la notion d'espace en économie [Interdépendance et espace, croissance et espace]. In: Etudes et conjoncture - Institut national de la statistique et des études économiques, N°7, 1956 (11e année). pp. 666-675.
- Biba G., Thériault M. et Des Rosiers F., 2005, « Analyse des aires de marché du commerce de détail à Québec : une méthodologie combinant une enquête de mobilité et un système d'information géographique », *Cybergeo : European Journal of Geography*.
- Bolis, S., Maggi, R., 2003, Logistics strategy and transport service choices an adaptive stated preferences experiment. *Growth and Change* 34 (4), 490–504.
- Bolis, S., Maggi, R., 2003, Logistics strategy and transport service choices an adaptive stated preferences experiment. *Growth and Change* 34 (4), 490–504.
- Bouba-Olga, O., Grossetti M., 2008, Socio-économie de proximité,*Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 2008/3 octobre, p. 311-328.
- Braibant, M., 1991, Le transport routier de marchandises à la veille de l'échéance européenne. In: Economie et statistique, N°239, Janvier 1991. Le transport routier de marchandises .. / Taux d'intérêt, financement et performances des entreprises / La dispersion des salaires de l'Etat / Les échanges au sein de la famille. pp. 3-17.
- Bruno C., 2000, Districts italiens et PME-systèmes français, comparaison n'est pas raison, centre d'études de l'emploi, letter 61.
- Cappato, A., 2007, Les autoroutes de la mer , Mars 2007, Assemblée Générale CCI de Nice, 19p.
- Cappato, A., Musso, E., 2000, Evaluation des sites potentiels de localisation : le cas du choix des ports d'attache dans le marché des croisières, Università degli studi di Genova, Italie, Revue région et Développement n°11-2000, 133-148.
- Casaca A. C. P et Marlow, P.B., 2005, The competitiveness of short sea shipping in multimodal logistics supply chains: service attributes, *Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research* , Volume 32, Issue 4, pages 363-382.
- CGDD, 2013, Enquête transport routier de marchandises : Métadonnées, Comission générale du développement durable, Service de l'observation et des statistiques, 8p.
- CGDD, 2013, Le transport routier de marchandises à travers les frontières françaises en 2010, Observation et statistiques, Comissariat Général du Développement Durable, n°90, 180p.
- Chapelon, L., 2006, L'accessibilité, marqueur des inégalités de rayonnement des villes portuaires en Europe, *Cybergeo: European Journal of Geography*, n°345.
- Chardonnel, S., Thévenin, T., 2012, Les apports de la time-geography dans les représentations spatio-temporelles, Ecole thématique MoDyS 2012 : Modélisation et visualisation des dynamiques spatiales: Raisonnez sur le temps long et ses incertitudes.

Chi, G., Porter, J. R., Cosby, A. G., Levinson, D., 2013, The impact of gasoline price changes on traffic safety: a time-geography explanation, *Journal of Transport Geography* 28 (2013) 1–11.

Claval P., 1978, Une introduction à la géographie économique. In: *Annales de Géographie*. 1978, t. 87, n°484. pp. 727-728.

CNR (Comité National Routier), 2012, *Enquête longue distance 2011*, Paris, 30 p.

Corraggio José-L., 1981, Les formes sociales de l'organisation de l'espace. Critique de l'économie spatiale. In: *Espaces Temps*, 18-20, Une géographie à visage humain ? Espace/Marxisme. Traces, empreintes, pistes. pp. 123-135.

Crozet, M., Lafourcade, M., 2009, *La nouvelle économie géographique*, Paris, La découverte.

De Oliveira, L. V., 2008, European Coordinator for Motorways of the Sea – Priority Project 21: Fostering seamless transport in the European Union Motorways of the Sea in the European logistics chain, Annual Report, 24 p.

De Oliveira, L. V., 2010, Motorways of the Sea: A Sustainable Maritime Vision for Europe Building on Europe's Maritime Legacy and Looking Beyond Global Trade, TENT, Trans-European Transport Network, Annual activity report 2009-2010 for the PP21, Brussels, 34p.

Derycke P. -H., 1992, La localisation des services publics locaux. Réflexions sur l'équité territoriale, Communication au Colloque de l'AFSE, Paris, septembre, 22 pages.

Dubreil, D., 2003, Short Sea Shipping : entre Logistique dédiée et Offre banale : Une Approche par la production, Séminaire Maritime INRETS, 2003.

Di Febraro, A., Rossi, D., Rubino, S., Sacco, N., 2010, On modelling motorways of the sea, 12 th WCTR, July 11-15, 2010 – Lisbon, Portugal.

ECMT, 2007, Estimation et évaluation des coûts de transport, European Ministry Commission of Transportation, Table ronde 136, 144.

Feo, S.M., Espino, R., García, L., 2011, An stated preference analysis of Spanish freight forwarders modal choice on the south-west Europe Motorway of the Sea, *Transport Policy* 18, 60–67.

Ferrari, C. Parola, F., Gattorna, E., 2011, Measuring the quality of port hinterland accessibility: The Ligurian case, *Transport policy*, Volume 18, Issue 2, 382-391.

Francis, A., Lepicier, D., Perrier-Cornet, P., 2006, Structure économique des territoires: une analyse des disparités micro-régionales à l'échelle des pays en France», *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 2006/2 juillet, p. 203-225.

Fusco, G., Caglioni, M., 2010, Hierarchical Clustering through Spatial Interaction Data: The Case of Commuting Flows in South-Eastern France.

Gaffard J-L., Quéré M., 1998, Coordination, croissance et géographie économique. In: Revue économique. Volume 49, n°3, 1998. pp. 857-865.

ICT Based co-modality promotion center for integrating PP 24 into Mediterranean MoS, MoS 24 Newsletter 2012, 2012.

IFM, 2002, Le cabotage maritime, Du cabotage au grand large, revue maritime numéro 462, juillet 2002, 5p.

Isard W., 1951, Interregional and regional input-output analysis : a model of space economy, Review of Economics and Statistics, vol. 33, 318-328.

Janic, M., 2007, Modelling the full costs of an international and road freight transport network. *Transportation Research Part D* 12, 33-44.

Janic, M., Vleugel, J., 2012. Estimating potential reductions in externalities from rail-road substitution in Trans-European freight transport corridors, *Transportation Research Part D* 17, 154-160.

Joignaux G., Verny J., 2004, Le découplage entre transport de marchandises et croissance : organisations productives, localisations et demande de transport », Revue d'Économie Régionale & Urbaine, 2004/5 décembre, p. 779-791. DOI : 10.3917/reru.045.0779

Jourquin, B., 2004, Estimation de l'impact de l'internalisation des coûts externes du trafic de fret interurbain en Belgique, *Reflets et perspectives de la vie économique*, Tome XLIII, 77-87.

Kapros, S., 2002, Strategic market segments and prospects of short sea shipping in the eastern Mediterranean and the black sea, Association for European Transport and Contributions.

Kapros, S., 2010, European transport policy instruments and actors attitudes in specific markets: the case of motorway of the sea in the east Mediterranean, Association for European Transport and Contributions.

Konings, R., Ludema, M., 2000, The competitiveness of the river±sea transport system: market perspectives on the United Kingdom±Germany corridor, *Journal of Transport Geography* 8, 221±228.

Krugman P. R. , 1991, Increasing returns and economic geography, *Journal of Political Economy*, vol. 99, p 483-499.

Le Gallo, J., 2002, Économétrie spatiale : l'autocorrélation spatiale dans les modèles de régression Linéaire, *Économie et Prévision*, n° 155 2002-4.

Limbourg S., Jourquin B, 2009, Optimal rail-road container terminal locations on the European network , *Transportation Research Part E* (2009), doi:10.1016/j.tre.2008.12.003

Lopez., 2008, Sea-river shipping competitiveness and its geographical market area for the Rhône-Saône corridor, Laboratoire d'économie des transports, CNRS UMR No 5593, Université Lumière Lyon 2, Lyon, France, Journal of transport geography, 100-116.

Lopez A.M, Sobrino P.C., Doce A.M., Gonzalez M.M., 2013, The Sensitization of optimization models of fleets for sea motorways, IAME 2013.

Luo, W., 2004. Using a GIS-based floating catchment method to assess areas with shortage of physicians, Health & Place 10, 1–11.

Luo, W., Whippo, T., 2012. Variable catchment sizes for the two-step floating catchment area (2SFCA) method, Health & Place 18 (2012) 789–795.

Macharis, C., Pekin, E., 2009, Assessing policy measures for the stimulation of intermodal transport: a GIS-based policy analysis, Journal of Transport Geography, 17, 500-508.

Mendez, R. et Razquin, J., 1997, Nouvelles tendances de la localisation industrielle en Espagne In: Méditerranée, Tome 87, Industries en Méditerranée de la marginalisation à la mondialisation. pp. 55-62.

Menéndez, L.G. , Valero, M.F., 2009. European Common Transport Policy and Short - Sea Shipping: Empirical Evidence Based on Modal Choice Models, Transport Reviews.

Mange, E., 2006, Short sea shipping cost benefit analysis, Associations for European Transport and Contributors, Setra.

Manga, J., Lalwani, C., Gardner, B., 2002, Modelling port/ferry choice in RoRo freight transportation, International Journal of Transport Management 1 (2002) 15–28.

Mayer T., Mucchielli J-L., 1999, La localisation à l'étranger des entreprises multinationales. Une approche d'économie géographique hiérarchisée appliquée aux entreprises japonaises en Europe. In: Economie et statistique, N°326-327, 1999. pp. 159-176.

Mazzarino M., 2003, Analysis and assessment of port/shipping choice criteria in the ro-ro sector: a case study on the Italy-Greece axis, Prethodno Priopcenje, Pomorski zbornik 41 (2003)1, 395-428.

Mesa, J. C. P., Gomez, E. G., 2008, Demand analysis for alternative sea transport services: Application of discrete choice models to the agrifood exporters, Revista de Economía Aplicada, 1-31.

Mesa, J. C. P., Gomez, E. G., Andujar, J. A. S., 2012, Logistics network and externalities for short sea transport: An analysis of horticultural exports from southeast Spain, Transport Policy 24 (2012) 188–198.

Moran P., Boventer E. V., 1968 , Théorie de l'équilibre en économie spatiale.. In: Revue économique. Volume 19, n°3, 1968. pp. 503-5

Mourelo, A. A., Vicente, A.S., 2004. Modelling freight transport modal choice through the Pyrenes: a comparative assessment between road and sea transport.

Ndayishimiye, J., 2011, Spatial makers of logistics in the hinterland of the Marseilles port : Spatial analysis and economy of the territory, ecQTG 2011, European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography 2011, Septembre 2011, Harokopio University of Athens, Greece, 84 Abstract, pp. 390-397.

Ndayishimiye, J. (dans CIELI), 2013, MoS 24 ICT based Co-modality Promotion Center for integrating PP24 into Mediterranean MoS : Activity 4 Methodology, EVALUATION OF IMPACTS, Trans-European Network, 2013, 60p.

Ndayishimiye, J., 2014, What modelling approach for the time-space consideration in modal choice analysis of a sustainable alternative mode ? Journal of Business and Economics, Volume 5, Number 5, May 2014, pp. 674-688.

Ndayishimiye, J., Hilda, G., 2014, Integrating Road Corridors into Mediterranean MoS (Motorways of the Sea) : The Role of ICT based Co-modality Policies, IAME Conference 2014, Nolfolk, USA, Article avec comité de lecture, 20p.

Ndayishimiye, J., 2014, Impacts socio-économiques et environnementales des Autoroutes de la Mer sur la restructuration et la recomposition spatio-temporelles des aires d'entrepôt à l'horizon 2020, Article soumis à publication, 18p.

Neutens , T., Delafontaine, M., Scott, D. M., De Maeyer, P., 2012, An analysis of day-to-day variations in individual space–time accessibility, Journal of Transport Geography 23 (2012) 81–91.

Notteboom, T. et Rodrigue, J-P., 2005, Port regionalization: Towards a new phase in port development, Maritime policy and management, Vol. 32, no. 3, pp. 297-313.

Observatoire des Politiques et des Stratégies du Transport en Europe, 2013, Le cabotage maritime en Europe, Bulletin numéro 33, 8p.

Offner, J-M., 1993, Les effets structurants du transport : mythe politique, mystification scientifique », dans l'espace géographique, reclus-montpellier, tome XXII, 1993, n°1, p.233-242.

OTTT, 2008, Association de la conférence des Alpes Franco-Italiennes, Observatoire transfrontalier des trafics transalpins de marchandises et de voyageurs 1986 – 2007, Laboratoire transport de la CAFI, 134p.

Papola, V. M. A., Simonelli, F., 2008, A large scale analysis of the competitiveness of new short sea shipping services in the mediterranean, Association for European Transport and contributors 2008.

Pau M.F., Sauri S., Lago A., 2012, Potential freight distribution improvements using motorways of the sea, Journal of transport geography, Volume 24, September 2012, Pages 1–11.

Paulauskas, V., Bentzen, K., 2008, Sea motorways as a part of the logistics chain, Transport, 2008, 23(3): 202–207

- Perrin, J.-C., 1990, Organisation industrielle : la composante territoriale. In: Revue d'économie industrielle. Vol. 51. 1^{er} trimestre 1990. Organisation et dynamique industrielle. pp. 276-303.
- Piquant, M., 2003, Le grand Sud-Est Français: Un espace stratégique dans la recomposition spatio-logistique en cours en Europe, Dans Entreprises et métropolisation, 2, 98-112.
- Pottier, P., 1963, Axes de communication et développement économique. In: Revue économique. Volume 14, n°1, 1963. pp. 58-132.
- Raymonde, C., 1966, Géographie économique. In: Annales de Géographie, t. 75, n°408. pp. 143-150.
- Reffet, F., Potier, M., Le Bourhis, L., 2008. Motorways of the sea and rolling highways: from the users point of view. European Transport Conference Proceedings. Noordwijkerhout, Netherlands.
- RERU, 2008, Armand Colin, n°3, ASRDLF, avec le concours Centre National de la Recherche Scientifique, « La proximité : 15 ans déjà ! », 498p.
- Rich, J., Holmlund, P. M., Hansen, C. O, 2009, A weighted logit freight mode-choice model, Transportation Research Part E 45 (2009) 1006–1019.
- Roso, V. Woxenius, J. Lumsden, K., 2009, The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland, Journal of Transport Geography 17, 338–345.
- Russo, F., Cartisano, A. G., 2003, A supply model for maritime intermodal transport terminals, Association for European Transport.
- Russo, F., Chila, G., 2009. The high speed potentiality in the motorway of the sea: a modal choice model, Association for European Transport and contributors 2009.
- Saurí, S., Morales-Fusco, P., Martín, E., 2012, An Empirical Analysis of the Resiliency of Ro/Ro and Ro/Pax Terminal 1 Operations, TRB 2012 Annual Meeting.
- Sédillot B. , Maurel F., 1997, La concentration géographique des industries, Économie & prévision , Volume 131, Numéro 131, pp. 25-45
- Van Essen, H., Schroten, A., Otten, M., Sutter, D., Schreyer, C., Zandonella, R., Maiback, M., Doll, C., 2001. External Costs of Transport in Europe: Update study for 2008, CE Delft, Infras, Fraunhofer ISI.
- Vaudour, N., 1970, Transports et industries dans la basse vallée de l'Huveaune. In: Méditerranée, Nouvelle série, 1^e année, N°1, 1970. pp. 31-49.
- Wang, F., Luo, W., 2005, Assessing spatial and nonspatial factors for healthcare access: towards an integrated approach to defining health professional shortage areas, Health & Place 11, 131–146.

- Wolff, J., Gaffron, P., Flämig, H., 2010, Tools and Guidelines for Assessing Modal Shift, Environmental Impact and Socio-Economic Impact in MoS-Applications, The Interreg IVB North Sea Region Programme, StratMoS.
- Yang, C. W., Sung, Y. C. 2010, Constructing a mixed-logit model with market positioning to analyze the effects of new mode introduction”, Journal of Transport Geography 18, 175–182.
- Yann, B., 2012, Acteurs-réseau et Territoire-Système : modélisation pour l'évaluation du potentiel d'action locale », Revue internationale d'intelligence économique, 2012/1 Vol 4, p. 33-54. DOI : 10.3166/r2ie.4.33-54.
- Quinet, E., 1999, Principes d'économie des transports, Economica.

IV. SITES INTERNET

- Autorita Portuale di Genova, <http://www.porto.genova.it/>
- Autorità Portuale di Savona, <http://www.porto.sv.it/>
- Camaras, Base de datos del comercio exterior, <http://aduanas.camaras.org/>
- Coeweb, Statistiche del commercio esteriore, <http://www.coeweb.istat.it/>
- Estadísticas del comercio exterior, <http://datacomex.comercio.es/>
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Géographie_Economique
- <http://www.usinenouvelle.com/>
- <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/>
- <http://www.faq-logistique.com/>
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/>
- <http://www.oceanattitude.org/>
- <http://www.ifrap.org/>
- <http://www.mobilit.belgium.be/>
- <http://ec.europa.eu/>
- INE, <http://www.ine.es/>
- INSEE, <http://www.insee.fr/fr/>
- ISEMAR, <http://www.isemar.asso.fr/>

ISTAT, <http://www.istat.it/it/>

Ministère du développement durable, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>,

Port de Barcelona, <http://www.portdebarcelona.cat/>

Port de Marseille-Fos (France), www.marseille-port.fr

Port de Sète, Sud de France, <http://www.sete.port.fr/>

Porto Livorno, <http://www.portolivorno.it/>

Porto di Civitavecchia, <http://www.porto-di-civitavecchia.it/>

Sit@del2 database.

Site internet de la douane Française,

http://lekiosque.finances.gouv.fr/Appchiffre/regionales/surcadre_regionales.asp

UIRR, Union internationale pour le transport combiné rail-route, <http://www.uirr.com/>

Valencia Port, http://www.valenciaport.com/es-ES/Paginas/default_es_ES.aspx

Wikipédia, 2014, « La géographie économique ».

LISTES DES FIGURES

FIGURE 1 : TERRITOIRE ET PORTS ETUDES	16
FIGURE 2: SYSTEMES URBAINS REGIONAUX EN EUROPE EN 1990	22
FIGURE 3: LA POPULATION TOTALE RESIDANT DANS LES CENTRES URBAINS AU PREMIER AVRIL 2012	23
FIGURE 4: LE MAILLAGE DES VILLES EUROPEENNES : AGGLOMERATIONS DISTANTES DE 25 A 50 KM.....	24
FIGURE 5: ACCESSIBILITE AUX FONCTIONS URBAINES : ROUTES.....	25
FIGURE 6: CONNECTIVITE URBAINE : ROUTE AU NIVEAU INTERNATIONAL (2011)	26
FIGURE 7: ACCESSIBILITE URBAINE AUX GRANDES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT DE FRETE.....	27
FIGURE 8: LES PORTS DE LA MEDITERRANEE ET LEUR TRAFIC CONTENEURS EN 2012	28
FIGURE 9: ZONES MACRO-ECONOMIQUES A L'ORIGINE ET A LA DESTINATION DES FLUX DE TRANSPORT INTERNATIONAL.....	29
FIGURE 10: L'EVOLUTION CROISEE ENTRE LES EMPLOIS INDUSTRIELS ET LES SERVICES	33
FIGURE 11: L'INDUSTRIE EN FRANCE EN 2013.....	34
FIGURE 12: NOUVELLES INDUSTRIES EN ESPAGNE : INVESTISSEMENT TOTAL PAR EMPLOI (1981- 1992).....	36
FIGURE 13: TYPES DE TRANSPORT ROUTIERS ET FERROVIAIRES TRANSFERABLES VERS UNE ADM.....	40
FIGURE 14: LES ECHELLES DU TRANSPORT DE FRETE DANS LE COMMERCE INTERNATIONAL: LA ROUTE ET LES ADM	67
FIGURE 15: LES QUATRE PHASES D'EVOLUTION DES POLES LOGISTIQUES DANS LA REGIONALISATION DU SYSTEME PORTUAIRE.....	75
FIGURE 16: THEORIES ET CONCEPTS AUTOUR DU TRANSPORT INTERNATIONAL DE FRETE PAR ADM.....	83
FIGURE 17: LA REPARTITION SPATIALE DE L'EMPLOI EN POURCENTAGE RELATIF (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2001	88
FIGURE 18: LA REPARTITION SPATIALE DE L'EMPLOI EN POURCENTAGE RELATIF (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2009	89
FIGURE 19: LA REPARTITION SPATIALE DE L'EMPLOI INDUSTRIEL EN POURCENTAGE RELATIF (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2001	90
FIGURE 20: LA REPARTITION SPATIALE DE L'EMPLOI INDUSTRIEL EN POURCENTAGE RELATIF (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2009.....	90
FIGURE 21 : LES ENTREPRISES DE LA LOGISTIQUE EN POURCENTAGE RELATIF EN ESPAGNE ET EN ITALIE (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2001	92
FIGURE 22: LA REPARTITION SPATIALE DE L'EMPLOI DANS LE TRANSPORT ET LA LOGISTIQUE AU SUD DE LA FRANCE (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2001	92
FIGURE 23: LES ENTREPRISES DE LA LOGISTIQUE EN POURCENTAGE RELATIF EN ESPAGNE ET EN ITALIE (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2009	93
FIGURE 24: LA REPARTITION SPATIALE DE L'EMPLOI DANS LE TRANSPORT ET LA LOGISTIQUE AU SUD DE LA FRANCE (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2009	93
FIGURE 25, 26 ET 27 : EVOLUTION DES AIRES DE STOCKAGE ENTRE 1999 ET 2010	96
FIGURE 28: EVOLUTION DES AIRES DE STOCKAGE ENTRE 1999 ET 2010.....	96
FIGURE 29 ET 30 : COMPARAISON DE L'EVOLUTION DES AIRES DE STOCKAGE ENTRE 1999-2002 ET 2003-2007	97
FIGURE 31 ET 32 : COMPARAISON DE L'EVOLUTION DES AIRES DE STOCKAGE ENTRE 1999-2002 ET 2007-2010	97
FIGURE 33 : INTERACTION SPATIALE ENTRE LA PRODUCTION ET LA CONSOMMATION POUR LES ANNEES 2004 ET 2007	100
FIGURE 34: INTERACTION SPATIALE ENTRE LA PRODUCTION, LA CONSOMMATION ET LES SERVICES LOGISTIQUES PENDANT L'ANNEE 2007	100
FIGURE 35 : LES ENTREPRISES DE TRANSPORT DE FRETE EN POURCENTAGE RELATIF (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN ITALIE ET EN ESPAGNE EN 2001	102
FIGURE 36 : LES VEHICULES LOURDS DE FRETE EN POURCENTAGE RELATIF (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO- ECONOMIQUES) AU SUD DE LA FRANCE EN 2001.....	102
FIGURE 37: LES ENTREPRISES DE TRANSPORT DE FRETE EN POURCENTAGE RELATIF (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN ITALIE ET EN ESPAGNE EN 2009	103
FIGURE 38 : LES VEHICULES LOURDS DE FRETE EN POURCENTAGE RELATIF (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO- ECONOMIQUES) AU SUD DE LA FRANCE EN 2009.....	103

FIGURE 39: POURCENTAGE RELATIF DES VALEURS MONETAIRE A L'IMPORTATION EN ITALIE ET EN ESPAGNE (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2001.....	105
FIGURE 40: POURCENTAGE RELATIF DES VALEURS MONETAIRE A L'IMPORTATION (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2005	105
FIGURE 41: POURCENTAGE RELATIF DES VALEURS MONETAIRE A L'IMPORTATION (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2009	106
FIGURE 42: POURCENTAGE RELATIF DES VALEURS MONETAIRE A L'EXPORTATION EN ITALIE ET EN ESPAGNE (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2001.....	106
FIGURE 43: POURCENTAGE RELATIF DES VALEURS MONETAIRE A L'EXPORTATION (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2005	107
FIGURE 44: POURCENTAGE RELATIF DES VALEURS MONETAIRE A L'EXPORTATION (PAR REFERENCE AUX ZONES MACRO-ECONOMIQUES) EN 2009	107
FIGURE 45: CROQUIS DE PROXIMITES, ELOIGNEMENT ET EFFETS DE FRONTIERE DANS LA DEFINITION DES POTENTIELS INTERNES ET EXTERNES.....	110
FIGURE 46: SCHEMA ILLUSTRATIF DES TERRITOIRES DES FLUX DE TRANSPORT DE FRET INTERNATIONAL	110
FIGURE 47: POTENTIEL GLOBAL DANS LE TRANSPORT INTERNATIONAL EN 2001 (ESPAGNE VERS L'ITALIE)....	116
FIGURE 48: POTENTIEL GLOBAL DANS LE TRANSPORT INTERNATIONAL EN 2001 (ITALIE VERS L'ESPAGNE)....	116
FIGURE 49: POTENTIEL GLOBAL DANS LE TRANSPORT INTERNATIONAL EN 2005 (FRANCE-ESPAGNE VERS L'ITALIE)	117
FIGURE 50: POTENTIEL GLOBAL DANS LE TRANSPORT INTERNATIONAL EN 2005 (ITALIE VERS FRANCE- ESPAGNE).....	117
FIGURE 51: POTENTIEL GLOBAL DANS LE TRANSPORT INTERNATIONAL EN 2009 (FRANCE-ESPAGNE VERS L'ITALIE)	118
FIGURE 52: POTENTIEL GLOBAL DANS LE TRANSPORT INTERNATIONAL EN 2009. (ITALIE VERS FRANCE- ESPAGNE).....	118
FIGURE 53: EXEMPLE DE PROJET D'AUTOROUTES DE LA MER.....	126
FIGURE 54-55: L'IMPORTANCE DES FLUX ET DU TRAFIC COTIER DE VEHICULES LOURDS DANS LES PROJETS D'AUTOROUTES DE LA MER.....	127
FIGURE 56 : LES GRANDS CORRIDORS EUROPEENS DES AUTOROUTES DE LA MER.....	129
FIGURE 57: MECANISMES DU MODELE SANDOMA	149
FIGURE 58: EXEMPLE DE BLOC DE CALCUL D'UNE DEMANDE SECTORIELLE : LE CAS DES PRODUITS DIVERS...	149
FIGURE 59 : PRINCIPALES VARIABLES ET ARCHITECTURE DU MODELE D'EVALUATION DES POTENTIELS TERRITORIAUX DANS LA MODELISATION DU CHOIX MODAL.....	175
FIGURE 60: LES IMPORTATIONS ET LES EXPORTATIONS FRANCAISES ET ESPAGNOLES VERS L'ITALIE POUR LES ANNEES 2005 ET 2009 (EXPRIMEES EN MILLIERS DE TONNES)	176
FIGURE 61 : LES LIGNES D'ADM OPERATIONNELLES ET FUTURES DANS L'ENSEMBLE DE L'OFFRE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT.	177
FIGURE 62 : SCHEMA CAUSAL DE LA MODELISATION GEO-PROSEPECTIVE.....	185
FIGURE 63: LES POTENTIELS GLOBAUX A L'IMPORTATION ET A L'EXPORTATION (POUR LES ANNEES 2005 ET 2009) DE LA FRANCE ET L'ESPAGNE VERS L'ITALIE.....	186
FIGURE 64: LES POTENTIELS GLOBAUX A L'IMPORTATION ET A L'EXPORTATION (POUR LES ANNEES 2005 ET 2009) DE L'ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.....	186
FIGURE 65 : TRANSFERT MODAL DE LA ROUTE VERS LES ADM EN FONCTION DE LA TYPOLOGIE DES COUTS DE TRANSPORT POUR LES SCENARIOS 2020 (0,1,2) : DE LA FRANCE ET L'ESPAGNE VERS L'ITALIE (POURCENTAGE).....	189
FIGURE 66: TRANSFERT MODAL DE LA ROUTE VERS LES ADM EN FONCTION DE LA TYPOLOGIE DES COUTS DE TRANSPORT POUR LES SCENARIOS 2020(0,1,2) : DE L'ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE (POURCENTAGE).....	190
FIGURE 67: PARTAGE DE MARCHES ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LES COUTS INTERNES DE TRANSPORT : FLUX DE DIRECTION FRANCE ET ESPAGNE VERS L'ITALIE.	195
FIGURE 68: PARTAGE DE MARCHES ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LES COUTS INTERNES DE TRANSPORT : FLUX DE DIRECTION FRANCE ET ESPAGNE VERS L'ITALIE.	196
FIGURE 69: PARTAGE DE MARCHES ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LES COUTS INTERNES DE TRANSPORT : FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.	198
FIGURE 70: PARTAGE DE MARCHES ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LES COUTS INTERNES DE TRANSPORT: FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.	199

FIGURE 71: PARTAGE DE MARCHE ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LE COUT GENERALISE : FLUX DE DIRECTION FRANCE ET ESPAGNE VERS L'ITALIE.....	201
FIGURE 72: PARTAGE DE MARCHE ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LE COUT GENERALISE : FLUX DE DIRECTION FRANCE ET ESPAGNE VERS L'ITALIE.....	202
FIGURE 73 : PARTAGE DE MARCHE ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LE COUT GENERALISE : FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.....	204
FIGURE 74: PARTAGE DE MARCHE ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LE COUT GENERALISE : FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.....	205
FIGURE 75: PARTAGE DE MARCHE ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LE COUT ENVIRONNEMENTAL : FLUX DE DIRECTION FRANCE ET ESPAGNE VERS L'ITALIE.....	208
FIGURE 76: PARTAGE DE MARCHE ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LE COUT ENVIRONNEMENTAL : FLUX DE DIRECTION FRANCE ET ESPAGNE VERS L'ITALIE.....	209
FIGURE 77: PARTAGE DE MARCHE ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LE COUT ENVIRONNEMENTAL : FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.....	211
FIGURE 78: PARTAGE DE MARCHE ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LE COUT ENVIRONNEMENTAL : FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.....	212
FIGURE 79: ACCESSIBILITE SPATIO-TEMPORELLE DES FLUX PORTUAIRES VERS LES HINTERLANDS.....	220
FIGURE 80: EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES AIRES D'ENTREPOTS DEPARTEMENTAUX DANS LA CLASSE MOYENNE	222
FIGURE 81: EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES AIRES D'ENTREPOTS DEPARTEMENTAUX DANS LA CLASSE MOYENNE ENTRE 10.000 ET 30.000 M ² (ENTRE 1986 ET 2010).....	222
FIGURE 82: EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES AIRES D'ENTREPOTS DEPARTEMENTAUX DANS LA CLASSE MOYENNE ENTRE 30.000 ET 50.000 M ² (ENTRE 1986 ET 2010).....	222
FIGURE 83: EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES AIRES D'ENTREPOTS DEPARTEMENTAUX DANS LA CLASSE MOYENNE SUPERIEURE A 50.000 M ² (ENTRE 1986 ET 2010).....	222
FIGURE 84 A 88 : REPARTITION SPATIALE DES AIRES DECONSTRUCTIONS D'ENTREPOT COMMENCEES EN 1990, 1995, 2000, 2005 ET 2010	224
FIGURE 89: LES PARTS DE MARCHES DES ADM EN 2005 PAR RAPPORT AUX MARCHES ROUTIERS.....	227
FIGURE 90: LES PARTS DE MARCHES DES ADM EN 2009 PAR RAPPORT AUX MARCHES ROUTIERS.....	227
FIGURE 91: LES PARTS DE MARCHES DES ADM ESTIMEES EN 2020 PAR RAPPORT AUX MARCHES ROUTIERS. (COUTS ENVIRONNEMENTAUX)	227
FIGURE 92: METHODOLOGIE GENERALE DE LA LOCALISATION SPATIALE DES AIRES D'ENTREPOT POTENTIEL POUR LES ADM.....	230
FIGURE 93 ET 94 : ACCESSIBILITE DES ADM ET DU TRANSPORT ROUTIER POUR LES FLUX EN PROVENANCE DU LATIUM	232
FIGURE 95 : DIFFERENCE DES COUTS ENVIRONNEMENTAUX ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES LIGNES D'ADM : ORIGINE DES FLUX EN PROVENANCE DE LAZIO.....	233
FIGURE 96 ET 97: ACCESSIBILITE DES ADM ET DU TRANSPORT ROUTIER POUR LES FLUX EN PROVENANCE DE LIGURIA.....	234
FIGURE 98 : DIFFERENCE DES COUTS ENVIRONNEMENTAUX ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES LIGNES D'ADM : ORIGINE DES FLUX EN PROVENANCE DE LIGURIA.....	235
FIGURE 99 ET 100 : ACCESSIBILITE DES ADM ET DU TRANSPORT ROUTIER POUR LES FLUX EN PROVENANCE DE LOMBARDIA.....	236
FIGURE 101 : DIFFERENCE DES COUTS ENVIRONNEMENTAUX ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES LIGNES D'ADM : ORIGINE DES FLUX EN PROVENANCE DE LOMBARDIA.....	237
FIGURE 102-103: SUPERFICIE DES CONSTRUCTIONS COMMENCEES DES AIRES D'ENTREPOT EN 2005, 2009 ET 2020.....	238
FIGURE 104: METHODE DE LA SUPERPOSITION PONDREE	239
FIGURE 105 : ILLUSTRATION DE LA METHODE DE LA SUPERPOSITION PONDREE « WEIGHTED OVERLAY» ENTRE LES TROIS VARIABLES ETUDIEES : CAS D'ECHANGES ENTRE LA REGION DU LATIUM ET LE SUD DE LA FRANCE. EXEMPLE DE SCENARIO GEO-PROSPECTIF, 2020.....	240
FIGURE 106-114 : LES POIDS DE L'ACCESSIBILITE SPATIALE AUX AIRES D'ENTREPOT PAR LES SERVICES DE TRANSPORT DES ADM POUR LES TROIS SCENARIOS DE 2020(0), 2020(1) ET 2020(2) : CAS DES ECHANGES AVEC LA LOMBARDIE, LA LIGURIE ET LE LATIUM	242
FIGURE 115-117: NIVEAUX D'ACCESSIBILITE AUX ESPACES D'ENTREPOSAGE POUR LES SCENARIOS DE 2020(0), 2020(1) ET 2020(2).	243

FIGURE 118-126: LES POIDS DES TEMPS D'ACCESSIBILITE SPATIALE AUX AIRES D'ENTREPOT PAR LES SERVICES DE TRANSPORT DES ADM POUR LES SCENARIOS DE 2020(0), 2020(1) ET 2020(2) : CAS DES ECHANGES AVEC LA LOMBARDIE, LA LIGURIE ET LE LATIUM	246
FIGURE 127-129: NIVEAUX D'ACCESSIBILITE AUX ESPACES D'ENTREPOSAGE POUR LES SCENARIOS DE 2020(0), 2020(1) ET 2020(2)	247
FIGURE 130-138 : LES POIDS DES COUTS ENVIRONNEMENTAUX SUR L'ACCESSIBILITE SPATIALE AUX AIRES D'ENTREPOT PAR LES SERVICES DE TRANSPORT DES ADM POUR LES TROIS SCENARIOS 2020(0), 2020(1) ET 2020(2): CAS DES ECHANGES AVEC LA LOMBARDIE, LA LIGURIE ET LE LATIUM	249
FIGURE 139-141: NIVEAUX D'ACCESSIBILITE AUX ESPACES D'ENTREPOSAGE POUR LES SCENARIOS DE 2020(0), 2020(1) ET 2020(2)	250
FIGURE 142 : SCHEMA GENERAL DES ETAPES DE LA MODELISATION DES FLUX INTERNATIONAUX DE FRET ENTRE LE TRANSPORT ROUTIER ET LES AUTOROUTES DE LA MER	255
FIGURE 143 : RESTRUCTURATION ET RECOMPOSITION SPATIO-TEMPORELLE DES AIRES D'ENTREPOSAGE EN APPLICATION DES COUTS INTERNES DE TRANSPORT DE FRET PAR ADM	260
FIGURE 144: RESTRUCTURATION ET RECOMPOSITION SPATIO-TEMPORELLE DES AIRES D'ENTREPOSAGE PAR L'INTEGRATION DES FACTEURS ENVIRONNEMENTS DANS LE TRANSPORT DE FRET PAR ADM.....	260
FIGURE 145: POTENTIEL GLOBAL DANS LE TRANSPORT INTERNATIONAL EN 2020. (FRANCE-ESPAGNE VERS L'ITALIE).....	261
FIGURE 146: POTENTIEL GLOBAL DANS LE TRANSPORT INTERNATIONAL EN 2020 (ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE).....	261

LISTES DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : ECHANGES ENTRE LA REGION DU PORT DE MARSEILLE ET LES PAYS VOISINS: OPPORTUNITES DE TRANSFERT SUR LES AUTOROUTES DE LA MER.....	15
TABLEAU 2 : EVOLUTION DE L'EMPLOI ENTRE 1989 ET 2001 DES REGIONS DU SUD DE LA FRANCE.....	33
TABLEAU 3 : DISTRIBUTION SPATIALE DE NOUVELLES INDUSTRIES EN ESPAGNE (1981-1992).....	36
TABLEAU 4 : REPARTITION DE L'ACTIVITE DE TRANSPORT INTERNATIONAL, PAR COMPTE, PAR PAYS DE DECHARGEMENT ET DE CHARGEMENT EN 2013 (UNITE : MILLIONS DE TONNES-KILOMETRIQUES REALISES)	47
TABLEAU 5: NOMBRE DE VEHICULES ROUTIERS DE FRET ENTRE LA FRANCE ET L'ITALIE TRAVERSANT LA FRONTIERE DANS LES DEUX DIRECTIONS	49
TABLEAU 6: LES ELEMENTS SPATIAUX DANS LES TRAVAUX DE LA PROSPECTIVE DE TRANSPORT DE FRET A UN NIVEAU LOCAL	69
TABLEAU 7: L'ESPACE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES SUR LES ECHELLES INTERNATIONALE ET NATIONALE.	72
TABLEAU 8: DESCRIPTION DES DONNEES ET DES VARIABLES SPATIALES UTILISEES A UN NIVEAU DEPARTEMENTAL. (SOURCE : J. NDAYISHIMIYE, (2013)).....	86
TABLEAU 9 : POTENTIEL INTERNE ET EXTERNE DANS LE TRANSPORT DE MARCHANDISES.....	109
TABLEAU 10: POTENTIEL GLOBAL	109
TABLEAU 11: MATRICE ENTRE LA PRODUCTION P. ET LA CONSOMMATION C. POUR CHAQUE DEPARTEMENT	111
TABLEAU 12: LE ROLE DES SYSTEMES LOGISTIQUES DANS L'ORGANISATION DES ECHANGES INTERNES	112
TABLEAU 13: MATRICE ENTRE LES EXPORTATIONS EXP. ET LES IMPORTATIONS IMP. POUR CHAQUE DEPARTEMENT	112
TABLEAU 14: LE ROLE DU TRANSPORT DANS L'EMISSION ET L'ATTRACTION DES FLUX INTERNATIONAUX	113
TABLEAU 15: VALIDATION DU POTENTIEL GLOBAL A L'IMPORTATION ET A L'EXPORTATION PAR LES COEFFICIENTS DE REGRESSION LINEAIRE	120
TABLEAU 16 : INFLUENCE DE LA CONSOMMATION SUR LE POTENTIEL GLOBAL A L'IMPORTATION ET A L'EXPORTATION PAR LES COEFFICIENTS DE REGRESSION LINEAIRE.....	121
TABLEAU 17: INFLUENCE DE LA PRODUCTION SUR LE POTENTIEL GLOBAL A L'IMPORTATION ET A L'EXPORTATION PAR LES COEFFICIENTS DE REGRESSION LINEAIRE.....	121
TABLEAU 18 : MODELES DE CHOIX MODAL ENTRE LE TRANSPORT ROUTIER ET LES AUTOROUTES DE LA MER.	134
TABLEAU 19: DISTRIBUTION DES DEPLACEMENTS : NOTATIONS.	163
TABLEAU 20 : PRINCIPALES INTERACTIONS SPATIALES ETUDIEES DANS LA RELATION ESPACE-TEMPS	169
TABLEAU 21: RESUME DES COUTS INTERNES POUR LE TRANSPORT ROUTIER ET LES ADM.....	171
TABLEAU 22: RESUME DES COUTS EXTERNES MARGINAUX DU TRANSPORT ROUTIER ET DES ADM.....	172
TABLEAU 23: TABLEAU RECAPUTILATIF DES DIFFERENTS SCENARIOS RETENUS POUR LA MODELISATION	179
TABLEAU 24: FREQUENCES DES NAVIRES DANS LES DEPARTS ET LES ARRIVEES.....	182
TABLEAU 25: PARTAGE MODAL ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM EVALUE PAR DIFFERENTES TYPOLOGIES DE COUT DE TRANSPORT : POUR LES FLUX DE DIRECTION FRANCE ET ESPAGNE VERS L'ITALIE (EXPORTATIONS)	188
TABLEAU 26: PARTAGE MODAL ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM EVALUE PAR DIFFERENTES TYPOLOGIES DE COUT DE TRANSPORT : POUR LES FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE (EXPORTATIONS).....	188
TABLEAU 27: DIFFERENTES TYPOLOGIES DE COUT DE TRANSPORT.	192
TABLEAU 28: PARTAGE MODAL ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM PAR LES COUTS INTERNES DE TRANSPORT : FLUX DE DIRECTION FRANCE ET ESPAGNE VERS L'ITALIE.	194
TABLEAU 29: PARTAGE MODAL ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM: FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.....	197
TABLEAU 30: PARTAGE MODAL ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM POUR LE COUT GENERALISE : POUR LES FLUX DE DIRECTION FRANCE ET ESPAGNE VERS L'ITALIE.....	200
TABLEAU 31: PARTAGE MODAL ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM POUR LE COUT GENERALISE : POUR LES FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.	203
TABLEAU 33: PARTAGE MODAL ENTRE LES TRANSPORTS ROUTIERS ET LES ADM POUR LE COUT ENVIRONNEMENTAL : POUR LES FLUX DE DIRECTION ITALIE VERS LA FRANCE ET L'ESPAGNE.	210

TABLEAU 34: IMPACT DES COUTS GENERALISES ET ENVIRONNEMENTAUX SUR L'EVOLUTION DES PARTS DE MARCHES DES ADM (PREMIER ET SECOND SCENARIOS) : FLUX FRANÇAIS ET ESPAGNOLS.....	273
TABLEAU 35: IMPACT DES COUTS GENERALISES ET ENVIRONNEMENTAUX SUR L'EVOLUTION DES PARTS DE MARCHES DES ADM (PREMIER ET SECOND SCENARIOS) : FLUX ITALIENS.....	274
TABLEAU 36: POURCENTAGE DE CHOIX MODAL POUR LES ADM SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS.....	279

TABLE DES MATIERES

<i>REMERCIEMENTS</i>	8
<i>SOMMAIRE</i>	10
<i>SIGLES ET ABBREVIATIONS</i>	12
<i>INTRODUCTION GENERALE</i>	14
<i>PREMIERE PARTIE. L'ESPACE DANS LA MODELISATION DES TRANSPORTS DURABLES DE FRET</i>	20
<i>INTRODUCTION : L'ORGANISATION TERRITORIALE DE LA FAÇADE MEDITERRANEEENNE ESPAGNOLE, FRANÇAISE ET ITALIENNE ET LES ECHANGES MARITIMES</i>	22
<i>CHAPITRE I. LA DIMENSION SPATIO-TEMPORELLE DANS LA DURABILITE DES TRANSPORTS PAR AUTOROUTE DE LA MER « ADM »</i>	38
<i>INTRODUCTION</i>	38
<i>Section I. AdM et transport routier de fret dans la modélisation du transfert modal : théories et concepts</i>	39
<i>I.1. Théories et concepts autour des AdM</i>	39
<i>I.1.1. Définition et conceptualisation de la notion d'AdM</i>	39
<i>I.1.1.1. Eléments critiques et difficultés de définition d'une AdM</i>	39
<i>I.1.1.2. Typologie de modes de transport terrestres transférables vers les AdM</i>	40
<i>I.1.1.3. Quelques définitions d'une AdM</i>	41
<i>Définition d'une AdM dans son espace fonctionnel et opérationnel</i>	41
<i>Ports et terminaux des AdM</i>	44
<i>I.2. Théories et concepts autour du transport routier de fret</i>	46
<i>I.2.1. Transport routier international de marchandises : définition fonctionnelle et spatiale</i> .	46
<i>I.2.2. Les entrées transfrontalières dans l'aménagement des espaces des flux routiers</i>	48
<i>Section II. L'espace et le temps dans le transport de fret</i>	50
<i>II.1. L'espace en géographie économique et en économie spatiale</i>	50

<i>II.1.1. La place accordée à l'espace dans la modélisation prospective des flux de fret.....</i>	51
II.1.1.1. L'espace dans les domaines de la géographie économique et de l'économie spatiale	51
<i>L'économie spatiale et la logistique.....</i>	53
<i>Entre la géographie économique et l'économie territoriale.....</i>	54
L'espace en économie territoriale	54
Le territoire en géographie	56
II.1.2. De l'espace des flux à l'espace intégré dans les échanges extérieurs de fret.....	58
II.1.2.1. De l'espace absolu à l'espace géographique	58
II.1.2.2. De la représentation concrète de l'espace aux interactions spatiales	60
II.1.2.3. L'espace portuaire et les aménagements des terminaux	62
II.2. La notion du temps dans le transport international de fret	63
II.2.1. Le temps comme facteur de compétitivité et de choix modal.....	63
II.2.2. Le binôme espace-temps dans les modèles de transport.....	64
II.3. De l'échelle locale à l'échelle internationale.....	65
II.3.1. Les principales échelles du transport international de fret	66
De la localisation des unités au partage modal.....	68
L'équilibre entre l'offre et la demande.....	70
Les échanges portuaires	71
Echanges étatiques dans le commerce extérieur	73
II.3.2. La régionalisation portuaire et les déséquilibres territoriaux	74
II.3.2.1. La régionalisation portuaire des AdM.....	74
II.3.2.2. Le développement et les déséquilibres régionaux	76
Section III. Les espaces logistico-portuaires dans la durabilité des transports de fret	76
III.1. La notion de la durabilité des transports de fret	76
III.2. Théories et concepts sur la durabilité des transports par AdM.....	78

<i>III.2.1. Principe de la durabilité dans le transport des marchandises.....</i>	78
III.2.1.1. Définition de la durabilité des transports de fret et concept de mode alternatif.	78
III.2.1.2. Le temps et les coûts de transport dans les transports durables	79
III.2.1.3. Les logiques de base des solutions alternatives à la route	79
<i>III.2.2. La durabilité des systèmes logistico-portuaires dans l'organisation des flux : logique de la réduction des impacts spatio-environnementaux</i>	80
CONCLUSION	82
CHAPITRE II. INTERACTIONS ET POTENTIEL SPATIAL DANS LES TERRITOIRES DES FLUX INTERNATIONAUX DU FRET.....	84
INTRODUCTION	84
<i>Section IV. Principales données socio-économiques du transport international de fret :</i>	
<i>Niveau local et global</i>	87
IV.1. Variables d'analyse du potentiel interne.....	87
IV.1.1. Consommation	87
IV.1.2. Le système de production.....	89
IV.1.3. Les activités logistiques.....	91
IV.1.3.1. La logistique et les Autoroutes de la Mer: Quel lien?.....	94
IV.1.3.2. Les disparités spatio-temporelles des activités logistiques: La géographie des aires de stockage dans leur évolution entre 1999 et 2010 (Cas du sud de la France)	94
IV.1.3.3. La comparaison des restructurations et des dynamiques des espaces logistiques	97
IV.1.3.4 Corrélation spatiale des évolutions de la production, de la consommation et des activités logistiques.....	98
IV.1.3.4.1 Littérature existante sur les relations entre la production, la consommation et logistique	98
IV.1.3.4.2 Interaction spatiale entre la production, la consommation et les activités logistiques : Exemple pour le sud de la France	99

<i>IV. 2. Principales données socio-économiques du transport international de fret : au niveau externe.....</i>	101
<i>I V.2.1. Activités et entreprises de transport internationales.....</i>	101
<i>IV.2.2. Valeur monétaire à l'importation et à l'exportation de produits.....</i>	104
<i>Section V. Potentiel global dans le commerce international : Conceptualisation et méthodologie d'évaluation.....</i>	108
<i>V.1. Méthode statistique d'évaluation du Potentiel Global</i>	111
<i>V.1.1. Méthode d'évaluation du Potentiel Interne.....</i>	111
<i>V.1.2. Le potentiel externe à l'importation et à l'exportation.....</i>	112
<i>V.1.3. Potentiel Global à l'Importation et à l'Exportation.....</i>	113
<i>V.2. Dynamique du potentiel global à l'importation et à l'exportation entre 2001, 2009 et 2020.....</i>	114
<i>V.3. La validation du Potentiel Global par rapport aux valeurs de l'importation et de l'exportation</i>	119
<i>CONCLUSION</i>	121
<i>DEUXIEME PARTIE. MODELISATION SPATIALE DE LA DURABILITE DES TRANSPORTS PAR AUTOROUTES DE LA MER</i>	124
<i>INTRODUCTION : DEUXIEME PARTIE.....</i>	126
<i>CHAPITRE III. MODELISATION SPATIALE DU CHOIX ET DU TRANSFERT MODAL: DU TRANSPORT ROUTIER VERS LES AUTOROUTES DE LA MER</i>	130
<i>INTRODUCTION</i>	130
<i>Section I. Le choix et le partage modal : Théories et conceptualisation d'un modèle de choix modal.....</i>	131
<i>I.1. Théories et modèles de choix modal dans le transport routier et les AdM : essai de classification des modèles de transport de fret.....</i>	132

<i>I.1.1. Formes et typologies des modèles utilisés dans le transport de fret.....</i>	135
I.1.1.1. Entre une approche agrégée et désagrégée	135
I.1.1.2. Les modèles d'analyse coûts-bénéfices	136
I.1.1.3. Les modèles de simulation du choix modal	140
<i>Les modèles en dynamiques des systèmes</i>	146
<i>I.2. Les modèles d'interaction spatiale : Le modèle gravitaire</i>	152
<i>I.3. Les critères de choix modal chez les chargeurs et les transporteurs</i>	157
<i>I.4. Les limites des modèles de transport de fret</i>	159
<i>I.5. Intégration des analyses spatiales et prospectives dans la modélisation du choix modal de transport de fret</i>	160
I.5.1. <i>De la modélisation du choix modal à l'intégration de l'espace des flux.....</i>	160
I.5.2. <i>L'espace et le temps selon la time-geography</i>	164
I.5.2.1. La time-geography et les dimensions géographiques	166
I.5.2.2. L'espace et le temps dans la modélisation des flux	167
<i>I.6. Méthodologie générale de l'évaluation des coûts internes de transport.....</i>	170
<i>I.7. Evaluation et monétisation des impacts environnementaux du transport routier et des AdM</i>	171
<i>I.8. La modélisation spatiale des flux de transport de fret en méditerranée : Choix du modèle</i>	173
I.8.1. <i>La description du modèle de flux de fret</i>	173
I.8.2. <i>Les formules d'affectation des coûts de transport sur le transport maritime et terrestre</i>	174
I.8.3. <i>Les quantités de marchandises importées et exportées par voie routière</i>	175
I.8.4. <i>Les lignes d'AdM opérationnelles et en projet :Quels scénarios pour quelle croissance ?</i>	177
I.8.5 <i>L'évaluation des temps de transport.....</i>	180
I.8.6 <i>Les fréquences des navires dans les ports d'origine et de destination.....</i>	182
I.8.7 <i>Les coûts moyens de transport par Ro-Ro</i>	183
<i>Section II. Application du modèle sur les flux internationaux de fret</i>	183
<i>II.1. Modélisation du choix modal entre le transport routier et les AdM : Méthodologie de simulation du choix modal.....</i>	183

<i>II.2 Le résultat global de la modélisation.....</i>	187
<i>II.3 Les marchés du choix modal au niveau régional</i>	192
<i>II.3.1 Choix modal pour les coûts internes de transport.....</i>	192
<i>II.3.2 L'impact de l'intégration des coûts socio-économiques et environnementaux sur le transfert modal.....</i>	200
<i>II.3.3 L'impact du remboursement des coûts environnementaux évités sur le transfert modal</i>	206
<i>CONCLUSION</i>	213
<i>CHAPITRE IV. IMPACT DES AUTOROUTES DE LA MER SUR LA RESTRUCTURATION ET LA RECOMPOSITION SPATIO-TEMPORELLE DES AIRES D'ENTREPOT A L'HORIZON 2020</i>	216
<i>INTRODUCTION</i>	216
<i>Section III. Localisation des services de la logistique et des espaces à enjeux dans le transport international de fret</i>	217
<i>III.1. Théories et modèles de mesure de l'accessibilité spatiale dans le transport international de fret : Méthodologie générale pour la modélisation des structures et des recompositions spatio-temporelles des systèmes logistiques.....</i>	217
<i>III.2. Localisation spatiale des services de la logistique dans leur évolution spatio-temporelle : Niveau départemental.....</i>	221
<i>III.3. Les parts de marché des AdM et les espaces à enjeux pour le transport intermodal</i>	225
<i>Section IV. Accessibilité spatiale dans le transport international de fret : Les Autoroutes de la Mer</i>	227
<i>IV. 1. Accessibilité spatiale : Référence des modèles spatiaux.</i>	227
<i>IV.2. La méthodologie générale d'évaluation des structures et de la recomposition spatio-temporelle des aires d'entrepôt potentiel pour les services des AdM.....</i>	229
<i>IV. 3. Recompositions, restructurations et évolutions des aires de services logistiques accessibles selon les coûts de transport</i>	238
<i>IV. 3.1. Méthodologie générale de mesure des recompositions et des restructurations spatio-temporelles des aires d'entreposage.....</i>	238
<i>IV. 3.2. Recompositions, restructurations et évolutions de l'accessibilité des services logistiques selon les coûts de transport</i>	241
<i>IV.4. Recompositions, restructurations et évolutions de l'accessibilité des services logistiques selon les distances-temps</i>	245

<i>Section V. Impacts environnementaux des restructurations spatiales du transport de fret ..</i>	248
V.1. <i>Nouvelles restructurations spatiales des services logistiques et les impacts environnementaux.....</i>	248
V.2. <i>Impacts environnementaux des phénomènes de restructurations et de recompositions spatio-temporelles par les services d'AdM</i>	252
<i>Section VI. Propositions théoriques et méthodologiques des apports des dimensions géographiques dans le transport par AdM.....</i>	254
VI.1. <i>Définition retenue incluant des éléments spatiaux de localisation des unités spatiales</i>	254
VI.2. <i>L'importance de la connaissance du fonctionnement des AdM par les trois dimensions géographiques : Espace, Temps et Echelles.....</i>	256
VI.3. <i>La durabilité est-elle synonyme d'optimisation des flux ou de la localisation spatiale des structures ?</i>	258
<i>Section VII. Propositions pour une mise en place d'une base de données sur le transport international des AdM.....</i>	262
VII.1. <i>Données socio-économiques</i>	262
VII.2. <i>Données environnementales.....</i>	263
VII.3. <i>Données des réseaux et des infrastructures de transport</i>	263
VII.4. <i>Données sur les trafics et les flux de transport</i>	264
VII.5. <i>Données directement liées à l'aménagement et à l'organisation spatiale.....</i>	264
<i>Section VIII. Politiques de promotion des modes alternatifs au transport routier : Rôle des acteurs et de la connaissance spatiale</i>	265
VIII.1. <i>Politiques de la promotion des modes alternatifs et la prise en compte des coûts environnementaux: Ports, Transporteurs routiers, Chargeurs, Armateurs et Aménageurs... ..</i>	265
VIII.2. <i>Les restructurations et les recompositions des systèmes logistiques et de stockage de produits : les mesures d'accroissement de l'accessibilité spatiale des aires d'entreposage</i>	266
<i>CONCLUSION</i>	266
<i>CONCLUSION GENERALE</i>	269
<i>ANNEXES:.....</i>	282
<i>ANNEXE 1: Exemple de matrice origine-destination sur les 169 lignes étudiées.....</i>	282
<i>ANNEXE 2.....</i>	285

<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	294
<i>LISTES DES FIGURES</i>	307
<i>LISTES DES TABLEAUX</i>	312
<i>TABLE DES MATIERES</i>	315

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES