HAL
open science

Réduire les émissions du transport maritime : les politiques publiques et leurs impacts sur les stratégies des compagnies maritimes de lignes régulières

Marjorie Doudnikoff

To cite this version:

Marjorie Doudnikoff. Réduire les émissions du transport maritime : les politiques publiques et leurs impacts sur les stratégies des compagnies maritimes de lignes régulières. Economies et finances. Université Paris-Est, 2015. Français. NNT : 2015PESC1079 . tel-01214518

HAL Id: tel-01214518

https://theses.hal.science/tel-01214518v1

Submitted on 2 May 2016

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

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

Ecole doctorale « Ville, Transports et Territoires »

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est

Transport

Marjorie DOUDNIKOFF

Réduire les émissions du transport maritime : les politiques publiques et leurs impacts sur les stratégies des compagnies maritimes de lignes régulières

Thèse dirigée par Elisabeth GOUVERNAL et Romuald LACOSTE

Soutenue le 26 mai 2015

Jury :

Pierre CARIOU	Professeur, Kedge Business School
Elisabeth GOUVERNAL	Directrice de recherche, IFSTTAR
Romuald LACOSTE	Chargé de recherche, CEREMA
Françoise ODIER	Professeur associé honoraire à l'Université Paris I, présidente d'honneur de l'Association Française de Droit Maritime
Brian SLACK	Distinguished Professor Emeritus, Université Concordia, rapporteur
Thierry VANELSLANDER	Research Professor, Université d'Anvers, rapporteur

Remerciements

J’adresse de chaleureux remerciements à mes directeurs de thèse, Elisabeth Gouvernal et Romuald Lacoste, pour leur accompagnement, leur exigence et leurs conseils avisés qui m’ont permis de progresser. Plus particulièrement, je remercie Romuald Lacoste pour sa disponibilité, son écoute, et pour m’avoir fait bénéficier au quotidien de ses compétences maritimes. Je remercie Elisabeth Gouvernal pour sa confiance et sa bienveillance à mon égard.

Je remercie vivement Brian Slack, Thierry Vanelslander, Françoise Odier et Pierre Cariou pour avoir accepté de participer au jury de cette thèse.

Pour l’accueil au sein du groupe Intermodalité au département Villes et Territoires de la Direction Territoriale Ouest du CEREMA, mes remerciements vont à Eric Morau et Eric Hennion. J’ai apprécié la liberté laissée pour mener à bien ce travail et le soutien apporté pour présenter mes recherches lors de conférences. Je remercie également les membres de SPLOTT et sa directrice, Corinne Blanquart, pour l’aide apportée.

J’ai une pensée particulière pour Antoine Frémont et son appel un matin de janvier 2011 lors duquel il sut me convaincre d’entreprendre ce travail.

Merci à Pierre Franc, pour ses conseils pendant la thèse et à notre intéressante collaboration sur l’étude « transmanche ».

Je remercie toutes les personnes rencontrées lors des entretiens, qui ont guidé d’une manière ou d’une autre ma réflexion.

Enfin, je ne remercierai jamais assez mes parents et ma famille pour leur soutien pendant les moments les plus difficiles de ce travail, et la persévérance apprise dans mon enfance. Que cette qualité porte chance à présent à ma petite sœur pour l’accomplissement de ses longues études. Merci à Bertrand pour sa patience et ses encouragements.

Résumé

Longtemps ignorée, la pollution atmosphérique générée par l'activité de transport maritime fait l'objet depuis quelques années d'une attention accrue. Des politiques de réduction sont élaborées à différents niveaux pour réduire les polluants de l'air (oxydes de soufre, oxydes d'azote, particules) et les gaz à effet de serre (dioxyde de carbone). Règlementée par le droit international en référence à l'Annexe VI de la Convention MARPOL adoptée par les membres de l'Organisation Maritime Internationale, la pollution atmosphérique du transport maritime fait aussi l'objet de mesures spécifiques de la part de l'Union européenne.

Notre travail vise à répondre à la problématique suivante : les politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air des navires sont-elles de nature à modifier l'offre des services maritimes de lignes régulières ?

Nous montrons en quoi les émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air des navires constituent un « objet » de politique publique complexe et original, et comment l'action publique s'en saisit par une analyse des processus politiques qui ont façonné l'élaboration des différentes politiques. Nous démontrons alors que le format particulier des instruments de politique publique (régionalisation des règles, choix des moyens laissés aux compagnies pour atteindre les objectifs fixés, etc.), l'articulation des différentes politiques entre elles et leur évolution dans le temps rendent la prise en compte de ces politiques par les compagnies maritimes véritablement stratégique, au sens où elle dépasse la simple application des prescriptions traditionnelles normatives en matière de sécurité et d'environnement. Nous mettons ensuite en évidence les choix stratégiques possibles des armateurs, combinant des aspects techniques et organisationnels, et les conséquences de ces choix sur l'offre de services maritimes de lignes régulières, au travers de deux études de cas : la première portant sur le transport roulier transmanche et la seconde sur le transport conteneurisé international entre l'Europe et l'Asie. Nous soulignons ainsi les effets différenciés des politiques de réduction des émissions selon les marchés du cabotage et du long cours, mais aussi leurs points communs en matière d'évolution de l'offre de transport maritime. Il apparaît que les politiques de réduction des émissions du transport maritime favorisent certains changements de l'offre en conjonction avec d'autres facteurs plus qu'elles ne les amorcent réellement.

Abstract

The reduction of emissions from shipping: public policies and their impact on liner shipping company strategy

Atmospheric emissions from shipping was for a long time ignored, but have begun to attract an increasing amount of interest in recent years, with policies elaborated at different levels to reduce air pollutants (sulphur oxides, nitrogen oxides, particulate matter) and greenhouse gases (carbon dioxide). Regulated by international law in reference to Annex VI of MARPOL Convention adopted by member states of the International Maritime Organisation (IMO), emissions from shipping are also subject to specific measures by the European Union.

This thesis aims to answer the following question: can policies to reduce emissions of greenhouse gases and air pollutants from ships alter the supply of maritime liner services?

We show how emissions of greenhouse gases and air pollutants from ships are a complex and unique public policy issue and analyse the policy-making processes that have shaped the development of the various policies. We demonstrate that the specific format of public policy instruments (regionalisation of rules, set objectives with choice of means left to companies, etc.), as well as the articulation of the various policies and their development over time make the consideration of these policies by shipowners truly strategic, in the sense that it goes beyond the traditional compliance with prescriptive security and environmental norms. We then highlight, through two case studies, the possible strategic choices faced by shipowners, both technical and organisational in nature, as well as the consequences of these choices on the supply of maritime liner services: the first case study looks at roro transport in the English Channel while the second examines international container shipping between Europe and Asia. We highlight not only the differing effects of emission reduction policies on short sea shipping and deep-sea shipping markets, but also what they have in common with respect to changes in shipping services. It appears that emission reduction policies favour certain changes in supply in conjunction with other factors but that they do not necessarily trigger such changes.

Sommaire

Remerciements 1

Résumé 2

Abstract 3

Sommaire 5

Table des sigles, acronymes et abréviations 9

Introduction générale 13

Partie 1. Les politiques de réduction des émissions du transport maritime : de leur élaboration par les autorités publiques à leur appropriation par les armateurs 27

Chapitre 1. Le transport maritime : une source internationale de pollutions atmosphériques régionale et globale 29

1. Derrière les émissions des navires, la demande et l'offre de transport maritime 29

2. Les émissions du transport maritime, entre efficacité énergétique et forte croissance des émissions de polluants de l'air et de gaz à effet de serre 38

3. Les émissions du transport maritime : la combinaison particulière d'une source et d'une externalité négative 64

Conclusion 77

Chapitre 2. L'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime 79

1. Avant-propos 80

2. Le processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de polluants de l'air 92

3. Le processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de CO_2 115

Conclusion 140

Chapitre 3. Une prise en compte des politiques qui revêt une dimension stratégique pour les armateurs 143

1. Les logiques instrumentales des politiques et leurs implications pour les armateurs 144

2. Les articulations des politiques 174
3. Une analyse des anticipations 190
Conclusion 197

Conclusion de la partie 1 199

Partie 2. Les choix stratégiques des armateurs de lignes régulières face aux politiques de réduction des émissions du transport maritime : vers une modification de l'offre ? 201

Chapitre 4. Développement d'une approche méthodologique d'analyse du choix stratégique 203
1. Le choix stratégique des armateurs 203
2. Une méthodologie d'analyse du choix stratégique 217
3. Une application à deux marchés du transport maritime 234
Conclusion 239

Chapitre 5. Une étude de cas des choix stratégiques des armateurs du transport roulier transmanche 241
1. Le marché transmanche, espace de concurrences interrégionale et intermodale 241
2. Le marché transmanche confronté aux politiques environnementales : analyse des choix stratégiques des opérateurs 256
3. Les conséquences sur l'offre de transport maritime transmanche 278
Conclusion 289

Chapitre 6. Une étude de cas des choix stratégiques des armateurs du transport conteneurisé international 291
1. L'organisation du transport maritime conteneurisé international 292
2. Focus sur la route entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est 300
3. Les lignes conteneurisées Europe du Nord/Asie de l'Est confrontées aux politiques environnementales : analyse des choix stratégiques des opérateurs 309
4. Les conséquences sur l'offre de transport conteneurisé entre l'Europe et l'Asie 328
Conclusion 335

Conclusion de la partie 2 337

Conclusion générale 341

Bibliographie 347
Annexe 1. Les entretiens réalisés 365
Table des figures 367
Table des tableaux 369
Table des encadrés 373
Table des matières 375

Table des sigles, acronymes et abréviations

ACV	Analyse de cycle de vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AIS	Automatic Identification System
ALENA	Accord de libre-échange nord-américain
AMVERS	Automated Mutual-Assistance Vessel Rescue System
BAF	Bunker adjustment factor
BIMCO	Baltic and International Maritime Conference
CCNUCC	Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CEE-ONU	Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies
CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable
COVNM	Composé organique volatil non méthanique
CPATLD	Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance
CPMM	Comité de la Protection du Milieu Marin
ECA	Emission Control Area
ECSA	European Community Shipowners' Associations
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EEOI	Energy Efficiency Operational Index
EFS	Evaluation Formelle de Sécurité
EMSA	European Maritime Safety Agency
EVP	Equivalent vingt pieds
EU	European Union
EU ETS	European Union Emission Trading Scheme
FEDER	Fonds Européen de Développement Economique et Régional
DAEI	Direction des Affaires Européennes et Internationales
DAM	Direction des Affaires Maritimes
DGITM	Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer
DSP	Délégation de service public
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade

GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GNL	Gaz naturel liquéfié
IAPH	International Association of Ports and Harbours
ICOADS	International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set
ICS	International Chamber of Shipping
IEA	International Energy Agency
IFO	Intermediate fuel oil
IMO	International Maritime Organisation
INTERTANKO	International Association of Independent Tanker Owners
ISO	International Organization for Standardization
ITMMA	Institute of Transport and Maritime Management Antwerp
LRIT	Long Range Identification and Tracking
LS	Low sulphur
LSFO	Low sulphur fuel oil
MEDDE	Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
MEPC	Marine Environment Protection Committee
MERCOSUR	Marché commun du Sud
MDO	Marine diesel oil
MGO	Marine gas oil
MRV	Monitoring, Reporting, Verification
NECA	NO_x Emission Control Area
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
OCIMF	Oil Companies International Marine Forum
O-D	Origine-destination
OIT	Organisation Internationale du Travail
OMC	Organisation Mondiale du Commerce
OMCI	Organisation Maritime Consultative Intergouvernementale
OMI	Organisation Maritime Internationale
ONG	Organisation non gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
OSAST	Organe Subsidiaire d'Avis Scientifique et Technologique
PIB	Produit intérieur brut
PL	Poids lourd

PM	Particulate matter
PRG	Potentiel de réchauffement global
RCS	Réduction catalytique sélective
RTE	Réseau transeuropéen
RTE-T	Réseau transeuropéen de transport
SBSTA	Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice
SCOP	Société coopérative et participative
SECA	Sulphur Emission Control Area
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan
SNCF	Société Nationale des Chemins de fer Français
SPLOTT	Systèmes Productifs, Logistique, Organisation des Transports, et Travail
TBT	Tributylétain
Tjb	Tonneau de jauge brut
Tpl	Tonne de port en lourd
UE	Union européenne
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
VAN	Valeur actuelle nette
ZCEN	Zone de contrôle des émissions de NO_x
ZCES	Zone de contrôle des émissions de SO_x

Introduction générale

C'est un navire magnifique
Bercé par le flot souriant,
Qui, sur l'océan pacifique,
Vient du côté de l'orient. […]

Le ciel serein, la mer sereine
L'enveloppent de tous côtés ;
Par ses mâts et par sa carène
Il plonge aux deux immensités.
Le flot s'y brise en étincelles ;
Ses voiles sont comme des ailes
Au souffle qui vient les gonfler ;
Il vogue, il vogue vers la plage,
Et, comme le cygne qui nage,
On sent qu'il pourrait s'envoler.

Victor Hugo, À M. de Lamartine, Les Feuilles d'automne (1831)

Le transport maritime renvoie l'image du navire qui glisse sur les flots, ne laissant derrière lui qu'un sillage éphémère dessiné à la surface de l'eau. Cette représentation occulte les polluants de l'air et les gaz à effet de serre qui s'échappent des cheminées des navires modernes, sillage aérien de composés polluants émanant de la combustion d'énergies fossiles nécessaire à leur déplacement. Le transport maritime n'est pas spécialement connu comme une source d'émissions atmosphériques. Cette pollution est en effet peu médiatisée car générée loin de l'écoumène. Le transport maritime bénéficie de surcroît d'une réputation de mode peu polluant par rapport au transport routier. Il serait un mode « écologique ».

La réalité est évidemment plus nuancée. Par sa capacité à massifier les flux de marchandises, le transport maritime est dans l'ensemble le mode de transport qui consomme le moins d'énergie et émet le moins de gaz à effet de serre par tonne-kilomètre, mais ce constat cache d'importantes disparités selon les types de navire. Ainsi, un petit ferry émet environ vingt-quatre fois plus de CO_2 par tonne-kilomètre qu'un grand vraquier, et seulement 1,3 fois moins qu'un poids lourd routier. Sur le plan de la maîtrise de la pollution de l'air, le transport maritime est moins performant que le transport routier car les véhicules terrestres ont fait l'objet de réglementations strictes sur leurs émissions de polluants de l'air (exemple des normes EURO de l'Union européenne) auxquelles le transport maritime a pendant longtemps échappé. Enfin, le

transport maritime est le secteur qui connaît la plus forte croissance de ses émissions, tous secteurs confondus au niveau mondial, en raison de l'augmentation exponentielle des échanges maritimes. L'éclatement géographique des zones de production et de consommation qui caractérise le phénomène de mondialisation implique en effet une augmentation mécanique des échanges internationaux en période de croissance économique. Les tonnages de marchandises échangées par la mer ont ainsi connu une croissance annuelle moyenne de 4,2 % entre 1990 et 2007, supérieure à celle du produit intérieur brut (PIB) mondial (2,6 %), et le taux de croissance annuel moyen des émissions de dioxyde de carbone et d'oxydes de soufre du transport maritime a été de 3,7 % sur la même période, un taux supérieur aux autres secteurs du transport, mais aussi de l'industrie ou de la production d'énergie. D'où la situation contrastée suivante : le transport maritime est globalement le mode de transport le plus efficace du point de vue des émissions de gaz à effet de serre, mais pas du point de vue des polluants de l'air, et il est le secteur qui connaît la plus forte croissance de ses émissions.

Les gaz à effet de serre et les polluants de l'air ne doivent pas être confondus : les premiers impactent le climat sur le long terme et à l'échelle planétaire, les seconds ont un effet local et à court terme sur la santé, l'environnement et le climat. Le dioxyde de carbone (CO_2) est le principal gaz à effet de serre émis par le transport maritime, tandis que les polluants de l'air issus des navires sont constitués des oxydes de soufre (SO_x), des oxydes d'azote (NO_x), et des particules en suspension (PM pour *particulate matter*).

Longtemps ignorés, les gaz à effet de serre et les polluants de l'air générés par l'activité de transport maritime font l'objet depuis quelques années d'une attention accrue. Des politiques de réduction sont élaborées aux niveaux de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) et de l'Union européenne (UE). Il s'agit de l'Annexe VI de la Convention internationale MARPOL[1] sur les émissions de SO_x, de NO_x et de CO_2, de la directive européenne 2012/33/UE[2] sur la teneur en soufre des carburants marins, de la proposition de règlement européen[3] sur un système de suivi et de reportage des émissions de CO_2 des navires faisant escale dans les ports de l'UE, et des réflexions en cours à la fois aux niveaux de l'OMI et de l'UE sur l'élaboration d'un instrument de marché des émissions de CO_2 du transport maritime. Ces mesures ont soit déjà été adoptées et sont en cours de mise en œuvre (Annexe VI de MARPOL, directive européenne 2012/33/UE), ou

[1] Annexe VI « Réglementation pour la prévention de la pollution de l'air par les navires » de la Convention Internationale pour la Prévention de la Pollution par les Navires (MARPOL) 73/78.

[2] Directive 2012/33/UE du Parlement européen et du Conseil du 21 novembre 2012 modifiant la directive 1999/32/CE en ce qui concerne la teneur en soufre des combustibles marins.

[3] Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil concernant la surveillance, la déclaration et la vérification des émissions de dioxyde de carbone du secteur des transports maritimes et modifiant le règlement (UE) n° 525/2013.

sont en cours d'adoption (proposition de règlement européen sur un système de suivi et de reportage des émissions de CO_2 des navires faisant escale dans les ports de l'UE), ou sont encore au stade de la réflexion (instrument de marché sur les émissions de CO_2 du transport maritime européen ou international). D'autres mesures sont élaborées par des autorités portuaires (Acciaro et al., 2014) ou par le secteur maritime (Wuisan et al., 2012), comme par exemple la *Green port policy* du port de Long Beach aux Etats-Unis qui prévoit entre autres le branchement électrique des navires à quai et un ralentissement volontaire des navires à l'entrée et à la sortie du port, le *Green port programme* du port de Singapour qui octroie une réduction des taxes portuaires aux navires les moins polluants, ou le *Clean Cargo Group*, une initiative privée qui fédère les actions de promotion de l'environnement de transporteurs maritimes, d'entreprises de logistique et de grands chargeurs. De portée réduite par rapport aux politiques internationales ou européennes, ces mesures locales ou privées témoignent néanmoins d'un certain foisonnement dans la recherche d'incitations pour encourager ou mettre en avant la performance environnementale des navires.

Le transport maritime présente un cadre particulier pour l'élaboration de réglementations dans les domaines de la sécurité et de l'environnement. Il s'agit en effet d'un secteur international avec une organisation singulière impliquant un grand nombre d'intervenants aux nationalités différentes : prenons l'exemple d'un navire construit en Corée, financé par une banque allemande, affrété à une compagnie danoise, géré par une compagnie de *shipmanagement* singapourienne, immatriculé sous pavillon panaméen, et réalisant des escales dans des ports asiatiques et européens. Cette profusion tend à diluer et à brouiller les responsabilités, et l'immatriculation sous un pavillon de complaisance implique une absence de lien effectif entre l'Etat du pavillon et le navire. La nécessité d'une action normative à vocation universelle a abouti à la création de l'Organisation Maritime Internationale en 1948, qui fournit un cadre de négociations pour l'élaboration de normes internationales relatives à la sécurité et à l'environnement. Les Etats jouent néanmoins un rôle central dans la construction réglementaire en tant que membres de l'OMI, et dans la mise en œuvre des politiques en tant qu'Etats du pavillon (immatriculant les navires) ou Etats du port (accueillant les navires dans leurs ports quel que soit leur pavillon). L'action de l'OMI se caractérise par un mode décisionnel fondé sur le consensus, le développement d'un droit souvent déterminé par les faits (accélération normative suite aux grandes catastrophes maritimes) et un format prescriptif de la réglementation (spécification d'exigences d'ordre technique). La nécessité de trouver un compromis entre des Etats aux intérêts maritimes divergents fait que la forme finale d'une convention correspond souvent « au plus petit commun dénominateur » (Gaskell, 2003). Il arrive que certains Etats, insatisfaits par le cadre normatif international, adoptent leur propre réglementation sur certains sujets et l'appliquent aux

navires battant leur pavillon et à ceux fréquentant leurs ports quel que soit leur pavillon (exemple emblématique de la double coque pour les pétroliers imposée par les Etats-Unis puis par l'Union européenne).

La réglementation sur les émissions d'oxydes de soufre (SO_x) et d'oxydes d'azote (NO_x) a été intégrée en 1997 à la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (Convention MARPOL de l'OMI) sous la forme d'une sixième annexe. Pour limiter les émissions de SO_x, l'Annexe VI de MARPOL établit un calendrier progressif d'abaissement de la teneur en soufre des carburants marins, le transport maritime ayant la particularité d'utiliser un fuel lourd très soufré. L'Annexe VI définit un seuil global de teneur en soufre des carburants, et établit un seuil plus strict pour les carburants utilisés par les navires circulant dans les zones de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (ZCES, ou SECA pour *Sulphur Emission control Area*). Les zones SECA sont aujourd'hui constituées de la mer Baltique, de la mer du Nord, de la Manche, et d'une zone de 200 milles nautiques le long des côtes de l'Amérique du Nord. Les armateurs ont aussi la possibilité d'utiliser des méthodes alternatives permettant d'atteindre des réductions d'émissions de SO_x au moins équivalentes à celles qui seraient obtenues avec un carburant à moindre teneur en soufre (telles que les technologies de traitement des gaz d'échappement, ou le recours à des carburants exempts de soufre comme le gaz naturel liquéfié). Concernant les émissions de NO_x, l'Annexe VI prévoit des valeurs limites de rejets d'oxydes d'azote pour les moteurs diesel construits à partir de certaines dates, ces valeurs limites étant renforcées au fil du temps. De manière similaire aux émissions d'oxydes de soufre, des normes plus strictes sont appliquées pour les navires naviguant dans les zones de contrôle des émissions de NO_x (ZCEN, ou NECA pour *NO_x emission control area*), qui se composent aujourd'hui de la bande de 200 milles nautiques longeant les côtes de l'Amérique du Nord.

La question des émissions de CO_2 du transport maritime a d'abord été prise en main lors des négociations du Protocole de Kyoto. Mais la spécificité maritime du problème a conduit le Protocole de Kyoto à désigner l'OMI comme forum de négociation pour traiter de cette question. L'OMI a inclus dans l'Annexe VI de MARPOL en 2011 des normes sur l'efficacité énergétique portant sur la conception des nouveaux navires (EEDI pour *Energy Efficiency Design Index*) suivant un phasage, ainsi qu'un plan de gestion de l'efficacité énergétique applicable pour tous les navires (SEEMP pour *Ship Energy Efficiency Management Plan*). Les discussions se poursuivent à l'OMI pour aboutir à des mesures plus contraignantes.

L'Union européenne est particulièrement investie dans le domaine des émissions atmosphériques du transport maritime. Elle a intégré dans le droit communautaire les règles de

l'Annexe VI de MARPOL sur la teneur en soufre des carburants marins en y ajoutant certains aspects de manière unilatérale (comme des limitations de la teneur en soufre des carburants marins utilisés dans les ports de l'UE et par les navires à passagers). Concernant les émissions de CO_2 du transport maritime, la Commission européenne envisageait d'établir un instrument de marché européen, étant donné les difficultés à aboutir à un accord à l'OMI. Elle a finalement préféré donner du temps à la négociation internationale et est aujourd'hui sur le point d'adopter un système de mesure, de déclaration et de vérification des émissions de CO_2 des navires qui entrerait en vigueur en 2018. Le principe repose sur l'obligation faite à tous les navires faisant escale dans les ports de l'UE de mesurer les émissions de CO_2 de leurs voyages à destination et en provenance de l'UE et de les déclarer à une autorité européenne. Cette mesure pourrait constituer la première étape d'un instrument de marché européen pour les émissions de CO_2 du transport maritime.

Les politiques de réduction des émissions du transport maritime combinent ainsi plusieurs traits :

- elles sont évolutives dans le temps avec un renforcement progressif des contraintes. De nouvelles mesures de réduction sont par ailleurs en projet ;

- elles fixent des objectifs et laissent aux armateurs une flexibilité concernant les moyens de les atteindre. Elles n'imposent pas un type de réponse particulier, et l'existence d'un certain nombre de méthodes pour répondre aux exigences laisse des marges de manœuvre aux compagnies maritimes ;

- certaines d'entre elles différencient les règles en fonction du périmètre géographique où se situe le navire. Cette différenciation géographique des règles, ou régionalisation, est fondée sur une action de protection de certains espaces au niveau international (cas des zones SECA et NECA définies par la Convention MARPOL de l'OMI), ou provient d'actions unilatérales de la part de l'Union européenne (cas de la directive 2012/33/UE sur la teneur en soufre des carburants et du projet de règlement sur un système européen de mesure et de reportage des émissions de CO_2 des navires) ;

- certaines mesures de réduction des émissions du transport maritime sont rétroactives : c'est le cas de la limitation de la teneur en soufre des carburants qui s'applique à tous les navires. Cette rétroactivité implique un champ d'application large de la réglementation : celle-ci ne s'applique pas seulement aux navires neufs mais à l'ensemble de la flotte, alors que traditionnellement une *grandfather clause* (ou clause de non-rétroactivité) est généralement appliquée, c'est-à-dire que

les règles impactant les navires ne s'appliquent qu'aux navires construits à la date d'entrée en vigueur de la convention ou postérieurement à cette date ;

- enfin, certains formats d'instruments envisagés sont inédits pour le transport maritime. C'est le cas en particulier des instruments de marché.

Enjeux de la réduction des émissions du transport maritime pour la politique publique

La réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air du transport maritime pose des problèmes spécifiques pour l'action publique pour plusieurs raisons.

Premièrement, les émissions du transport maritime international sont exclues des conventions internationales dédiées aux questions climatiques et de qualité de l'air, car celles-ci s'articulent autour d'engagements nationaux portant sur les territoires des différents Etats Parties. Or il est très difficile d'attribuer à chaque Etat sa part dans les émissions du transport maritime, en raison du caractère international de ce secteur. En cela, le transport maritime se distingue nettement des autres secteurs émetteurs (production d'énergie, industrie, transport routier, etc.) pour lesquels les sources d'émissions se rattachent à des activités localisées sans ambivalence sur le territoire d'un Etat donné. Le cadre mis en place pour les émissions des autres secteurs est donc inadapté pour le transport maritime. Le Protocole de Kyoto sur les gaz à effet de serre a ainsi exclu les émissions du transport maritime international des inventaires nationaux et des objectifs de réduction par pays. Les protocoles de la Convention sur la Pollution Atmosphérique Transfrontalière à Longue Distance qui spécifient des plafonds nationaux d'émission pour différents polluants de l'air ont également exclu le transport maritime international de leur champ d'application.

Deuxièmement, le point précédent suppose l'élaboration d'une approche sectorielle pour le traitement des émissions du transport maritime. Or le transport maritime n'est pas un secteur uniforme. Il est plus exact de parler de transports maritimes au pluriel, tant ce mode est intégré dans des organisations de transport avec des logiques, des navires et des distances différents. La problématique des émissions polluantes n'est pas la même selon le marché maritime, les leviers d'action de réduction diffèrent également. Cette hétérogénéité complexifie la prise en charge du problème.

Troisièmement, les gaz à effet de serre et la pollution de l'air ont des effets et des dynamiques spatio-temporelles différents. Les enjeux environnementaux ne sont pas les mêmes. Cela se traduit par une tendance à traiter les émissions en les découpant par type et en les abordant séparément. Or les différents composés polluants émanant des navires ne sont pas indépendants les uns des autres. Ils partagent la même source qui est la combustion d'énergies fossiles par les moteurs diesel, et les différents polluants et méthodes de réduction peuvent interagir. Il existe donc des liens étroits, directs et indirects, dans le traitement des polluants de l'air et des gaz à effet de serre. La difficulté est de parvenir à concilier ces liens pour éviter les effets pervers ou les doublons, ce qui n'est pas forcément aisé lorsque les émissions sont abordées séparément.

Quatrièmement, les pays qui subissent ou souhaitent réduire les émissions du transport maritime ne sont pas forcément ceux qui contrôlent les flottes les plus importantes et qui ont le plus de pouvoir de négociation à l'OMI. Il en résulte des confrontations par rapport à la vision du problème des émissions, mêlant intérêts économiques, intérêts environnementaux, mais aussi intérêts politiques (en particulier pour la question climatique). Le manque de connaissances scientifiques stabilisées sur le sujet rend d'autant plus difficile l'émergence de consensus à l'OMI ;

Enfin, la maîtrise des émissions du transport maritime est un enjeu pour l'Union européenne, qui cherche à influencer les décisions à l'OMI. Pour cela, elle menace ou a recours à des mesures unilatérales. Entourée de quatre mers et deux océans, et bordée par 70 000 km de côtes, l'Union européenne est un pôle majeur de l'industrie maritime à l'échelle mondiale. Les décisions touchant le transport maritime en Europe, composante régionale d'un secteur fortement international, peuvent avoir des répercussions sur « l'équilibre normatif du secteur » (Lefebvre-Chalain, 2010).

A une échelle européenne, les politiques de réduction des émissions du transport maritime peuvent aussi avoir une influence sur les conditions de concurrence entre les modes de transport. L'augmentation des coûts du transport maritime de courte distance résultant de la mise en conformité aux nouvelles politiques environnementales pourrait diminuer la compétitivité du mode maritime au profit des modes de transports terrestres. Cette perspective pourrait compromettre l'objectif de promotion du transport maritime de courte distance comme alternative au transport routier de la politique européenne des transports. D'un autre côté, cet objectif n'est pleinement justifié que si le transport maritime est plus « vertueux » que la route, ce qui n'est pas le cas à l'heure actuelle du point de vue de la pollution de l'air. La promotion du transport maritime de courte distance et les exigences de réduction des émissions de ce mode de transport

ne sont donc pas incohérentes. Toutefois, les moyens de parvenir à ces deux objectifs sont antagonistes : dans le cas de la politique de promotion du transport maritime de courte distance, il s'agit d'améliorer la compétitivité du mode maritime par rapport au mode routier ; dans le cas de la réduction des émissions du transport maritime, les navires doivent réaliser une conversion énergétique majeure et coûteuse. Cette dualité est la toile de fond sur laquelle la Commission européenne doit composer.

Enjeux de la réduction des émissions pour le transport maritime

Le développement de politiques de réduction des émissions du transport maritime, à la fois aux niveaux de l'OMI et de l'Union européenne, apparaît comme un nouveau facteur à prendre en compte pour les compagnies maritimes, qui doivent combiner la réduction de leurs émissions avec leurs objectifs économiques de recherche de profits et de parts de marché.

Pour les armateurs, les émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air générées par les moteurs des navires constituent la seule pollution opérationnelle permanente de leur activité. Le transport maritime peut en effet être à l'origine de deux types de pollution : une pollution accidentelle et une pollution opérationnelle. La pollution accidentelle correspond à un rejet de substances nocives dans l'environnement à l'issue d'un accident (exemple de la pollution par les hydrocarbures à la suite d'un échouement). Ce type de pollution est lié à la sécurité maritime et sa prise en compte passe par son intégration dans les règles de sécurité (exemple des règles sur l'aptitude d'un navire à prévenir les fuites d'hydrocarbure en cas d'accident). La pollution opérationnelle provient de l'exploitation normale d'un navire. Elle peut être épisodique (déballastage ou dégazage provoquant une pollution opérationnelle par les hydrocarbures, introduction d'espèces invasives par les eaux de ballasts, rejet à la mer des eaux usées et des déchets du navire), ou permanente (émissions atmosphériques). La pollution épisodique peut être gérée en instaurant des systèmes de réception des déchets dans les ports, ou en interdisant les rejets dans les zones vulnérables. En revanche, la pollution atmosphérique est le produit inévitable et continu de la combustion des carburants fossiles. Elle ne peut être éliminée, ou du moins diminuée drastiquement, sans rupture majeure, alors que les technologies de propulsion et les carburants n'ont pas changé de manière significative depuis des décennies.

Outre la difficulté même de réduire les émissions, certains aspects des politiques de réduction des émissions du transport maritime peuvent poser des difficultés pour les compagnies maritimes. Tout d'abord, les mesures visant à réduire les émissions se traduisent par des coûts,

potentiellement élevés, voire à même de modifier l'équilibre économique des services maritimes. La mesure la plus controversée à ce sujet est l'abaissement de la teneur en soufre des carburants à 0,1 % pour les navires évoluant dans les zones de réduction des émissions de SO_x (Manche, Mer du Nord, mer Baltique, côtes de l'Amérique du Nord) en 2015, qui impose d'utiliser un carburant coûtant entre 40 et 90 % plus cher que le carburant marin usuel. L'enjeu pour les armateurs revient donc à s'adapter à la réglementation au meilleur coût. Plusieurs choix vont s'offrir à eux, d'ordre technique ou organisationnel : changer de carburant, changer de motorisation pour utiliser du gaz naturel liquéfié, investir dans des équipements de dépollution en sortie de cheminée, et/ou modifier les paramètres de la ligne maritime comme la vitesse, les ports d'escales, etc. Ils peuvent également choisir de limiter leur exposition aux réglementations par des stratégies d'évitement en jouant sur les périmètres géographiques de celles-ci. L'existence de périmètres géographiques dans la réglementation constitue elle-même un facteur de complexité pour les opérations maritimes, et elle peut être source de distorsions. Enfin, chaque réglementation est élaborée séparément mais les armateurs doivent les aborder conjointement, ce qui peut poser des difficultés si elles ne forment pas un ensemble cohérent et sans conflit. Ils doivent également tenir compte de leur évolution dans le temps et de l'arrivée de nouvelles règles, puisque les processus d'élaboration et de mise en œuvre des politiques de réduction sont en cours. Ainsi, un choix pertinent à un certain moment ne l'est plus nécessairement quelques années plus tard.

Problématique

Les enjeux que nous venons de souligner nous amènent à formuler la problématique de thèse suivante : les politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air des navires sont-elles de nature à modifier l'offre des services maritimes de lignes régulières ?

Démarche

Nous montrerons en quoi les émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air des navires constituent un « objet » de politique publique complexe et original, et comment l'action publique s'en saisit par une analyse des processus politiques qui ont façonné l'élaboration des différentes politiques. Explorer les raisons de l'émergence du problème des émissions, la perception qu'en ont à un moment donné les acteurs, les stratégies qu'ils suivent et les choix

d'instruments, apporte des éléments utiles à la compréhension de la nature des politiques. Nous démontrerons alors que le format particulier des instruments de politique publique (régionalisation des règles, choix des moyens laissés aux compagnies pour atteindre les objectifs fixés, rétroactivité de certaines réglementations, etc.), l'articulation des différentes politiques entre elles et leur évolution dans le temps rendent la prise en compte de ces politiques - leur *appropriation* - par les armateurs véritablement stratégique, au sens où elle dépasse la simple application des prescriptions traditionnelles normatives en matière de sécurité et d'environnement. Nous mettrons ensuite en évidence les choix stratégiques possibles des armateurs, combinant des aspects techniques et organisationnels, et les conséquences de ces choix sur l'offre de services maritimes de lignes régulières, ce qui nous permettra de montrer les effets différenciés des politiques de réduction des émissions selon les marchés du cabotage et du long cours.

La littérature aborde souvent les émissions du transport maritime en segmentant les polluants : beaucoup de travaux traitent uniquement du CO_2, ou uniquement du SO_x et du NO_x. L'originalité de notre approche est de considérer l'ensemble des émissions, car comme évoqué précédemment, ces émissions sont issues de la même source et il existe des liens étroits entre les polluants. En outre, l'accumulation des différentes politiques de réduction pourrait se traduire par un comportement des compagnies maritimes qui n'est pas la simple addition de leurs comportements par rapport à une politique donnée. « Le tout est plus que la somme des parties » comme l'énonce Aristote dans la Métaphysique.

Par ailleurs, peu de travaux se sont penchés sur les processus d'élaboration des politique de réduction des émissions du transport maritime, et notamment des jeux d'influence entre l'Union européenne et l'OMI. Pourtant, « ouvrir la boîte noire » des processus décisionnels est essentiel, car les politiques ne se réduisent pas à des nécessités ou à des hasards. Elles sont le produit de circonstances particulières et d'un certain contexte institutionnel. Avant d'imposer une contrainte au secteur auquel elle s'applique et dessiner éventuellement de nouvelles trajectoires technologiques ou organisationnelles, une politique est issue d'une décision qui subit elle-même des contraintes comme les règles d'organisation et les stratégies d'acteurs. Nous considérons qu'étudier l'« amont » des politiques apporte une réelle valeur ajoutée à l'analyse de leur impact sur le comportement des compagnies maritimes.

Le choix a été fait de traiter le transport maritime de lignes régulières[4] car celui-ci connaît une forte croissance de ses émissions (en raison à la fois de la vitesse plus élevée des navires de lignes régulières par rapport aux navires du transport à la demande, et de la forte croissance des flux conteneurisés). Par ailleurs, les lignes maritimes sont « modulables géographiquement » (Frémont, 2005), offrant la possibilité aux armateurs de modifier de manière réactive leurs escales, une possibilité intéressante à considérer de par l'existence de périmètres géographiques dans la réglementation sur les émissions.

Le transport de lignes régulières n'est cependant pas un ensemble uniforme. Il est composé de marchés présentant des fonctionnements et des structures de coûts différents, qui en outre ne sont pas couverts de la même manière par les périmètres des instruments de réduction (zones SECA, NECA et périmètre européen pour les émissions de CO_2). L'impossibilité d'aborder le transport maritime de lignes régulières dans son ensemble nous amène à traiter les impacts sur l'offre au travers d'études de cas. Nous avons choisi de réaliser une étude de cas sur le transport roulier transmanche, et une étude de cas sur le transport conteneurisé international entre l'Europe et l'Asie, ce qui nous permet d'aborder un transport maritime de cabotage et un transport au long cours. Le marché du transport maritime roulier transmanche se caractérise par une concurrence géographique entre les lignes longues de la Manche Ouest et les lignes courtes du détroit du Pas de Calais, et par une concurrence modale entre les services maritimes et les services ferroviaires du tunnel sous la Manche. Nous mettons en évidence comment les politiques de réduction des émissions du transport maritime pourraient bouleverser cet équilibre concurrentiel et réorganiser l'offre sur ce marché. Le transport conteneurisé international entre l'Europe et l'Asie n'est quant à lui pas confronté à une concurrence modale, mais il a la possibilité de limiter son exposition aux politiques de réduction des émissions par des réorganisations d'escales. Nous explorons dans quelle mesure cette possibilité permet de limiter les surcoûts résultant des politiques environnementales par rapport à d'autres stratégies (comme des investissements dans des technologies de réduction, ou l'abaissement de la vitesse du navire) et leur pertinence au regard des autres contraintes de marché.

[4] La ligne régulière est un type de transport maritime dans lequel le navire opère sur une route maritime avec plusieurs escales selon un calendrier cyclique et transporte de petits lots pour de nombreux clients, à la différence du transport à la demande réalisé pour un seul client entre deux ports déterminés par celui-ci.

Cadre théorique

Nous ne mobilisons pas un cadre théorique uniforme tout au long de la thèse. Cette posture répond à une approche pluridisciplinaire qui prend toute sa pertinence pour le sujet traité. Des références théoriques aux sciences politiques, aux sciences juridiques, à l'économie, aux sciences de gestion, et à la géographie seront mobilisées pour analyser les processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions, les politiques issues de ces processus, leur appropriation par les compagnies maritimes, et les conséquences possibles sur l'offre de services maritimes.

Sources de données

Diverses sources de nature variée ont été exploitées pour alimenter ce travail. De manière classique, un travail de bibliographie académique a été mené. En parallèle, l'étude de la littérature grise (documents techniques, études, rapports, etc.) s'est avérée importante pour le traitement de ce sujet, afin d'en explorer les aspects les plus concrets (les aspects techniques, les données de coûts, les projections sur l'évolution du prix des carburants, etc.). Nous avons pu disposer de données de coûts des lignes maritimes à partir d'un rapport non public du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE) s'appuyant sur des données payantes des bases de Drewry, Barry Rogliano Sales et Alphaliner. Les documents officiels (directives européennes, documents des Comités de Protection du Milieu Marin de l'OMI, etc.) ont été consultés. La lecture de la presse spécialisée a permis de suivre les événements en lien avec le sujet qui ont émaillé la durée de réalisation de la thèse (les évolutions réglementaires et technologiques, les stratégies amorcées par les compagnies, etc.).

Pour nourrir notre réflexion et opérer la rencontre entre la construction de la politique et sa traduction concrète pour les armateurs, des entretiens semi-directifs ont été réalisés avec deux types d'acteurs :

- des personnes au contact des processus d'élaboration des politiques à la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM), à la Direction des Affaires Maritimes (DAM) et à la Direction des Affaires Européennes et Internationales (DAEI) du MEDDE, ainsi qu'à la Direction Générale *Climate Action* de la Commission européenne. Nous avons également interrogé une personne d'une organisation non gouvernementale environnementale, ce qui nous a permis d'obtenir un regard autre que celui des administrations centrales sur les processus ;

- des armateurs de lignes régulières. Pour l'étude du transport roulier transmanche, nous avons pu réaliser des entretiens avec l'ensemble des compagnies maritimes présentes sur ce marché, avec quelques transporteurs routiers empruntant ces services, ainsi qu'avec l'opérateur de navettes ferroviaires du tunnel sous la Manche, Eurotunnel, en concurrence avec les services maritimes. Pour traiter du transport conteneurisé international, deux entretiens ont été réalisés avec des personnes de la compagnie française CMA CGM. Les personnes interrogées, par leurs fonctions de dirigeant ou d'expert, nous ont permis de recueillir la vision stratégique des entreprises (ou du moins les aspects qui peuvent en être rendus publics). La liste des personnes rencontrées est présentée en annexe 1.

Organisation de la thèse

La thèse est organisée en deux parties, elles-mêmes subdivisées en trois chapitres. La première partie traite des politiques de réduction des émissions du transport maritime, de leur élaboration à leur appropriation par les armateurs. Le premier chapitre pose les différents éléments du problème des émissions du transport maritime, et met en évidence sa complexité pour la prise de décision publique. Le chapitre 2 aborde comment l'action publique s'empare de la question, en retraçant les processus ayant conduit à l'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime. Le chapitre 3 interroge les modalités d'appropriation de ces politiques par les armateurs, à partir d'une analyse des instruments de politique, de leur articulation et des anticipations qu'elles génèrent. Nous établissons alors que la prise en compte des politiques de réduction des émissions revêt une dimension d'ordre stratégique pour les compagnies maritimes.

La deuxième partie aborde le comportement des armateurs vis-à-vis des politiques. Le chapitre 4 revient sur la notion de stratégie en précisant l'approche que nous en retenons, puis décline les types de choix stratégiques s'offrant aux armateurs en réponse aux politiques de réduction de leurs émissions. Une méthodologie ciblée sur la structure de coûts des services maritimes est ensuite développée pour appréhender les choix stratégiques d'ordres techniques et organisationnels. Les deux derniers chapitres constituent la mise en application de cette méthodologie au transport maritime roulier transmanche (chapitre 5) et au transport maritime conteneurisé international entre l'Europe et l'Asie (chapitre 6). A partir des résultats obtenus, des conclusions sur l'évolution de l'offre de transport pour ces deux marchés maritimes sont tirées dans chacun de ces chapitres. La conclusion générale propose une mise en perspective de l'élaboration des politiques de réduction des émissions atmosphériques des navires et de leur

intégration dans les réflexions stratégiques des compagnies maritimes, avant de porter un regard croisé sur les résultats issus des deux études de cas, pour souligner les effets différenciés des politiques selon les marchés du cabotage et du long cours, mais aussi leurs points communs en matière d'évolution de l'offre.

Partie 1

Les politiques de réduction des émissions du transport maritime : de leur élaboration par les autorités publiques à leur appropriation par les armateurs

La sécurité et la pollution par les hydrocarbures ont constitué historiquement les premières préoccupations de la réglementation en matière de transport maritime. Ce n'est que depuis récemment que le transport maritime est perçu comme une source non négligeable de polluants de l'air et de gaz à effet de serre, et que des politiques pour atténuer ces émissions polluantes sont élaborées au niveau de l'Organisation Maritime Internationale et de l'Union européenne.

Nous avons souligné dans l'introduction générale le paradoxe entourant les émissions du transport maritime : ce mode de transport est globalement le plus efficace du point de vue de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre, mais il est le secteur qui connaît la plus forte croissance de ses émissions. Cette apparente dichotomie peut donner prise à des interprétations erronées, voire à des déformations du problème selon le point de vue où l'on se place. C'est pourquoi, le premier chapitre se propose de poser les différents éléments du problème des émissions du transport maritime, en partant des processus économiques générateurs des flux maritimes de marchandises et par extension des émissions des navires, avant de faire le point sur ces émissions (leur nature, leurs effets, leur évolution, la comparaison avec les autres modes de transport et les autres secteurs). Nous mettrons ensuite en évidence la configuration particulière du problème des émissions du transport maritime, qui n'est pas sans poser des difficultés spécifiques pour l'action publique. Le Chapitre 2 analysera les processus politiques qui ont fait des émissions des navires un objet de politiques publiques et qui, à travers la confrontation des acteurs divers, des problématisations et des choix d'instruments, ont produit les politiques de réduction des émissions du transport maritime. Enfin, le Chapitre 3 s'intéressera aux modalités de la prise en compte de ces politiques par leurs destinataires, à savoir les compagnies maritimes.

Chapitre 1

Le transport maritime : une source internationale de pollutions atmosphériques régionale et globale

Derrière le déplacement des navires et la pollution atmosphérique[5] qui en résulte, il y a une demande et une offre de transport maritime. Ce premier chapitre se propose de partir de la demande de transport maritime pour comprendre le rôle de ce secteur dans l'économie mondiale et ses dynamiques d'évolution et de croissance. Nous braquons ensuite le projecteur sur les émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air qui constituent l'une des externalités négatives de cette activité. Si le transport maritime est décrit comme le mode de transport le plus efficace du point de vue énergétique, il est aussi décrié comme un des secteurs connaissant la plus forte croissance de ses émissions. Cette ambivalence sera interrogée. Puis, nous ferons le point sur la nature et les effets des différents composés polluants émis par les fumées d'échappement des navires. Après avoir ainsi caractérisé le secteur et l'externalité étudiés, nous montrerons que leur combinaison en fait un problème à la structure particulière, qui se distingue à la fois de la problématique des émissions atmosphériques des autres secteurs, et de celle liée aux autres externalités négatives du transport maritime.

1. Derrière les émissions des navires, la demande et l'offre de transport maritime

Cette section vise à mettre en exergue certaines caractéristiques du transport maritime qui nous semblent utiles à la compréhension de la problématique des émissions des navires. Il s'agit

[5] Nous désignons par pollution atmosphérique les rejets dans l'atmosphère de gaz à effet de serre et de polluants de l'air. Cette précision s'impose car la pollution atmosphérique désigne souvent seulement la pollution de l'air. Les gaz à effet de serre étant émis dans l'atmosphère et constituant une pollution par leur atteinte au climat, nous choisissons de les désigner sous le terme générique de pollution atmosphérique, au même titre que les polluants de l'air.

de souligner le rôle essentiel de ce mode de transport dans l'économie mondialisée, qui se traduit par une forte croissance des échanges maritimes et de la flotte de commerce.

1.1 Le rôle prééminent du transport maritime dans l'économie mondialisée

1.1.1 Un mode prépondérant dans les échanges internationaux car adapté au modèle économique de la mondialisation

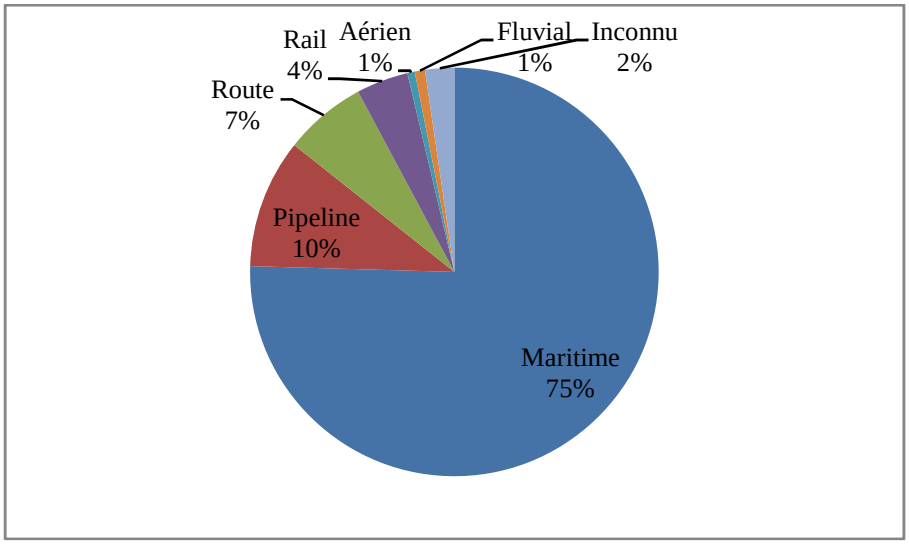
La demande de transport de marchandises est une demande dérivée dans le sens où elle n'est pas demandée pour elle-même mais découle des activités de production et de consommation. Elle est donc étroitement liée à l'activité économique. Plus précisément, la relation entre l'activité économique et le transport de marchandises est duale : si la demande de transport est dérivée des activités de production, ces activités sont rendues possibles par le transport qui permet de compenser les déséquilibres entre les différentes zones de production et entre les zones productrices et consommatrices.

Le modèle économique qui détermine la demande de transport international est celui de l'économie mondialisée qui se caractérise par la libéralisation des échanges commerciaux et par des formes d'organisations industrielles reposant sur la division internationale du travail et l'éclatement spatial des filières productives. Ce modèle favorise l'accroissement des échanges de matières premières, de produits intermédiaires et de produits finis, ces derniers résultant souvent de multiples phases de transformations fractionnées entre plusieurs sites de production, processus qui génère les échanges de produits intermédiaires. La spécialisation de la production, où chaque étape est réalisée là où elle est la moins chère en application de la théorie de l'avantage comparatif de Ricardo, a été permise par le développement des technologies de communication, la baisse des coûts de transport maritime (elle-même liée à des évolutions technologiques et organisationnelles sur lesquelles nous reviendrons), et par des choix politiques pour libéraliser les échanges. Ces choix politiques ont été réalisés à deux niveaux : d'abord au niveau international, au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, dans le cadre des négociations multilatérales du GATT (General Agreement on Tariffs and Trade) visant à abaisser les barrières douanières et lever les restrictions non tarifaires, auquel a succédé l'Organisation Mondiale du Commerce en 1995 ; puis au niveau régional, avec la prolifération d'accords régionaux de libre-échange dans les années 1990, tels que le Marché unique européen en 1993, le MERCOSUR en 1991, ou l'ALENA en 1992. Aujourd'hui, le mouvement d'intégration économique se poursuit selon une logique plus interrégionale (négociations en cours entre l'UE et le MERCOSUR, discussions sur la zone de

libre-échange transatlantique, projet de zone de libre-échange des Amériques, négociations en cours sur l'accord de partenariat transpacifique, etc.).

Le transport maritime est particulièrement bien adapté pour les échanges du commerce international, grâce à sa capacité à acheminer des marchandises sur de longues distances à faible coût via la massification des flux et les économies d'échelle. Le transport maritime est ainsi le mode prépondérant dans les échanges internationaux de marchandises, comme en témoigne la figure 1 représentant la répartition modale en 2011 des importations et exportations de l'Union européenne (UE) vers le reste du monde : 75 % en tonnage[6] ont été transportées par voie maritime. Le transport maritime est également un mode pertinent sur les courtes distances dans le cadre du commerce intra-régional. Pour les échanges de marchandises intra-UE, le transport maritime occupe une place importante, en réalisant 37 % des tonnes-kilomètres[7] en 2011, juste derrière le transport routier (qui réalise 45 % des tonnes-kilomètres) (European Commission, 2013a). Au niveau mondial, ce sont 9,6 milliards de tonnes de marchandises qui ont été transportées par la mer en 2013, chaque tonne parcourant une distance moyenne de 9 300 km (UNCTAD, 2013).

Figure 1 - Répartition modale des importations et exportations en tonnage de l'UE-27 avec le reste du monde en 2011



Source : European Commission, 2013a.

[6] Nous désignons par tonnage la quantité de marchandises exprimée en tonnes, à ne pas confondre avec la deuxième définition du terme tonnage comme « la capacité de transport d'un navire de commerce, évaluée par son volume intérieur exprimé en tonneaux de jauge » (dictionnaire du Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales).

[7] Une tonne-kilomètre représente le transport d'une tonne de marchandises sur un kilomètre. C'est une unité de mesure de l'activité de transport qui permet de tenir compte à la fois des tonnages déplacés et des distances réalisées.

1.1.2 Des organisations diverses qui s'adaptent aux marchandises et aux volumes

Le transport maritime est un mode de transport qui convient pour tous les types de marchandises, grâce à la spécialisation des navires (pétrolier, méthanier, chimiquier, vraquier, porte-conteneurs, roulier, etc.). Il s'agit également d'un mode qui s'adapte bien aux quantités à transporter, de par la possibilité de recourir soit au transport à la demande dès lors qu'un chargeur a la quantité suffisante pour charger un navire entier, soit à la ligne régulière dans laquelle le navire opère sur une route maritime avec plusieurs escales selon un calendrier cyclique et transporte de petits lots pour de nombreux clients. Le transport à la demande est adapté pour les échanges de matières premières (vracs secs et liquides), qui nécessitent un transport spécialisé (vraquier ou pétrolier) et par grande quantité (navire entier avec différentes tailles de navire) pour un seul client entre deux ports déterminés. La ligne régulière convient bien pour les produits manufacturés unitisés (palettes, caisses, conteneurs, etc.), aussi appelés marchandises diverses, qui correspondent à une demande de transport de lots plus petits et plus fréquents.

Il n'existe donc pas un marché maritime uniforme, mais une multitude de marchés dont les caractéristiques varient en fonction de la marchandise à transporter et des quantités.

1.2 La forte croissance des échanges maritimes et de la flotte de commerce

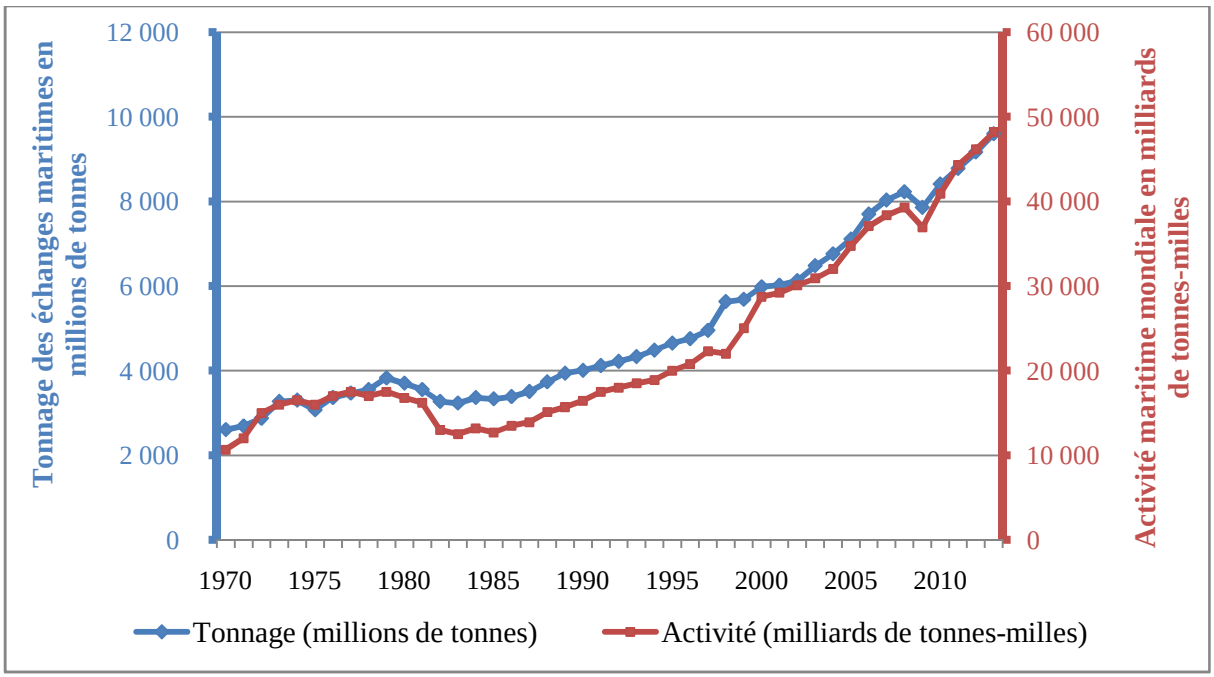
1.2.1 L'évolution des échanges maritimes depuis 1970

Si la mondialisation de l'économie a été facilitée par le transport maritime, celui-ci a en retour bénéficié de l'accroissement des échanges qui en est le corollaire. Le transport maritime a connu une croissance soutenue ces quarante dernières années, qui, outre la mondialisation, a été facilitée par plusieurs facteurs tels que la modernisation de la logistique, l'augmentation de la taille des navires et le développement de la conteneurisation. Le nombre de tonnes transportées par voie maritime a été multiplié par 2,3 entre 1970 et 2000, et s'est accru de 60 % entre 2000 et 2013, avec deux périodes de baisse entre 1980 et 1985 (suite au deuxième choc pétrolier de 1979) et en 2009 (suite à la crise économique de 2008). L'activité de transport maritime, exprimée en tonnes-milles[8], a suivi une évolution proche, étant multipliée par 2,7 entre 1970 et 2000, et augmentant de 68 % entre 2000 et 2013 (UNCTAD, 2013) (cf. figure 2). Notons que la croissance des flux maritimes a été plus portée par la croissance des tonnages que par l'allongement des

[8] Une tonne-mille représente le transport d'une tonne de marchandises sur un mille marin, le mille marin étant l'unité de mesure de distance utilisée en navigation maritime, équivalent à 1 852 mètres.

distances parcourues. En effet, la distance moyenne effectuée par une tonne de marchandises (tout type de marchandises confondu) est passée de 4 100 milles en 1970 à 4 800 milles en 2000 (soit une augmentation de 17 %, contre 130 % pour les tonnages sur la même période), puis à 5 000 milles en 2013[9] (soit une augmentation de 4 % entre 2000 et 2013, contre 60 % pour les tonnages). L'allongement des distances induit par les besoins croissants de diversification des sources d'approvisionnement a été en partie compensé par la croissance du commerce intra-régional et par le rapprochement de certaines matières premières de leurs marchés comme le charbon (Crowe, 2012).

Figure 2 - Evolution des tonnages transportés par voie maritime (en millions de tonnes) et de l'activité maritime mondiale (en milliards de tonnes-milles) entre 1970 et 2013



Réalisation : M. Doudnikoff.
Sources : UNCTAD, 2009 ; UNCTAD 2013 ; Stopford 2009.

Le tableau 1 présente l'évolution des échanges maritimes mondiaux par catégorie de marchandises. Depuis 2000, la croissance des échanges maritimes est portée principalement par la croissance des échanges de marchandises diverses conteneurisées et par celle des cinq grandes familles de vracs secs (minerai de fer, charbon, céréales, phosphate brut, bauxite/alumine). La croissance des échanges de produits pétroliers est comparativement faible, de l'ordre de 34 % entre 2000 et 2013, et est surtout portée par les échanges de produits raffinés tandis que les

[9] Distance calculée en divisant le nombre de tonnes-milles par le nombre de tonnes transportées par voie maritime pour une année donnée, à partir de UNCTAD (2013).

échanges de pétrole brut stagnent. La même remarque s'applique pour la croissance des autres marchandises solides (qui comprennent les marchandises diverses non conteneurisées et les vracs secondaires[10]), les marchandises diverses tendant à être de plus en plus conteneurisées.

Tableau 1 - Echanges maritimes mondiaux par type de marchandises en millions de tonnes en 2000 et 2013, et évolution 2000-2013 en pourcentage

	2000	2013	Evolution
Conteneurs	598	1 578	164 %
Autres marchandises solides	1 928	2 300	19 %
Cinq grands vracs secs	1 295	2 786	115 %
Produits pétroliers	2 163	2 904	34 %

Source : UNCTAD, 2013.

Les flux de vracs sont plutôt orientés Sud-Nord, les pays en développement agricoles et miniers approvisionnent depuis longtemps les pays industrialisés du Nord. Cependant, les flux Sud-Sud connaissent un fort dynamisme, sous l'effet de l'industrialisation des pays en développement (Lacoste, 2013a). Les routes maritimes des flux de vracs évoluent régulièrement, en fonction de la géographie des matières premières, des besoins des pays importateurs, de la fluctuation des prix et de facteurs géopolitiques.

Les flux de conteneurs sont quant à eux concentrés entre l'Asie, l'Amérique du Nord et l'Europe, selon une logique Est-Ouest. Cependant, les flux conteneurisés Nord-Sud, Sud-Sud et intra-Asie connaissent des croissances importantes ces dernières années, constituant des relais de croissance pour les échanges de conteneurs.

1.2.2 L'effet multiplicateur de la croissance économique sur les échanges maritimes

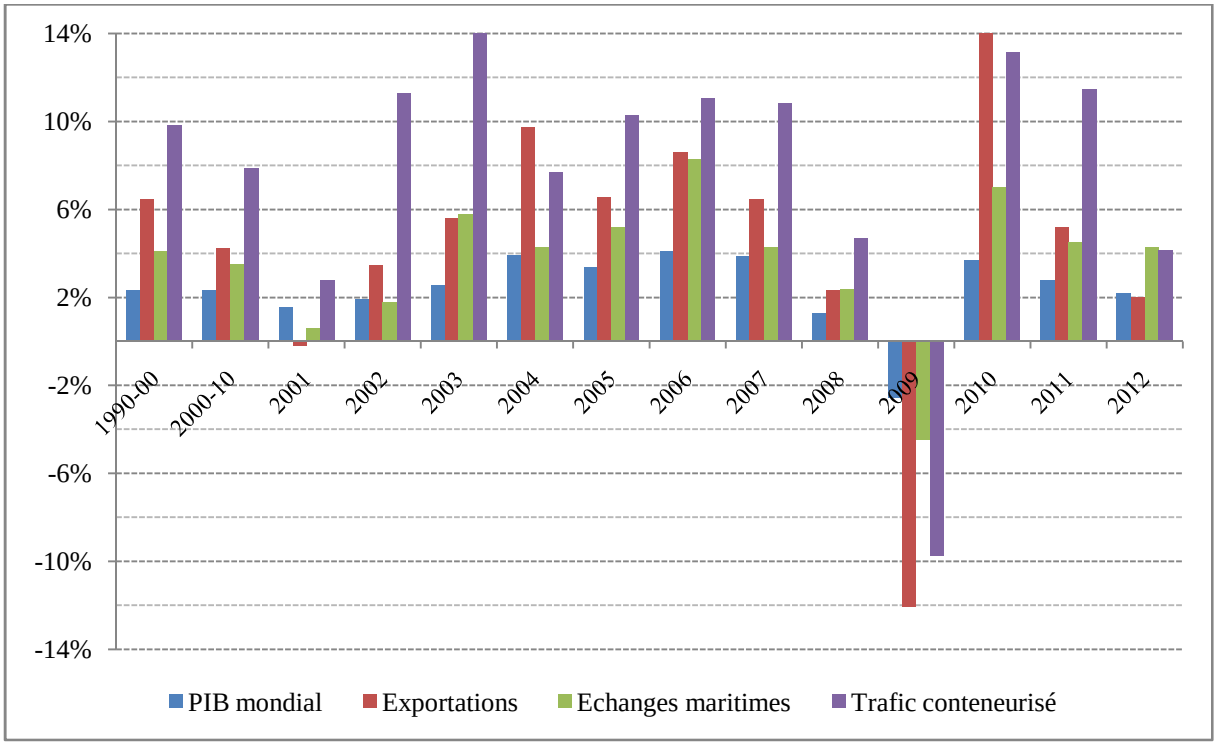
La demande de transport de marchandises étant une demande dérivée de l'activité économique, le produit intérieur brut (PIB) mondial, le commerce mondial de marchandises et les tonnages transportés par voie maritime évoluent en parallèle, comme l'illustre la figure 3. En période de croissance économique, le commerce mondial et les échanges maritimes augmentent en général plus vite que le PIB mondial. Et inversement, les périodes de récession s'accompagnent d'une baisse plus forte du commerce et des échanges maritimes que celle du PIB. Cette tendance s'explique par le fractionnement géographique de la production qui caractérise la

[10] Les vracs secondaires sont tous les vracs n'appartenant pas aux cinq grandes familles de vracs, tels que l'acier, le ciment, les ferrailles, la fonte, etc.

mondialisation, et qui implique une augmentation des échanges supérieure à celle de la production. Sur la période 1990-2012, le taux de croissance annuel moyen du PIB mondial a été de 2,4 %, celui du volume des échanges maritimes de 3,9 % et celui des exportations de 5,3 %. Au sein des transports maritimes, il existe des disparités selon les trafics. Ainsi, la croissance annuelle moyenne des tonnages conteneurisés a été de 8,6 % entre 1990 et 2012, soit une croissance supérieure à celle des exportations et plus de trois fois supérieure à celle du PIB.

Cet effet multiplicateur de la croissance économique sur la demande de transport maritime a des implications importantes sur la dynamique de croissance des émissions de ce secteur, sur lesquelles nous reviendrons dans la deuxième section de ce chapitre.

Figure 3 - Evolution comparée des croissances annuelles (en pourcentage) du PIB mondial, des exportations mondiales de marchandises, des échanges maritimes et des échanges maritimes conteneurisés en tonnage entre 1990 et 2012



Réalisation : M. Doudnikoff.
Sources : Banque Mondiale, 2013 (PIB) ; OMC, 2013 (exportations) ; UNCTAD, 2013 (échanges maritimes et trafic conteneurisé).

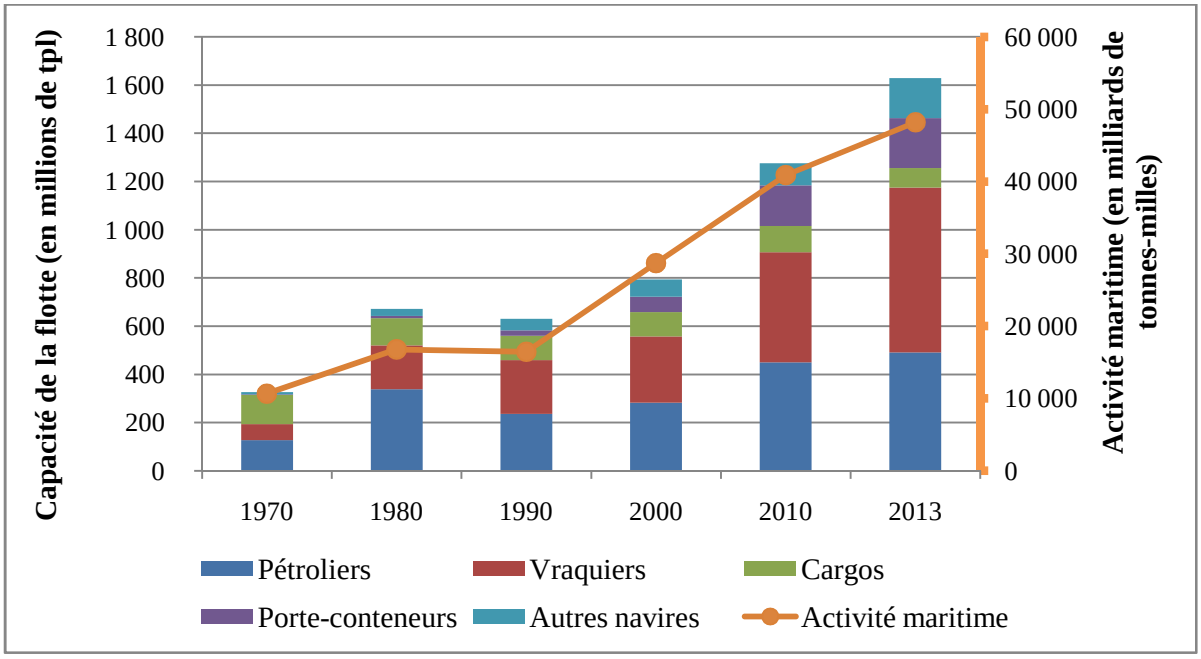
1.2.3 La forte croissance de la flotte de commerce

A cette croissance des échanges maritimes répond un développement de la flotte mondiale, qui est passée de 326 millions de tonnes de port en lourd[11] (tpl) en 1970 à 1 630 millions de tpl en 2013 (UNCTAD, 2013) (cf. figure 4). Cette évolution de la flotte provient de l'augmentation du nombre de navires et surtout de l'accroissement de leur taille. La figure 5 indique que la capacité moyenne des porte-conteneurs a quasiment doublé entre 1980 et 2006, celle des vraquiers a été multipliée par 1,7 et celle des méthaniers par 1,5. En revanche, la taille des pétroliers a diminué en raison de changements structurels dans le marché des produits pétroliers, après avoir doublé entre 1970 et 1980 (Stopford, 2009). Cette augmentation de la capacité des navires répond à une recherche d'économies d'échelle. En effet, les coûts de construction (et donc les coûts de capital du navire), les coûts d'exploitation (notamment les coûts d'équipage), et la résistance de la coque à l'eau (et donc la consommation de carburant) augmentent proportionnellement moins que la capacité du navire (Comtois et Lacoste, 2010). A condition de pouvoir remplir le navire, l'augmentation de la capacité permet une réduction significative du coût unitaire de transport. Si la recherche d'économies d'échelle est une tendance générale dans le transport maritime, elle ne s'applique pas de manière uniforme dans tous les marchés maritimes : la taille du navire dépend également des conditions nautiques des ports visités, de la capacité des détroits sur les routes maritimes suivies, et des volumes à transporter. La massification du transport maritime doit donc s'apprécier au cas par cas (Lacoste, 2013a).

Outre cette croissance en capacité, la composition de la flotte a évolué. Les porte-conteneurs et les vraquiers représentent une part grandissante (passant de 1 % des tpl en 1970 à 13 % en 2013 pour les porte-conteneurs, et de 20 % à 42 % pour les vraquiers), tandis que la part des pétroliers et des cargos est en baisse (cf. figure 4).

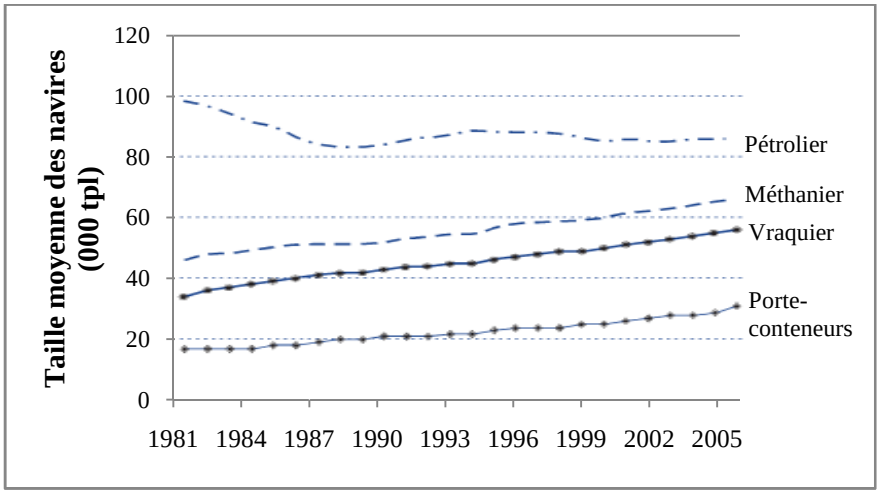
[11] Le nombre de tonnes de port en lourd correspond au chargement qu'un navire peut transporter, incluant la marchandise transportée, les ballasts, l'approvisionnement et les soutes. C'est une unité de mesure de la capacité de la flotte.

Figure 4 - Evolution comparée de la capacité de la flotte mondiale par type de navire (en millions de tpl) et de l'activité maritime (en milliards de tonnes-milles), 1970-2013



Réalisation : M. Doudnikoff.
Source : UNCTAD, 2013.

Figure 5 - Evolution de la taille moyenne des navires (en millier de tpl), 1980-2006



Réalisation : M. Doudnikoff.
Source : Stopford, 2009.

2. Les émissions du transport maritime, entre efficacité énergétique et forte croissance des émissions de polluants de l'air et de gaz à effet de serre

La dynamique de croissance des échanges maritimes et de la flotte mondiale n'est pas neutre du point de vue de la consommation d'énergie du transport maritime. Si les produits pétroliers utilisés par les navires ne représentent qu'une faible portion de la consommation mondiale de produits pétroliers, ils connaissent néanmoins une progression certaine. Par ailleurs, le carburant employé par le transport maritime est longtemps demeuré avec des spécifications peu restrictives. La nature et le degré de consommation des combustibles marins ont un impact direct sur les émissions atmosphériques générées par le transport maritime. Il convient de distinguer les gaz à effet de serre (GES) et les aérosols qui ont un impact sur le climat, et les polluants de l'air qui ont des effets sur l'environnement et la santé.

2.1 Le rapport du transport maritime à l'énergie

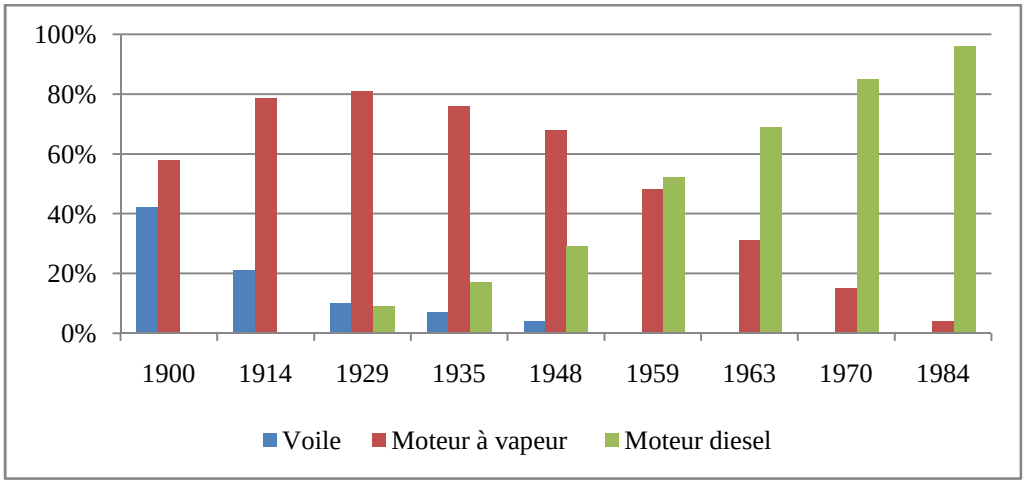
Les questions de gestion de l'énergie et de rejets de polluants dans l'atmosphère sont étroitement liées. Nous explorons dans cette sous-section le rapport qu'entretient le transport maritime à l'énergie.

2.1.1 Perspective historique

La propulsion des navires a été assurée pendant des siècles par l'énergie éolienne, et dans une moindre mesure, par la force humaine. La première transition énergétique du transport maritime a été le passage de la voile au moteur à vapeur à combustion externe alimenté par des chaudières brûlant du charbon dans la seconde moitié du XIXème siècle. Les navires à moteur ont progressivement remplacé les navires à voile, relayant d'abord ces derniers sur les routes secondaires, puis enfin à la démolition, la flotte étant entièrement motorisée à la fin des années 1940 (cf. figure 6). La motorisation de la flotte, en permettant l'affranchissement aux vents et aux courants, a permis l'ouverture de nouvelles routes maritimes. Au début du XXème siècle, le charbon commence à être remplacé par du fioul lourd comme combustible des moteurs à vapeur, ce qui permet de diminuer la main d'œuvre nécessaire à l'alimentation des chaudières et de simplifier le stockage du combustible. A partir de 1912, le moteur à combustion interne de type diesel commence à équiper les navires. Il permet des rendements importants, et donc une

consommation réduite, mais nécessite des carburants de type gazole, plus légers mais plus chers que le fioul lourd. Dans les années 1950, des innovations dans les moteurs diesel des navires ont permis l'utilisation du fioul lourd à la place du gazole. Le prix du fioul lourd est inférieur à celui du pétrole brut car il constitue un résidu du raffinage du pétrole[12]. Les navires équipés de moteurs diesel ont peu à peu remplacé les navires à vapeur. La figure 6 illustre la diffusion de ces transitions énergétiques et technologiques dans la flotte mondiale. Chaque transition s'est étalée sur plusieurs décennies et a été motivée par la recherche de réduction des coûts et d'amélioration des performances des navires. Elles ont contribué à l'essor des transports maritimes dans la mondialisation des échanges.

Figure 6 - Evolution de la répartition des navires par type de propulsion dans la flotte mondiale (en pourcentage), 1900-1984



Réalisation : M. Doudnikoff.
Sources : Corbett et Winebrake, 2008 ; Endresen et al., 2007.

Le transport maritime pourrait connaître de nouvelles transitions énergétiques dans les prochaines années. Celles-ci pourraient prendre la forme d'un passage du fioul lourd au gazole, ou du fuel lourd au gaz naturel liquéfié (GNL). A long terme, on peut envisager des transitions énergétiques vers les biocarburants et l'hydrogène. Ces points seront traités dans le chapitre 3.

[12] Le raffinage est en effet un système de production jointe : la production d'un produit pétrolier (par exemple les essences) entraîne nécessairement la production des autres produits pétroliers (coupes lourdes, gazole, kérosène, etc.).

2.1.2 Particularités des carburants utilisés par les navires

Les transitions énergétiques qu'a connues le transport maritime ont amené celui-ci à utiliser les produits pétroliers les moins coûteux, d'abord dans les moteurs à vapeur en remplacement du charbon, puis dans les moteurs diesel en remplacement du gazole. La plupart des moteurs principaux des navires utilisent aujourd'hui de l'*Intermediate Fuel Oil* (IFO), un mélange composé en majorité de résidus du raffinage du pétrole et de distillats[13]. L'IFO est particulièrement visqueux et nécessite d'être décanté, réchauffé, centrifugé, filtré puis à nouveau réchauffé avant de pouvoir être utilisé dans les moteurs du navire. Ceci explique pourquoi ce type de combustible ne peut être utilisé dans les véhicules routiers et les petits navires, le système de chauffage du combustible étant lourd et volumineux. Dans les IFO, on distingue l'IFO 380 comportant 90 % de résidus et 10 % de distillat, et l'IFO 180, moins visqueux, qui comporte jusqu'à 20 % de distillat. Les moteurs auxiliaires et les moteurs principaux[14] des petits navires utilisent plutôt des produits pétroliers constitués en majorité de distillats, le *Marine Gas Oil* (MGO) et le *Marine Diesel Oil* (MDO). Le MDO se compose de distillats avec des traces de résidus, tandis que le MGO ne contient que des distillats. Ces carburants sont peu visqueux et ils n'ont pas besoin d'être chauffés avant d'être utilisés dans le moteur. Leur prix est aussi plus élevé que celui de l'IFO.

Une autre différence majeure entre ces différents types de carburant concerne leur teneur en soufre. D'après les spécifications ISO, la teneur en soufre de l'IFO est limitée à 4,5 % (c'est-à-dire qu'il y a moins de 45 grammes de soufre par kilogramme de carburant), et il existe les qualités LS 380 et LS 180 contenant jusqu'à 1,0 % de soufre. La teneur en soufre du MDO est inférieure à 2,0 % et celle du MGO est inférieure à 1,5 %. Ces spécifications ISO ne correspondent pas tout à fait aux limites sur la teneur en soufre des carburants marins requises par l'Annexe VI de la Convention MARPOL dont le détail sera développé dans le chapitre 3. La teneur en soufre est un élément important de la qualité d'un carburant car elle impacte directement la quantité d'oxydes de soufre et de particules formés lors de la combustion. Pendant longtemps, le transport maritime a utilisé un carburant bon marché, à la teneur en soufre non plafonnée et élevée par rapport à la plupart des autres produits pétroliers. A titre de comparaison, la teneur en soufre des carburants gazole pour véhicules automobiles de l'UE était limitée à 0,2 % en 1994, avant d'être abaissée successivement jusqu'à 0,001 % à partir de 2009. Cette situation a évolué avec l'adoption de l'annexe VI de la Convention MARPOL en 1997, qui a plafonné à 4,5 % la

[13] Le distillat est une gamme de coupes moyennes issues de la distillation du pétrole. Le kérosène, le gazole et le fioul domestique sont des distillats.

[14] Les moteurs principaux fournissent l'énergie de propulsion tandis que les moteurs auxiliaires produisent l'électricité de bord.

teneur en soufre des carburants marins. La révision de l'Annexe VI en 2008 a fixé un calendrier d'abaissement progressif de la teneur en soufre des carburants marins jusqu'en 2025. A terme, elle ne dépassera pas 0,5 %.

2.1.3 La gestion de l'énergie dans le transport maritime

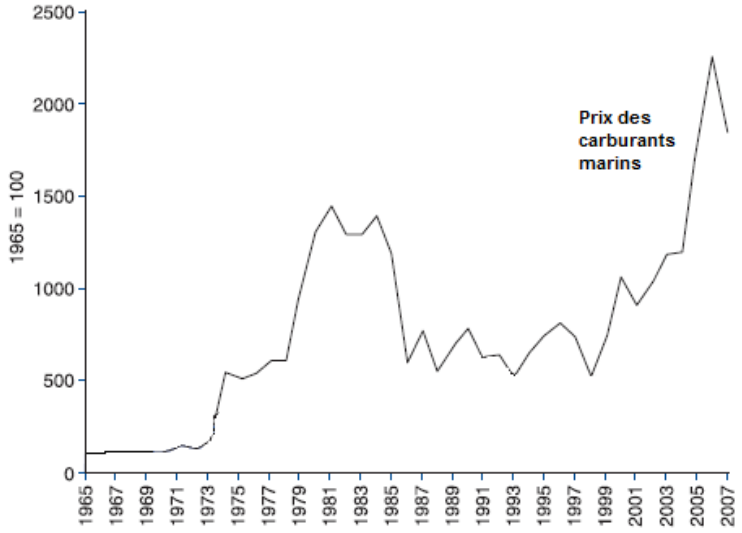
Les mécanismes qui agissent sur la gestion de l'énergie dans le transport maritime sont complexes et intègrent de nombreuses variables qui interfèrent entre elles. Elles se rattachent au prix du carburant, à la taille et à la vitesse des navires, au type de contrat de transport et d'affrètement, et à la possibilité d'un effet rebond.

L'importance du prix du carburant

Au début des années 1970, le prix des carburants marins (qui est corrélé au prix du pétrole) était particulièrement bas et peu d'attention était portée au poste de dépense carburant (Stopford, 2009). A la suite du premier choc pétrolier en 1973, le prix des carburants marins a fortement augmenté, comme l'illustre la figure 7. Dès lors, des efforts de diminution de la consommation d'énergie du transport maritime ont été réalisés par des améliorations sur le design des navires et/ou une diminution de leur vitesse. A partir de 1986, le prix des carburants a diminué, et l'intérêt d'optimiser la consommation d'énergie s'est amenuisé. Depuis les années 2000, le prix de l'énergie a considérablement augmenté et l'attention des armateurs s'est à nouveau portée sur une meilleure gestion de la consommation énergétique (Stopford, 2009). D'ailleurs, certaines innovations techniques sur les navires qui avaient été développées dans les années 1970 et 1980 en réponse au pétrole cher, puis abandonnées quand le prix du pétrole a diminué, sont réutilisées aujourd'hui en combinaison avec des techniques d'optimisation actuelles, comme sur le design de vraquier B.Delta lancé en 2011[15]. Ceci est en accord avec la théorie des innovations induites développée par l'économiste John Hicks (1932), selon laquelle un renchérissement du prix relatif d'un facteur de production encourage les efforts d'innovation dans le but d'augmenter la productivité de ce facteur qui est devenu relativement cher. Selon cette théorie, l'augmentation du prix de l'énergie permet de déclencher l'innovation dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique.

[15] Source : entretien auprès de Louis Dreyfus Armateurs en 2014.

Figure 7 - Evolution du prix des carburants marins entre 1965 et 2007 (1965=100)



Source : Stopford, 2009.

Influence de la vitesse et de la taille du navire

Outre les innovations technologiques sur le design des navires, la vitesse et la taille des navires sont deux paramètres influant sensiblement sur la consommation d'énergie.

Il existe une relation exponentielle entre la vitesse du navire et la consommation. Une diminution de la vitesse se traduit par une baisse proportionnellement plus forte de la consommation. Outre la consommation, la vitesse impacte la quantité de marchandises transportée en un temps donné, et donc les revenus générés. La détermination de la vitesse est un compromis entre les coûts de carburant qu'elle implique et les revenus générés par la quantité de marchandises qu'elle permet de transporter en un temps donné qui dépendent des taux de fret. Lorsque les taux de fret sont faibles et que le prix du carburant est élevé, une vitesse réduite peut être intéressante car les économies réalisées sur la consommation seront supérieures à la perte de revenus provoquée par la baisse de la quantité de marchandises transportée (et inversement). La vitesse est d'ailleurs un paramètre d'ajustement qui permet d'absorber la surcapacité de la flotte. La détermination de la vitesse dépend donc à la fois du prix du fuel et des conditions du marché. Un prix des soutes élevé ne s'accompagne pas automatiquement d'un ralentissement des navires. De même, un taux de fret faible n'induit pas nécessairement un ralentissement de la vitesse.

Enfin, la taille des navires est aussi un paramètre qui agit sur la consommation par unité de volume transporté, grâce aux économies d'échelle. Par exemple, la consommation journalière

d'un porte-conteneurs de 5 500 EVP[16] naviguant à 21 nœuds est de 117 tonnes de fuel, soit 0,021 tonnes par EVP, celle d'un porte-conteneurs de 8 500 EVP s'élève à 140 tonnes de fuel à la même vitesse[17], soit 0,016 tonnes par EVP, c'est-à-dire 24 % de moins par EVP. Si le prix élevé de l'énergie renforce l'intérêt des économies d'échelle, il ne constitue pas l'unique critère qui va induire l'accroissement de la taille des navires. Les économies d'échelle sont réalisées aussi sur d'autres postes de coûts (comme les coûts de capital et les coûts d'équipage), et comme vu dans la section 1, la taille du navire dépend également des volumes à transporter, des conditions nautiques des ports visités, et de la capacité des détroits sur les routes maritimes suivies.

Influence du contrat d'affrètement et du contrat de transport

La gestion de l'énergie est aussi influencée par le type de contrat d'affrètement, qui va déterminer qui paye le carburant et qui a la possibilité d'investir dans des améliorations techniques sur le navire pour maîtriser la consommation. Le contrat d'affrètement est le contrat par lequel un fréteur met son navire à disposition d'un affréteur, pour un ou plusieurs voyages (affrètement au voyage), ou pour une certaine durée (affrètement à temps et affrètement coque nue). Le fréteur peut être un armateur exploitant et propriétaire du navire, ou une institution financière qui possède des actifs de transport et délègue leur exploitation à des sociétés de gestion de navires ou à des armateurs exploitants. Le type de contrat définit qui, du fréteur ou de l'affréteur, a la gestion nautique (équipage, assurance, maintenance, réparation) et/ou la gestion commerciale (manutention, droits de ports et de canaux, soutes) :

- dans le cas d'un affrètement au voyage, le fréteur assure la gestion nautique et la gestion commerciale ;
- dans le cas d'un affrètement à temps, le fréteur conserve la gestion nautique et transfère la gestion commerciale du navire à l'affréteur ;
- dans un affrètement coque nue, l'affréteur assure à la fois la gestion nautique et la gestion commerciale. C'est un mode de financement du navire par des armateurs exploitants qui n'ont pas la capacité financière pour l'acheter. Le contrat peut contenir une clause d'option d'achat.

Dans tous les cas, la décision d'investir pour améliorer la performance énergétique du navire relève du fréteur car c'est lui qui a la charge des coûts liés au capital. Dans le cas d'un affrètement au voyage, le fréteur est donc à la fois celui qui paye le carburant et celui qui a la possibilité d'investir pour diminuer la consommation de son navire. En revanche, lorsqu'un navire est affrété

[16] EVP : Equivalent Vingt Pieds, représente l'unité d'un conteneur de 20 pieds (conteneur d'environ 6 mètres de longueur). Un conteneur de 40 pieds équivaut à deux EVP.

[17] Consommations calculées à partir de la formule issue de Corbett et al. (2009) et en supposant une puissance de 60 000 kW pour les moteurs principaux du porte-conteneurs de 8 500 EVP et de 49 800 kW pour les moteurs principaux du porte-conteneurs de 5 500 EVP (MAN diesel & Turbo, 2009).

à temps ou coque nue, c'est l'affréteur qui supporte les coûts de soute, mais la décision d'investir dans des améliorations techniques relève du fréteur. Cette situation peut s'apparenter à un problème principal-agent, défini par la théorie de l'agence comme une situation dans laquelle une entité (l'agent) est en mesure de prendre des décisions pour une autre entité (le principal), alors que les intérêts de l'agent ne sont pas forcément les mêmes que ceux du principal. En effet, le fréteur (défini comme l'agent) a la maîtrise du niveau technologique de l'efficacité énergétique de son navire, tandis que l'affréteur (défini comme le principal) supporte les coûts associés à ce niveau d'efficacité énergétique (Rehmatulla et al., 2013). Dans les contrats d'affrètement à temps et coque nue, le fréteur n'est donc pas forcément incité à investir pour améliorer l'efficacité énergétique dans la mesure où c'est l'affréteur qui tirerait bénéfice des économies de carburant résultantes. Le tableau 2 résume ces différentes situations.

Tableau 2 - Problème principal-agent selon le contrat d'affrètement

Contrat d'affrètement	Qui paye le carburant ?	Qui maîtrise le niveau technologique du navire ?	Existence d'un problème principal-agent ?
Voyage	Le fréteur	Le fréteur	NON
A temps / coque nue	L'affréteur	Le fréteur	OUI

Cependant, la performance énergétique du navire (définie comme le couple consommation/vitesse) figure dans le contrat d'affrètement à temps. L'affréteur est très attentif à sa consommation, surtout lorsque le prix du carburant est élevé, et un grand nombre de litiges entre affréteur et fréteur concerne la performance énergétique[18]. L'affréteur peut demander une compensation si sa consommation est plus élevée que celle annoncée dans le contrat[19]. L'efficacité énergétique, comme toute autre qualité désirable d'un navire, peut augmenter la demande pour ce navire, ce qui peut se traduire par une valorisation dans le taux d'affrètement ou une facilité pour le fréteur à trouver un affréteur (ces avantages peuvent se retrouver également lors de la revente du navire). C'est d'ailleurs ce qui a motivé Louis Dreyfus Armateurs à investir dans des vraquiers au design B.Delta, qui consomment 25 % de carburant en moins que les navires de la même catégorie[20]. La majoration du taux d'affrètement est, en théorie, comprise entre zéro (pas de majoration du taux d'affrètement d'un navire plus performant par rapport à un

[18] Source : entretien auprès de Louis Dreyfus Armateurs en 2014.

[19] Cela arrive fréquemment car les conditions de mer (courant, météo, etc.) ont un impact sur la consommation. En cas de litige sur la performance énergétique, le fréteur doit pouvoir montrer que la différence entre la consommation effective et la consommation annoncée provient des conditions de mer (source : entretien auprès de Louis Dreyfus Armateurs en 2014).

[20] Source : entretien auprès de Louis Dreyfus Armateurs en 2014.

navire moyen, le fréteur transfère la totalité de la valeur des économies de carburant à l'affréteur) et la totalité des économies de carburant que permet de réaliser le navire plus performant par rapport à un navire moyen (l'affréteur transfère la totalité de la valeur des économies de carburant au fréteur). Cette majoration dépend de la demande et de l'offre de navires performants. Dans la pratique, Smith et al. (2013) ont montré que les navires les plus performants bénéficient d'un taux d'affrètement à temps plus élevé, mais que la majoration du taux d'affrètement ne représente qu'une partie des économies de fuel qu'ils permettent de réaliser. Par ailleurs, l'affréteur peut tenter de surmonter le problème principal-agent en négociant avec le fréteur la mise en place d'une amélioration technique sur le navire en échange d'une majoration du taux d'affrètement. La compagnie CMA CGM a recours à ce type de négociation pour certains de ses navires affrétés à long terme[21].

Un autre problème principal-agent peut être identifié dans les contrats de transport de la ligne régulière. Des surcharges de carburant dites BAF (Bunker Adjustment Factor) sont couramment facturées au chargeur par l'exploitant du navire en plus des taux de fret. Les BAF ont été introduites par les conférences[22] en 1974, à la suite du premier choc pétrolier (Slack et Gouvernal, 2011). Wang et al. (2011) ont montré par un modèle microéconomique que le système de tarification distinguant le taux de fret des BAF permet de transférer la totalité de l'augmentation des coûts de soute au chargeur, alors qu'un système de taux de fret « tout compris » ne permet d'en transférer qu'une partie. Selon ces auteurs, le mécanisme des BAF n'inciterait donc pas les armateurs à faire des efforts de réduction de leur consommation. Cependant, Notteboom et Cariou (2009) ont relevé qu'il existe des divergences entre les prix des carburants marins et les BAF, suggérant que les BAF servent à générer des revenus, et non pas à couvrir les coûts de soute, avec des différences selon les routes maritimes. La fin des conférences en 2008 a impliqué pour les compagnies de fixer indépendamment leurs surcharges, selon leur propre formule. La plupart des compagnies ont mis en place un système plus transparent de calcul des BAF. Néanmoins, cela n'a pas mis fin à l'utilisation des BAF comme sources de revenus, comme l'ont montré Notteboom et Cariou (2009), Slack et Gouvernal (2011) et Notteboom et Cariou (2013). Dès lors que les BAF sont déconnectés de leur fonction de recouvrement des coûts

[21] Source : entretien auprès de CMA CGM, 2014.

[22] Les conférences sont « des groupements d'armateurs qui se rejoignent sur une route maritime donnée, pour : offrir une régularité de la desserte (desserte d'un certain nombre de ports avec une fréquence régulière : coordination des horaires, détermination des fréquences ou des escales, répartition des escales, régulation de la capacité offerte, répartition du tonnage transporté) ; stabiliser la tarification de sorte que la marchandise obtienne le même prix de la part de tous les armateurs de la conférence : taux de fret uniformes ou communs » (Gouvernal, 2006). Les conférences ont fait l'objet d'un règlement européen (n° 4056/86), leur accordant une exemption de groupe au principe de concurrence et leur permettant de fixer des tarifs communs. La Commission européenne a mis fin à cette exemption en 2008.

de carburant, le problème principal-agent n'existe plus en théorie car l'armateur a intérêt à minimiser ses coûts de soute pour augmenter sa marge de profit.

L'existence de problèmes principal-agent dans les contrats d'affrètement et de transport a été identifiée comme l'une des raisons expliquant le fait que le transport maritime ne mette pas en œuvre toutes les mesures rentables pour réduire sa consommation (c'est-à-dire les mesures pour lesquelles les économies de carburant réalisées sont supérieures ou égales aux coûts pour les mettre en œuvre) (Maddox, 2012 ; Johnson, 2013 ; European Commission, 2013b). Nous venons néanmoins de nuancer cette idée en mettant en avant l'équivocité des incitations envoyées par les caractéristiques des contrats d'affrètement et de transport.

L'effet rebond

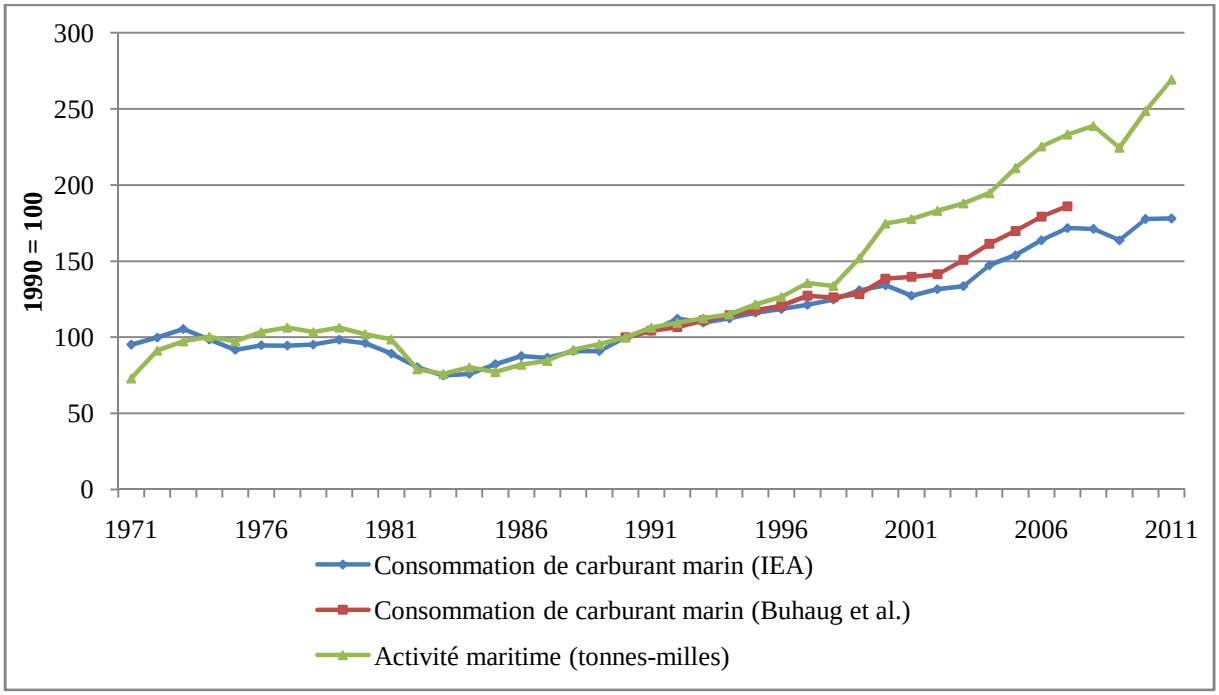
L'effet rebond en gestion de l'énergie désigne la situation dans laquelle une amélioration de l'efficacité énergétique ne se traduit pas par une diminution de la consommation d'énergie. Cet effet contre-intuitif vient du fait que l'abaissement du coût de l'énergie obtenu par les gains d'efficacité énergétique augmente la demande et donc l'énergie totale consommée. Cette situation a été décrite pour la première fois par William Jevons en 1865 qui observa que la consommation de charbon en Angleterre augmenta considérablement à la suite d'améliorations sur la machine à vapeur apportées par James Watt (Jevons, 1865). Dans le transport maritime, Buhaug et al. (2009) rejettent l'idée de l'existence d'un fort effet rebond car l'élasticité prix de la demande de transport maritime est faible. En conséquence, une diminution du prix du transport maritime par une amélioration de l'efficacité énergétique ne se traduirait pas par une forte augmentation de la demande, et donc de l'énergie totale consommée par le secteur maritime. Néanmoins, Smith (2012) a mis en évidence qu'une amélioration de l'efficacité énergétique par des améliorations technologiques sur un navire se traduit par une augmentation de la vitesse théorique d'optimisation des profits à taux de fret constant, annulant les économies de carburant réalisées grâce aux gains d'efficacité énergétique.

2.1.4 Transport maritime et consommation d'énergie : une forte croissance malgré une amélioration de l'efficacité énergétique

La croissance des échanges et de la flotte est allée de pair avec une croissance de l'énergie consommée par le transport maritime. La figure 8 présente l'évolution comparée de l'activité maritime et de la consommation de carburants marins entre 1971 et 2011 issue des données de l'International Energy Agency (IEA) sur les ventes mondiales de carburants de soute. La fiabilité

des données de vente de carburants marins de l'IEA étant limitée pour des raisons que nous développons dans la prochaine sous-section, nous avons aussi représenté sur la figure 8 les estimations de la consommation de carburants marins entre 1990 et 2007 réalisées par Buhaug et al. (2009) à partir d'une méthode de modélisation de l'activité de transport maritime. Même si ces deux estimations présentent des différences significatives (les estimations de Buhaug et al. (2009) sont entre 1,5 et 1,7 fois supérieures à celles de l'IEA), elles suivent néanmoins une évolution assez proche entre elles, et cohérente avec l'évolution de l'activité maritime en tonnes-milles.

Figure 8 - Evolution comparée de l'activité maritime et de la consommation mondiale de carburant marin d'après les données de l'IEA entre 1971 et 2011, et de Buhaug et al. (2009) entre 1990 et 2007 (1990 = 100)



Réalisation : M. Doudnikoff.
Sources : UNCTAD, 2009 ; UNCTAD, 2013 ; Stopford, 2009 (activité maritime) ; IEA Statistics, 2013 ; Buhaug et al., 2009 (consommation mondiale de carburants marins).

Si la quantité d'énergie consommée par le transport maritime a fortement augmenté, le développement de l'activité de transport maritime s'est toutefois accompagné d'une amélioration de l'efficacité énergétique des navires. Au niveau mondial, le nombre de tonnes-milles a augmenté de 133 % entre 1990 et 2007, alors que la consommation d'énergie a progressé de 72 % d'après les données de l'IEA, et de 86 % d'après les données de Buhaug et al. (2009). L'efficacité

énergétique du transport maritime s'est donc améliorée de 26 % entre 1990 et 2007 si l'on prend les données de l'IEA, et de 20 % en prenant les données de Buhaug et al. (2009).

Comme détaillé dans la sous-section précédente, plusieurs facteurs peuvent avoir contribué à cette amélioration de l'efficacité énergétique : des améliorations technologiques sur les navires, une diminution de la vitesse et un accroissement de la taille des navires. Il est cependant difficile d'attribuer à chaque facteur sa part dans l'amélioration de l'efficacité énergétique.

2.1.5 Efficacité énergétique des transports maritimes par rapport aux autres modes

Le tableau 3 indique que le transport maritime est le mode de transport qui consomme le moins d'énergie par tonne-kilomètre transportée (à l'exception du mode ferroviaire en traction électrique qui consomme moins que certaines catégories et tailles de navire). Néanmoins, ce constat cache des disparités importantes entre les différentes catégories et tailles de navire. Le tableau 3 met bien en évidence l'effet des économies d'échelle sur l'efficacité énergétique, quelle que soit la catégorie de navire. Par ailleurs, les rouliers consomment considérablement plus d'énergie à la tonne-kilomètre que toutes les autres catégories de navires, pour des raisons tenant au fret roulant qui ne permet pas d'optimiser l'occupation de l'espace dans le navire et laisse un grand volume de vide dans ses ponts-garages. Les porte-conteneurs sont également plus énergivores que les navires transportant des vracs secs et liquides car leur vitesse de service est plus élevée. En outre, l'efficacité énergétique est aussi influencée par l'ampleur des déséquilibres dans les échanges commerciaux. Par exemple, les pétroliers naviguent en général remplis de leur cargaison jusqu'à leur port de destination et effectuent le retour à vide, ballasts remplis d'eau. Pour les porte-conteneurs, le déséquilibre des flux entre bassins de production et de consommation nécessite de repositionner en permanence les conteneurs vides.

Tableau 3 - Efficacité énergétique moyenne (gep/tonne-km) des différentes catégories de navire et des autres modes de transport

Catégorie de navire / mode	Taille	Vitesse moyenne en 2007 (nœud)	Utilisation moyenne de la capacité en 2007	Efficacité énergétique gep[1]/tonne-km
Vraquier	> 200 000 tpl	14,4	50 %	0,8
	100 000 - 199 999 tpl	14,4	50 %	1,0
	60 000 - 99 999 tpl	14,4	55 %	1,4
	35 000 - 59 999 tpl	14,4	55 %	1,9
	10 000 - 34 999 tpl	14,3	55 %	2,6
	0 - 9 999 tpl	11,0	60 %	9,5
Pétrolier (brut)	> 200 000 tpl	15,4	48 %	0,9
	120 000 - 199 999 tpl	15,0	48 %	1,4
	80 000 - 119 999 tpl	14,7	48 %	2,0
	60 000 - 79 999 tpl	14,6	48 %	2,5
	10 000 - 59 999 tpl	14,5	48 %	3,0
	0 - 9 999 tpl	12,1	48 %	10,8
General cargo	> 10 000 tpl	15,4	60 %	3,9
	5 000 - 9 999 tpl	13,4	60 %	5,1
	0 - 4 999 tpl	11,7	60 %	4,5
Porte-conteneurs	> 8 000 evp	25,1	70 %	4,0
	5 000 - 7 999 evp	25,3	70 %	5,4
	3 000 - 4 999 evp	23,3	70 %	5,4
	2 000 - 2 999 evp	20,9	70 %	6,5
	1 000 - 1 999 evp	19,0	70 %	10,4
	0 - 999 evp	17,0	70 %	11,8
Roulier	2 000 ml	19,4	70 %	16,4
	0 - 1 999 ml	13,2	70 %	19,5
Ferroviaire	Electrique	ad	ad	6,3
	Diesel	ad	ad	25,5
Routier (interurbain)	PL charge utile >25 t	ad	ad	25,8
	PL charge utile 13 à 24,9 t	ad	ad	40,6
	PL charge utile <13 t	ad	ad	58,9
Aérien	Boeing 747 F, capacité totale : 113 tonnes de fret	ad	ad	145

[1]gep : gramme équivalent pétrole.
ad : absence de données.
Tous les chiffres ci-dessus incluent la part de voyage à vide.
Sources : Calculé à partir de Buhaug et al. (2009) (transports maritime et aérien) ; ADEME, 2006 (transports ferroviaire et routier).

Dans une optique de comparaison de l'efficacité énergétique des différents modes, il est utile de rappeler que dans la plupart des cas, les différents modes de transport ne sont pas substituables entre eux. Pour les transports intercontinentaux, le mode aérien n'est pertinent que pour les marchandises nécessitant un acheminement rapide (biens périssables ou à haute valeur ajoutée). Pour certaines origines-destinations du transport de courte distance, les modes routiers, ferroviaires et maritimes peuvent être substituables. Il convient de préciser que les chiffres

proposés dans le tableau 3 sont des ordres de grandeur et qu'ils cachent une grande disparité de consommations possibles par tonne-kilomètre pour un même type de transport (en fonction de la vitesse, du taux de remplissage, des conditions en mer pour le transport maritime, de la congestion pour le transport routier, etc.). Sous certaines conditions, le transport maritime de courte distance n'est pas le mode le moins consommateur d'énergie par rapport aux options routières ou ferroviaires. Par exemple, Panagakos et al. (2014) ont montré que pour une origine-destination Thessalonique (Grèce) / Berlin, l'option « tout route » consomme moins d'énergie que l'option « transport combiné route / mer », car la distance de cette deuxième option est supérieure à celle de l'option « tout route » et le navire utilisé a une vitesse élevée. D'autres études sur d'autres origines-destinations ont abouti à des conclusions similaires (Vanherle et Delhaye, 2010 ; Hjelle, 2011 ; Hjelle, 2014). Lorsqu'il existe plusieurs solutions modales pour une origine-destination, les données moyennées du tableau 3 montrent leurs limites et une analyse au cas par cas s'avère nécessaire.

2.2 Les émissions atmosphériques générées par le transport maritime

La nature et le degré de consommation des combustibles utilisés par les navires ont un impact direct sur les émissions atmosphériques générées par le transport maritime. Les réactions chimiques de la combustion d'une énergie fossile de types IFO, MDO et MGO dans les moteurs diesel des navires sont à l'origine d'émissions de dioxyde de carbone (CO_2), d'oxydes de soufre (SO_x), d'oxydes d'azote (NO_x), et de particules en suspension (PM pour *particulate matter*). D'autres polluants sont émis en faibles quantités comme le monoxyde de carbone (CO), le protoxyde d'azote (N_2O), le méthane (CH_4), et les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) (Buhaug et al., 2009).

Le CO_2 est formé par l'oxydation du carbone présent dans le carburant. C'est un produit inévitable de la combustion de tous les combustibles fossiles. Les SO_x se composent principalement de dioxyde de soufre (SO_2) et d'une faible quantité de trioxyde de soufre (SO_3). Ils sont formés par l'oxydation du soufre présent dans le carburant. La quantité de SO_x émise est directement proportionnelle au soufre contenu dans le carburant. Les NO_x sont composés des monoxydes d'azote (NO) et des dioxydes d'azote (NO_2). Le NO est formé par l'oxydation dans les cylindres du moteur de l'azote de l'air et de l'azote contenu sous forme de traces dans le carburant. Ce processus est dépendant de la température de combustion. Une partie du NO ainsi formé s'oxyde ensuite en NO_2. Les PM sont un ensemble de matières en suspension dans l'air formé par la combustion incomplète du carburant (propre au fonctionnement du moteur diesel) ou

par de fortes pressions et températures durant la combustion. Les PM sont constitués de suies, de cendres, de sulfates (SO_4) et de composés organiques. Les quantités de suies, de cendres et de sulfates sont corrélées à la teneur en soufre du carburant (Buhaug et al., 2009).

Connaître les quantités de polluants atmosphériques émis par le transport maritime est nécessaire pour apprécier la contribution de ce secteur à la pollution atmosphérique. La sous-section qui suit présente les méthodologies utilisées pour estimer ces quantités et leurs résultats.

2.2.1 Estimation de la quantité de polluants atmosphériques émis par le transport maritime

Les quantités de polluants atmosphériques émis par le transport maritime sont proportionnelles à la quantité de carburant consommée, suivant un facteur d'émission. Le tableau 4 présente les facteurs d'émission des carburants marins. Pour évaluer les quantités de polluants émis, il suffit donc de multiplier la quantité de carburant consommée par ces facteurs d'émission. L'estimation de la quantité de carburant utilisée par le transport maritime est délicate : dans la sous-section précédente (§ 2.1.4), nous avons mis en avant l'important écart entre les estimations de l'IEA (2013) et celles issues de Buhaug et al. (2009).

Tableau 4 - Facteurs d'émission des carburants marins

	Méthode de calcul du facteur d'émission (Murphy et al., 2013)	Facteur d'émission (tonne de polluant émis/tonne de fuel) (Buhaug et al., 2009)		
		IFO (teneur en soufre : 2,7 %)	MDO (teneur en soufre : 0,5%)	MGO (teneur en soufre : 0,1 %)
CO_2	Teneur en carbone du carburant × 44/12[1]	3,130	3,190	3,190
SO_x	Teneur en soufre du carburant × 64/32[2]	0,054	0,010	0,002
NO_x	Dépend du type de moteur et de l'année de construction[3].	- Moteurs construits avant 2000 moteurs lents : 0,090 ; moteurs rapides : 0,060. - Moteurs construits entre 2000 et 2011 (Tier I) moteurs lents : 0,078 ; moteurs rapides : 0,051. - Moteurs construits après 2011 (Tier II) moteurs lents : 0,066 ; moteurs rapides : 0,041.		
PM	Mesures en laboratoire	0,0067	0,0018	0,0012

[1] 44/12 correspond au ratio de masse molaire CO_2/C.

[2] 64/32 facteur correspond au ratio de masse molaire SO_2/S.

[3] L'Annexe VI de la Convention MARPOL établit des limites sur les émissions de NO_x par kWh en fonction de l'année de construction du moteur (entre 2000 et 2011 : norme Tier I, après 2011 : norme Tier II) et du type de moteur (lent ou rapide).

Il existe deux approches pour évaluer la quantité de carburant consommée par le transport maritime : l'approche descendante (*top-down*) et l'approche ascendante (*bottom-up*).

L'approche descendante

Le principe de l'approche descendante est de calculer la consommation totale à l'échelle mondiale à partir de données sur les ventes de carburant de soute reportées par chaque pays, d'en déduire les quantités de polluants émis, puis de distribuer spatialement les émissions à l'échelle régionale en fonction des grands axes de circulation maritime. La limite de cette approche provient du manque de fiabilité des statistiques de vente de carburants de soute rassemblées par l'IEA. En effet, seuls les pays de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economiques) ont l'obligation de transmettre leurs données de vente de carburants à l'IEA. Les pays hors OCDE le font seulement à titre volontaire, et ce sans format défini. Les ventes de certains pays hors OCDE comme la Russie sont ainsi manquantes (IEA, 2009). Par ailleurs, les pays ne comptabilisent pas les ventes de carburant de manière identique, ce qui conduit à des disparités dans la qualité et la précision des données.

Les premiers travaux de recherche qui ont tenté d'évaluer la quantité de carburant consommée par le transport maritime ont utilisé l'approche descendante (Corbett et Fischbeck, 1997 ; Corbett et al., 1999 ; Skjølsvik et al., 2000). Néanmoins, étant donné le manque de fiabilité des données de ventes de carburants de soute, une autre méthodologie a par la suite été développée reposant sur l'approche dite ascendante.

L'approche ascendante

Cette approche consiste à modéliser l'activité des navires afin d'estimer leur consommation de carburant, puis d'en déduire la consommation totale de la flotte mondiale. Le degré de précision de cette méthodologie repose sur la qualité des données disponibles et des hypothèses retenues pour la modélisation de l'activité. Les données nécessaires pour cette méthode sont les suivantes :

- les caractéristiques des navires (catégorie, puissance des moteurs principaux et auxiliaires, etc.). La base de données utilisée est celle de Lloyd's register-Fairplay qui recense la totalité des navires de plus de 100 tjb[23] et leurs caractéristiques.

[23] Tjb (tonneaux de jauge brut) est une mesure de la capacité de transport d'un navire en volume (1 tjb = 2,832 m^3).

- l'activité des navires (leur itinéraire, le temps passé en mer et au port, la vitesse). Plusieurs bases de données peuvent être mobilisées pour reconstituer l'activité, comme AMVERS, ICOADS et AIS (cf. encadré 1). Elles fournissent des informations sur la localisation d'un navire à un certain instant. Ces bases de données sont néanmoins partielles car elles ne couvrent pas la totalité de la flotte, ni l'ensemble de l'itinéraire d'un navire. Par conséquent, des extrapolations doivent être faites pour les données manquantes, ce qui limite la précision de cette approche et explique les différences que l'on peut observer entre les résultats des différentes études mobilisant cette méthodologie (Miola et Ciuffo, 2011).

Encadré 1 - Les sources de données pour la modélisation de l'activité maritime

Il n'existe pas de système dédié spécifiquement au suivi de l'activité maritime. Par conséquent, les données existantes sur l'activité maritime sont issues de systèmes de collecte de données de sécurité, de sûreté, de météorologie, etc., qui fournissent des informations sur la localisation et l'identité des navires à certains instants. Ces systèmes sont :

- AMVERS (Automated Mutual-Assistance Vessel Rescue System), un système de suivi des navires pour faciliter les opérations de secours en cas d'avarie. La participation est volontaire et limitée aux navires de plus de 1 000 tjb.
- ICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) est une base de données de météorologie océanique. Les données météorologiques sont collectées par des bouées et des navires volontaires qui reportent aussi leur position par satellite.
- AIS (Automatic Identification System). Depuis 2004, tous les navires de plus de 300 tjb et les navires à passagers doivent être équipés de ce système à bord (Convention SOLAS). AIS transmet automatiquement des informations sur l'identité du navire, sa position et sa vitesse aux navires situés à proximité, afin d'éviter les collisions. Le signal émis n'est pas crypté et il est capté par un réseau de récepteurs à terre dans un rayon de quelques kilomètres lorsque le navire est à proximité des côtes. Depuis récemment, les informations AIS envoyées par les navires sont recueillies par satellite, ce qui permet d'obtenir un nombre considérable de données de localisation par rapport à un recueil des données AIS uniquement terrestre.
- LRIT (Long Range Identification and Tracking). Depuis 2009, tous les navires marchands et passagers de plus de 300 tjb doivent être équipés d'un système LRIT programmé pour transmettre l'identité du navire et sa position quatre fois par jour à son Etat du pavillon (Convention SOLAS). Ces informations sont protégées : l'Etat du pavillon n'est pas contraint de les partager sauf avec les Etats côtiers qui ont accès aux données LRIT des navires naviguant dans une zone allant jusqu'à 1 000 milles de leurs côtes, quel que soit leur pavillon. Les données LRIT sont très intéressantes pour la modélisation de l'activité maritime mais l'accès protégé à ces données ne les rend pour l'instant pas disponibles pour la recherche.

En 2009, une équipe internationale d'experts a été réunie par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) pour réaliser une « estimation consensuelle » des émissions du transport maritime, à partir des données AIS des récepteurs terrestres. D'après cette étude, le transport

maritime (international et domestique[24]) a consommé 333 millions de tonnes de carburant (dont 257 tonnes de fuel résiduel et 76 millions de distillat) en 2007, et le transport maritime international a consommé 277 millions de tonnes (dont 213 millions de tonnes de fuel résiduel et 64 millions de distillat), avec une incertitude de ± 20 % (Buhaug et al., 2009). A titre de comparaison, l'incertitude sur l'estimation des émissions des transports intérieurs tout mode en France est de 3 % (CITEPA, 2014).

Des estimations plus précises peuvent aujourd'hui être réalisées à partir de nouvelles données disponibles plus complètes, grâce au relevé satellite des informations AIS (cf. encadré 1). Par ailleurs, la Commission européenne a proposé en 2013 un projet de règlement européen pour établir un système de suivi, notification et vérification (*monitoring, reporting, verification* ou MRV) des émissions de CO_2 des navires faisant escale dans les ports européens à partir de 2018. Des discussions pour établir un système similaire au niveau mondial sont en cours à l'OMI. Selon l'aboutissement de ces négociations, on peut s'attendre à moyen terme à l'arrivée de nouvelles données qui devraient considérablement diminuer l'incertitude sur les émissions du transport maritime.

Le tableau 5 présente les estimations des quantités de polluants émis par le transport maritime en 2007 issues de l'étude de 2009 de l'OMI (Buhaug et al., 2009), ainsi que la contribution du transport maritime international aux émissions mondiales. Celui-ci participe à hauteur de 2,7 % aux émissions mondiales de CO_2, de 15,2 % aux émissions mondiales de NO_x, et de 9,6 % aux émissions mondiales de SO_x.

Tableau 5 - Estimations des quantités de polluants atmosphériques émis par le transport maritime en 2007 et contribution aux émissions mondiales

	Transport maritime domestique et international (millions de tonnes) (Buhaug et al., 2009)	Transport maritime international (millions de tonnes) (Buhaug et al., 2009)	Contribution du transport maritime international aux émissions mondiales[1]
CO_2	1 054	870	2,7 %
NO_x	25	20	15,2 %
SO_x	15	12	9,6 %

[1]Calculée à partir des émissions mondiales de 2007 issues de EDGAR (2011).

[24] Le transport maritime domestique désigne le transport maritime entre les ports d'un même pays, tandis que le transport maritime international concerne le transport maritime entre les ports de différents pays.

2.2.2 Comparaison avec les autres modes de transport

Le transport maritime est le deuxième mode qui consomme le plus d'énergie derrière le transport routier, même si la part de ce dernier dans la consommation totale d'énergie des transports est prépondérante (cf. tableau 6).

Les facteurs d'émission de CO_2 moyens des carburants utilisés par les différents modes de transport étant proches de trois tonnes de CO_2 par tonne de carburant brûlé, leur contribution aux émissions de CO_2 des transports est grosso modo équivalente à leur contribution à la consommation d'énergie des transports. En revanche, le transport maritime émet 9,3 fois plus d'émissions de SO_x que le transport routier, alors qu'il consomme 5,7 fois moins d'énergie. Ce contraste s'explique par la teneur en soufre élevée du carburant utilisé par le transport maritime (entre 0,1 % et 3,5 % de teneur en soufre pour les carburants marins, contre 0,001 % pour les carburants routiers en UE). Le transport maritime est aussi un important contributeur aux émissions de NO_x : 23 Mt de NO_x ont été émises en 2005 par le transport maritime, soit seulement 1,2 fois moins que le transport routier. Cela s'explique par les normes sévères auxquelles est contraint ce dernier (exemple des normes EURO de l'UE).

Tableau 6 - Consommation d'énergie et émissions des différents modes de transport (fret et passagers) en 2005

Mode	Consommation d'énergie (Mtep)	Emissions de CO_2 (Mt)	Emissions de SO_x (Mt)	Emissions de NO_x (Mt)
Routier	1 700[1]	5 600[1]	1,4[3]	27,7[3]
Maritime (international et domestique)	304[2]	955[2]	13[2]	23[2]
Aérien (international et domestique)	240[1]	760[1]	ad	ad
Rail	60[1]	180[1]	ad	ad

ad : absence de données.
Mtep : Millions de tonnes équivalent pétrole.
[1] Source : IEA, 2009.
[2] Source : Buhaug et al., 2009.
[3] Source : EDGAR, 2011.

Notons qu'il s'agit des émissions générées par le transport lui-même (« du réservoir à la roue »). Les émissions provenant de la production et du transport du carburant ne sont pas prises en compte dans ces inventaires (émissions « du puits au réservoir »).

2.2.3 Les dynamiques de croissance des émissions du transport maritime

Dynamiques passées

Le transport maritime est le secteur qui a connu la plus forte croissance moyenne annuelle de ses émissions de CO_2, de SO_x et de NO_x entre 1990 et 2007, comme en témoignent les tableaux 7 et 8. Plusieurs facteurs expliquent cet état de fait. D'une part, l'effet multiplicateur de la croissance économique sur la demande de transport maritime, que nous avons mis en évidence dans la section 1 (§ 1.2.2), se traduit par une croissance des transports maritimes plus forte que la croissance de la plupart des autres secteurs. D'autre part, le transport maritime a longtemps échappé à des mesures contraignantes de réduction de ses émissions, tandis qu'un certain nombre de réglementations visant à réduire les émissions des autres secteurs ont été élaborées, en particulier dans les pays développés. Ces derniers sont parvenus à stabiliser leurs émissions de CO_2 et à diminuer leurs émissions de SO_x et de NO_x par rapport à leurs niveaux de 1990 (cf. tableaux 7 et 8).

Tableau 7 - Croissance annuelle moyenne des émissions de CO_2 de différents secteurs et par groupe de pays entre 1990 et 2007

		CO_2
Secteur (tout pays)	Services	-1,1 %
	Résidentiel	0,0 %
	Agriculture	0,4 %
	Industrie	1,1 %
	Transport aérien international	1,9 %
	Transport routier	2,3 %
	Production d'énergie	2,8 %
	Transport maritime international	**3,7 %**
Groupe de pays (tout secteur)	Pays de l'Annexe 1[1]	0 %
	Pays hors Annexe 1[1]	4,6 %
Total		1,9 %

Calculé à partir de IEA (2009b) et Buhaug et al. (2009).

[1] Groupe de pays inclus dans l'Annexe 1 de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques comprenant les pays industrialisés.

Tableau 8 - Croissance annuelle moyenne des émissions de SO_x et de NO_x de différents secteurs et par groupe de pays entre 1990 et 2007

		SO_x	NO_x
Secteur (tout pays)	Transport routier	-4,0 %	-0,3 %
	Résidentiel	-3,6 %	0,0 %
	Industrie	-0,6 %	1,0 %
	Production d'énergie	-0,7 %	2,0 %
	Agriculture	1,0 %	1,8 %
	Transport maritime international	**3,7 %**	**3,1 %**
Groupe de pays (tout secteur)	Etats-Unis/Europe	-5,0 %	-1,1 %
	Chine/Inde	4,1 %	4,2 %
Total		-0,6 %	1,0 %

Calculé à partir de EDGAR (2011) et Buhaug et al. (2009).

Dynamiques futures

Les émissions futures « sont le produit de systèmes dynamiques très complexes déterminés par des forces motrices telles que la croissance démographique, le développement socio-économique et l'évolution technologique. Leur évolution future est hautement incertaine. Les scénarios sont des images diverses du déroulement possible du futur et ils constituent un outil approprié pour analyser comment des forces motrices peuvent influer sur les émissions futures » (GIEC, 2000).

Smith et al. (2014) se sont prêtés à l'exercice de projection des émissions de CO_2 du transport maritime à l'horizon 2050. Ils ont élaboré des scénarios combinant des hypothèses sur la croissance économique, l'évolution de la flotte (taille des navires, vitesse, amélioration de l'efficacité énergétique) et la diffusion du GNL comme carburant marin. Ces projections prennent en compte les effets des politiques de réduction adoptées à l'heure actuelle. En fonction des scénarios, les émissions de CO_2 augmentent entre 50 % et 250 % d'ici à 2050 sous l'effet de l'augmentation de la demande de transport maritime et malgré les gains d'efficacité énergétique.

2.2.4 Effets des émissions du transport maritime sur le climat, la santé, et l'environnement : des dynamiques spatio-temporelles différentes

Les inventaires d'émissions sont utiles pour fournir une estimation de la contribution des émissions d'un secteur à une pollution et avoir une idée de leur progression. Néanmoins, ne tenir compte que de la quantité émise pour chaque polluant peut conduire à une analyse erronée (Colvile et al., 2001). Il est important en effet de prendre aussi en compte le niveau d'impact du polluant en question : certains polluants n'auront pas le même impact selon qu'ils soient émis

dans le port de Rotterdam ou en plein milieu de l'océan Atlantique par exemple. Pour d'autres polluants en revanche, l'impact sera indépendant du lieu d'émission. Les phénomènes relatifs à la pollution atmosphérique se déclinent également en échelles de temps, la durée de séjour des polluants dans l'air étant très variable. Il convient également de prendre en compte les réactions chimiques qui peuvent altérer la nature du polluant une fois émis dans l'atmosphère et les interactions possibles avec d'autres composés. On distingue ainsi les polluants primaires, qui regroupent les polluants émis directement par la source, et les polluants secondaires, qui sont formés à partir de réactions chimiques sur les polluants primaires dans l'atmosphère.

Les polluants mentionnés précédemment (CO_2, SO_x qui regroupent le SO_2 et SO_3, les NO_x qui regroupent NO et NO_2, et les PM constituées de suies, de cendres, de SO_4 et de composés organiques) constituent les polluants primaires issus des gaz d'échappement des navires.

Les polluants secondaires du transport maritime se composent : des sulfates secondaires (SO_4) formés par l'oxydation dans l'atmosphère des SO_2 et SO_3 primaires, et qui par recombinaison avec la vapeur d'eau, se transforment en l'acide sulfurique (H_2SO_4) ; de l'acide nitrique (HNO_3), issu de la transformation des NO et NO_2 primaires ; et de l'ozone troposphérique (O_3), issu de réactions photochimiques sur les NO et NO_2 primaires.

Les effets sur la santé et l'environnement à l'échelle régionale

Les SO_x, les NO_x et les PM provenant des gaz d'échappement des navires participent à une pollution dite régionale, c'est à dire une pollution dont les effets se font sentir sur des distances de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres de la source d'émission. Le temps de séjour de ces polluants est de l'ordre de quelques jours à quelques semaines, ce qui permet à ces composés de se déplacer sur de longues portées. D'après Eyring et al. (2010), près de 70 % des émissions du transport maritime ont lieu à moins de 400 kilomètres des côtes le long des routes commerciales principales. Le transport maritime contribue ainsi à la pollution de l'air dans les ports et les régions côtières. Par ailleurs, les gaz précurseurs pouvant être transportés sur des centaines de kilomètres, les émissions du transport maritime peuvent aussi contribuer à la détérioration de la qualité de l'air à l'intérieur des terres (Eyring et al., 2010).

Les émissions primaires de NO_2 et de PM, et les émissions secondaires de SO_4 et d'ozone troposphérique ont des impacts sur la santé humaine : elles favorisent l'apparition de maladies cardio-pulmonaires, de cancers du poumon et de maladies respiratoires. Corbett et al., (2007) ont estimé que les émissions primaires et secondaires de PM générées par le transport maritime

seraient à l'origine de près de 60 000 décès prématurés par an dans le monde de maladies pulmonaires et de cancers du poumon.

En plus de leurs effets sur la santé, les émissions du transport maritime ont des impacts sur l'environnement. L'acide sulfurique et l'acide nitrique entraînent une acidification des sols et des cours d'eau. Le phénomène d'acidification modifie les équilibres chimiques et biologiques et affecte gravement les écosystèmes. En outre, les composés azotés participent à l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques. L'eutrophisation est une dégradation d'un écosystème par l'apport excessif de substances nutritives (azote et phosphore) favorisant la prolifération d'algues. Les émissions du transport maritime contribuent fortement à l'acidification et à l'eutrophisation en Europe (EEA, 2013).

L'impact sur le climat à l'échelle régionale et à l'échelle mondiale

Les émissions de CO_2, de NO_x, et de SO_4 primaires et secondaires ont un impact sur le climat car elles influencent le forçage radiatif du système climatique (cf. encadré 2).

Encadré 2 - Le forçage radiatif

La Terre reçoit l'énergie du Soleil sous forme de rayonnement ultra-violet, et réémet une partie de cette énergie vers l'espace sous forme d'infrarouge. Cet échange radiatif maintient l'équilibre énergétique de la planète. Le forçage radiatif, exprimé en watts par mètre carré, est une mesure de l'impact sur le climat de facteurs qui affectent les propriétés de transfert radiatif de l'atmosphère. Pour le bilan radiatif de la Terre :
- le forçage radiatif est positif lorsque de l'énergie émise par la Terre sous forme d'infrarouge, au lieu d'être renvoyée vers l'espace, est interceptée pour être renvoyée vers les couches basses de l'atmosphère. Un forçage positif signifie une contribution positive au climat (un effet chauffant).
- le forçage radiatif est négatif lorsque de l'énergie envoyée par le Soleil sous forme d'ultra-violet est renvoyée vers l'espace avant d'avoir réchauffé les couches basses de l'atmosphère. Un forçage négatif signifie une contribution négative au climat (un effet refroidissant).

Les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère exercent un forçage radiatif positif. Ils augmentent la température au sol en empêchant les infrarouges de rayonner vers l'espace et en les renvoyant vers la Terre. L'effet de serre est un phénomène naturel qui contribue à la régulation de la température terrestre. Cependant, l'activité humaine modifie sensiblement les concentrations des gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère. Certains composés, comme les aérosols, exercent en revanche un forçage radiatif négatif par des processus multiples. Le concept de forçage radiatif permet de quantifier de manière simple l'impact de très nombreux facteurs sur le système climatique. Chaque gaz émis peut avoir un effet refroidissant ou chauffant. La force et le sens de cet effet dépendent de la nature du gaz mais aussi des interactions avec d'autres composants de l'atmosphère. Il s'agit néanmoins d'une mesure à un instant donné qui ne prend pas en compte l'effet sur le long terme des émissions. Pour évaluer l'impact dans le temps d'un

gaz ou d'un aérosol, il faut tenir compte de sa durée de vie dans l'atmosphère, qui traduit sa capacité à s'accumuler au fil du temps.

L'effet des émissions du transport maritime sur le climat est complexe, et n'a pas fait l'objet d'autant d'attention que l'impact climatique de l'aviation qui dispose d'un groupe de travail technique dédié au GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Les études existantes à ce sujet révèlent que les impacts des émissions du transport maritime sur le climat sont antagonistes (Capaldo et al., 1999 ; Endresen et al., 2003 ; Eyring et al., 2007 ; Lee et al., 2007 ; Lauer et al., 2007 ; Fuglestvedt et al., 2008 ; Eyring et al., 2010 ; Lund et al., 2012) :

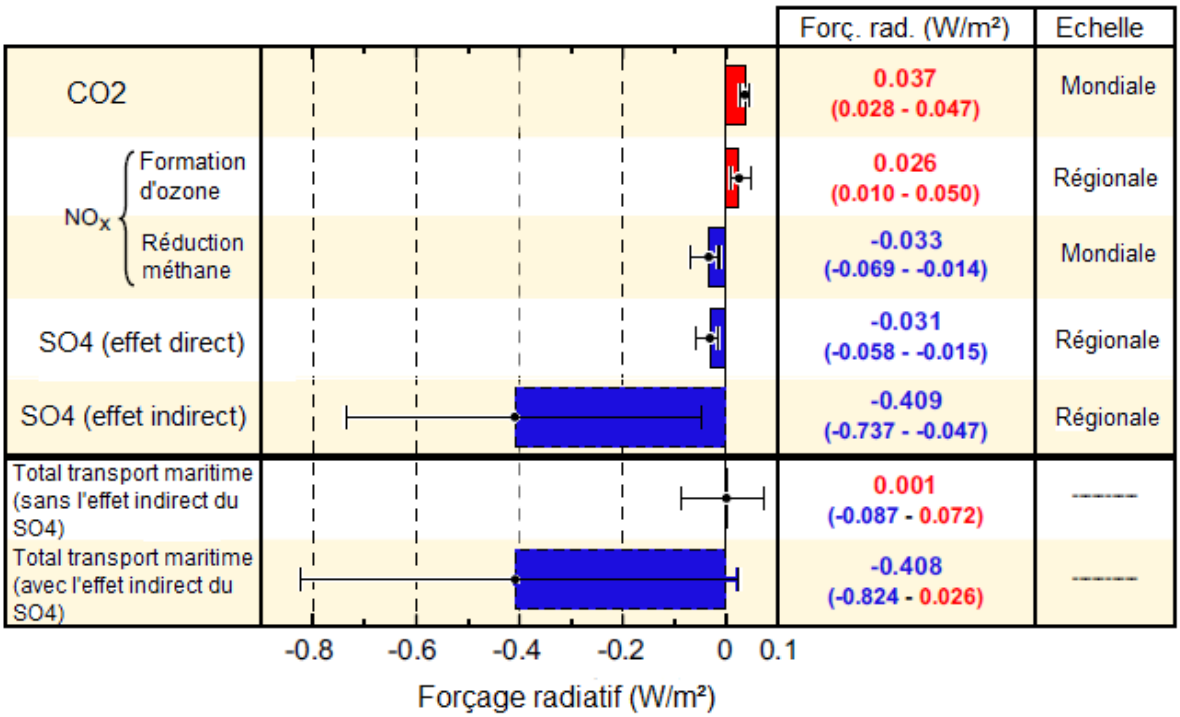
- d'une part, les sulfates (SO_4) primaires et secondaires sont des aérosols qui réfléchissent le rayonnement solaire qu'ils reçoivent. Ces radiations solaires ne réchauffent donc pas l'atmosphère et n'atteignent pas la surface terrestre, ce qui a un effet refroidissant direct (un forçage radiatif négatif). De surcroît, les SO_4 émis par les navires exercent un forçage radiatif indirect car ils modifient les propriétés microphysiques des nuages de basse altitude. Les nuages deviennent plus réfléchissants et renvoient plus de radiations solaires vers l'espace, ce qui a un effet refroidissant indirect (Eyring et al., 2010). Le fait que les émissions de SO_4 du transport maritime soient émises en milieu océanique est d'importance car ces milieux sont favorables à la formation de nuages de basse altitude ;

- d'autre part, le CO_2 est un gaz à effet de serre, qui a donc un effet chauffant. En outre, les émissions de NO_x ont de manière indirecte à la fois un effet chauffant et un effet refroidissant : le NO_x est un gaz précurseur de l'ozone troposphérique qui est un gaz à effet de serre, mais il réduit la durée de vie dans l'atmosphère d'un autre gaz à effet de serre, le méthane (CH_4). Enfin, le noir de carbone, particules de suie émis par les moteurs, diminue le pouvoir réflectif de la neige en s'y déposant, ce qui a un effet chauffant local pouvant accélérer la fonte des neiges de l'Arctique (Flanner et al., 2007). L'effet sur le climat du noir de carbone issu du transport maritime reste peu connu (Wang et Minjares, 2013).

L'impact cumulé de ces différents effets sur le climat est difficile à comprendre et reste soumis à de fortes incertitudes. L'interaction entre forçage radiatif positif et forçage radiatif négatif demeure mal comprise par les sciences climatiques (Eyring et al., 2010). Malgré les divergences sur les valeurs des forçages radiatifs positifs et négatifs rapportées dans les différents travaux, toutes les études indiquent que l'effet refroidissant causé par les aérosols et la réduction de la durée de vie du méthane l'emportent sur l'effet chauffant des gaz à effet de serre, ce qui résulte en un forçage radiatif net négatif des émissions actuelles du transport maritime (Capaldo et

al., 1999 ; Endresen et al., 2003 ; Eyring et al., 2007 ; Lee et al., 2007 ; Lauer et al., 2007 ; Fuglestvedt et al., 2008 ; Eyring et al., 2010 ; Lund et al., 2012).

Figure 9 - Bilan du forçage radiatif des différentes émissions du transport maritime en 2005



Adapté de Eyring et al. (2010).

La figure 9, adaptée de Eyring et al. (2010), présente le forçage radiatif exercé par les différentes émissions du transport maritime pour l'année 2005 et le forçage radiatif net de l'ensemble des émissions (sans et avec l'effet indirect du SO_4). Les traits horizontaux représentent les marges d'incertitude des valeurs. L'incertitude est notamment particulièrement forte concernant l'effet indirect du SO_4 sur le forçage radiatif. Contrairement aux autres modes de transport qui ont un effet chauffant sur le climat (Fuglestvedt et al., 2008), le transport maritime est à l'origine d'un forçage radiatif net négatif, principalement à cause de l'effet indirect des sulfates, les forçages radiatifs positifs exercés par le CO_2 et l'O_3 étant quasiment annulés par le forçage radiatif négatif exercé par la réduction de la durée de vie du méthane et l'effet direct du SO_4. Un forçage radiatif net négatif ne signifie néanmoins pas que les émissions du transport maritime atténuent le phénomène des changements climatiques ou que l'effet du CO_2 soit annulé. En effet, le sulfate a un temps de résidence court dans l'atmosphère, de l'ordre de quelques jours. Par conséquent, le forçage radiatif négatif qu'il engendre n'a qu'un effet régional et à court terme

sur le climat. En revanche, le CO_2 a une très longue durée de vie dans l'atmosphère (approximativement 100 ans), et par conséquent s'accumule dans l'atmosphère au fil du temps. Il conserve un effet chauffant longtemps après avoir été émis et indépendamment du lieu d'émission. En ce sens, le CO_2 est une « externalité de stock », c'est-à-dire que l'impact sur le climat dépend davantage de l'accumulation passée et future des GES dans l'atmosphère que de leur flux courant d'émission (Nordhaus, 1999). Ainsi à plus long terme, lorsque les effets durables du CO_2 dépasseront les effets de refroidissement à court terme, les émissions imputables aux transports maritimes entraîneront un réchauffement (Fuglestvedt et al., 2008). Par ailleurs, il faut garder à l'esprit que les changements climatiques ne se résument pas seulement à un impact sur la température. L'altération de la composition de l'atmosphère impacte aussi la pluviométrie, le cycle de l'eau, le niveau de la mer, la distribution des températures et des précipitations autour des moyennes avec une fréquence plus ou moins élevée d'épisodes extrêmes (sécheresses, ouragans, inondations, etc.), et les interactions avec des fonctionnements écologiques (en particulier ceux qui sont impliqués dans la production alimentaire).

Les émissions du transport maritimes ont donc des effets complexes, de natures différentes et obéissant à des logiques spatio-temporelles variées. Le tableau 9 propose un récapitulatif de ces différents impacts.

Tableau 9 - Effets, durée de vie, et échelle d'impact des émissions atmosphériques primaires et secondaires du transport maritime

Polluant primaire	**Effets du polluant primaire**	**Durée de vie**	**Echelle**	**Précurseur de :**	**Effets du polluant secondaire**	**Durée de vie**	**Echelle**
CO_2	Climat (GES)	longue	mondiale	-	-	-	-
SO_2, SO_3	-	courte	régionale	H_2SO_4	Environnement (acidification)	courte	régionale
				SO_4	- Santé (en tant que PM) - Climat (effet direct refroidissant en tant qu'aérosol et effet indirect refroidissant par modification des propriétés microphysiques des nuages)	courte	régionale
SO_4	- Santé (en tant que PM) - Climat (effet direct refroidissant en tant qu'aérosol et effet indirect refroidissant par modification des propriétés microphysiques des nuages)	courte	régionale	H_2SO_4	Environnement (acidification)	courte	régionale
PM (autres que SO_4)	Santé	courte	régionale	-	-	-	-
NO, NO_2	- Santé - Climat (effet refroidissant indirect par réduction de la durée de vie du CH_4)	courte	régionale	HNO_3	Environnement (acidification, eutrophisation)	courte	régionale
				O_3 troposphérique	- Climat (GES) - Santé	courte	régionale

- : pas d'effet particulier ou de transformation en polluant secondaire.

3. Les émissions du transport maritime : la combinaison particulière d'une source et d'une externalité négative

Cette dernière section vise à montrer d'une part ce qui fait la particularité du transport maritime comme source d'émissions, et d'autre part ce qui fait la particularité des émissions comme externalité du transport maritime. Cette dialectique symétrique nous permet de caractériser le problème des émissions du transport maritime comme l'association singulière d'un secteur et d'une externalité.

3.1 Le transport maritime : un secteur international qui nécessite un traitement sectoriel de ses émissions

Le transport maritime constitue un secteur d'activité international ce qui le distingue comme source d'émissions des autres secteurs (à l'exception du transport aérien international), pour lesquels les émissions se rattachent de manière explicite au territoire d'un Etat.

3.1.1 Une internationalité aux multiples formes

Un grand nombre d'éléments participent à l'internationalité du transport maritime. En premier lieu, le transport maritime achemine les flux du commerce international qui se déploient à l'échelle mondiale. Les navires sont des actifs mobiles qui se déplacent dans les eaux internationales, par définition aterritoriales, et dans les eaux territoriales de divers pays, et qui transportent des marchandises aux origines et destinations variées. En deuxième lieu, l'organisation du transport maritime est mondialisée, dans la mesure où elle fait intervenir un grand nombre d'acteurs spécialisés aux nationalités différentes, que ce soit dans la construction navale, le financement des navires, les assurances, la gestion des équipages, la gestion technique du navire, la gestion administrative, etc. En outre, la possibilité d'enregistrer un navire sous un pavillon dit de libre immatriculation implique l'absence de lien étroit entre l'Etat du pavillon et le navire, ou encore entre l'Etat du pavillon et les territoires entre lesquels le navire opère. Le pavillon représente le rattachement juridique d'un navire à un Etat souverain et donc sa soumission au droit. Le concept de pavillon de libre immatriculation offre la liberté à l'armateur du choix de l'Etat du pavillon et donc du rattachement au droit de son navire à des conditions favorables. En 2013, 73 % de la flotte mondiale est immatriculée sous un pavillon de libre

immatriculation (UNCTAD, 2013). Le tableau 10 témoigne de la distinction entre les grandes nations maritimes qui possèdent ou contrôlent une part importante de la flotte et les principaux pavillons d'immatriculation. Le choix d'immatriculer un navire sous un pavillon différent du pays d'origine de l'armateur est guidé principalement par des raisons économiques concernant la fiscalité, la possibilité de recourir à un équipage étranger, les conditions de travail des marins, leur formation et l'application des conventions internationales. La libre immatriculation est un phénomène hétérogène qui recouvre des réalités sensiblement différentes. Elle n'est pas nécessairement synonyme de navire sous-normes.

Tableau 10 - Grandes nations maritimes et principaux pavillons en 2013

Pays de possession de la flotte	Pourcentage de la flotte mondiale en tonnage	Pavillons d'immatriculation	Pourcentage de la flotte mondiale en tonnage
Grèce	15,2 %	Panama	21,5 %
Japon	13,9 %	Libéria	12,2 %
Chine	11,8 %	Iles Marshall	8,6 %
Allemagne	7,8 %	Hong Kong	8,0 %
Corée	7,6 %	Singapour	5,5 %
Singapour	4,0 %	Grèce	4,6 %
Etats-Unis	3,6 %	Bahamas	4,5 %
Royaume-Uni	3,1 %	Malte	4,2 %
Norvège	2,9 %	Chine	4,2 %
Taiwan	2,7 %	Chypre	2,0 %

Source : UNCTAD, 2013.

Par ailleurs, le transport maritime dispose d'une organisation internationale dédiée : l'Organisation Maritime Internationale (OMI). L'internationalisation de la réglementation du transport maritime s'est opérée tout au long du XXème siècle. Elle est née de la recherche d'une certaine uniformisation des règles, et ce pour plusieurs raisons, comme l'explique Boisson (1998). Il s'agissait d'une part d'établir les conditions de la navigation maritime en haute mer en matière de signalisation et de circulation des navires où l'Etat n'avait pas de compétence normative pour le faire. D'autre part, des catastrophes maritimes ont fait prendre conscience aux législateurs nationaux que la compétition commerciale s'exerçait souvent au détriment des conditions d'exploitation des flottes et donc de la sécurité. Il est apparu nécessaire pour les Etats de s'entendre sur l'établissement de règles communes minimales pour garantir un niveau acceptable de sécurité et empêcher que des Etats ne s'octroient des positions privilégiées dans la compétition internationale grâce à une législation volontairement laxiste (Boisson, 1998). La structure actuelle de la gouvernance internationale du transport maritime est le fruit de nombreuses évolutions. Dans la première moitié du XXème siècle, les navires étaient en grande majorité immatriculés sous leur pavillon national et relevaient de leur juridiction. Les grandes nations maritimes étaient les pays

européens et les Etats-Unis. Des conférences diplomatiques et des conventions multilatérales entre ces pays ont constitué le premier effort d'internationalisation du droit maritime (exemple de la Convention SOLAS sur la sauvegarde de la vie humaine en mer adoptée en 1914 à la suite du naufrage du Titanic). Des organisations internationales ont par la suite aussi contribué à la constitution de règles internationales : l'Organisation Internationale du Travail (OIT) adopta en 1920 une convention sur l'âge minimum à bord des navires, et l'Organisation des Communications et du Transit établit en 1923 le régime des ports maritimes. La coopération interétatique en matière maritime demeurait éparpillée entre les différentes conventions multilatérales et quelques organisations internationales et consistait souvent en une harmonisation au niveau mondial de règles établies par les grandes nations maritimes (Boisson, 1998). La nécessité d'établir une organisation internationale permanente dédiée exclusivement aux questions maritimes est apparue au lendemain de la Seconde Guerre mondiale à l'occasion de l'établissement du système des Nations Unies. Il s'agissait de centraliser, mieux coordonner et renforcer la coopération internationale dans ce domaine, face à la persistance des accidents maritimes et au besoin de nouvelles normes prenant en compte le développement des technologies et l'évolution de la flotte (Boisson, 1998). En 1948, une conférence maritime des Nations Unies aboutit à l'adoption de la Convention créant l'Organisation Maritime Consultative Intergouvernementale (OMCI) qui entra en vigueur en 1958. Cette institution fut renommée Organisation Maritime Internationale (OMI) en 1982. L'OMI institue un système de collaboration entre les Etats pour encourager l'adoption de normes internationales dans les domaines de la sécurité maritime, de l'efficacité de la navigation et de l'environnement. L'application des normes adoptées dans ce cadre international reste du ressort des Etats.

Le transport maritime constitue donc un secteur véritablement international, de par son échelle de déploiement ; son organisation mondialisée ; la désolidarisation du lien entre l'Etat, le navire et l'armateur induite par la libre immatriculation ; et l'existence d'une structure de coopération internationale pour l'élaboration de normes universelles en matière de transport maritime.

3.1.2 L'exclusion des émissions du transport maritime des conventions internationales dédiées aux émissions atmosphériques

Par sa nature internationale, il est difficile de rattacher sans équivoque le transport maritime à un Etat donné. Cela a une conséquence importante pour la prise en compte des émissions de ce secteur. Le transport maritime international s'est en effet trouvé exclu du champ d'application des

conventions internationales dédiées à la réduction des émissions de polluants de l'air et de gaz à effet de serre qui fixent aux Etats Parties des objectifs nationaux de réduction de leurs émissions.

La Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance

Bien que les effets des émissions de SO_x, de NO_x et de PM se ressentent à une échelle spatiale d'envergure limitée, ces émissions peuvent constituer une pollution atmosphérique transfrontalière, définie comme une pollution *« dont la source physique est comprise totalement ou en partie dans une zone soumise à la juridiction nationale d'un État et qui exerce des effets dommageables dans une zone soumise à la juridiction d'un autre État à une distance telle qu'il n'est généralement pas possible de distinguer les apports des sources individuelles ou groupes de sources d'émission »* (article 1b de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance).

Le développement de la coopération internationale sur la pollution atmosphérique transfrontalière de longue distance fait suite à des recherches scientifiques sur l'acidification des lacs en Suède et en Norvège dans les années 1960. Il fut démontré que l'acidification des lacs scandinaves était provoquée par les émissions de SO_2 des industries du Royaume-Uni et d'Europe centrale, transportées sur des centaines de kilomètres avant leur retombée dans les pays scandinaves. Ces résultats furent présentés à la première conférence environnementale des Nations Unies à Stockholm en 1972. En l'absence de soutien des pays européens et des pays en développement, la conférence ne déboucha sur aucune action concernant la pollution atmosphérique transfrontalière, mais elle lança la coopération internationale sur le sujet en reconnaissant le besoin de transparence, de communication et de coopération entre les Etats. De nouvelles études menées en URSS puis en Europe confirmèrent les hypothèses d'un transport à longue distance des polluants et montrèrent que la qualité de l'air de ces pays était dégradée par les émissions transfrontalières d'autres pays (Svensson, 2011). La résolution du problème passait nécessairement par la mise en place d'une coopération internationale entre les pays touchés. Cela ouvrit la voie à l'adoption de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance (CPATLD), sous l'égide de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-ONU) en 1979. Cette convention rassemble aujourd'hui 46 Etats d'Europe, d'Asie centrale et d'Amérique du Nord. Elle a constitué le premier instrument international visant à réduire la pollution atmosphérique sur une base régionale. La convention ne fixe pas d'engagements de réduction mais a constitué un cadre pour l'adoption de huit protocoles fixant de tels engagements en vue de réduire les émissions de SO_2, de NO_x, de PM, de composés organiques volatils non méthanique (COVNM) et d'ammoniac (NH_3). Ces protocoles assignent à

chaque Etat signataire des plafonds nationaux d'émission. Les objectifs nationaux de réduction s'appliquent aux émissions ayant leur source localisée sur le territoire des Etats signataires, et n'incluent pas le trafic aérien au-dessus de 1000 mètres ni le transport maritime international.

Le régime international du climat

Le phénomène des changements climatiques se caractérise par son caractère mondial (l'impact des émissions de GES sur le climat est indépendant de leur lieu d'émission et tous les pays seront affectés à terme par ses effets) ; la dimension temporelle de long terme des phénomènes en jeu (qui implique un intervalle de temps très long entre le moment où une action est engagée et son coût supporté, et le moment où elle prend réellement effet, donnant au problème un enjeu intergénérationnel) ; l'étendue de l'incertitude (qui porte à la fois sur les connaissances scientifiques en matière climatique et sur l'évolution des modes de développement technologique et économique dont dépendent les trajectoires d'émission de GES) ; et l'incrimination de presque toutes les activités humaines (qui donne au problème une dimension véritablement transversale) (Godard, 1998).

La coopération internationale est apparue nécessaire pour coordonner l'action et déterminer des objectifs de réduction des gaz à effet de serre. Néanmoins, les gouvernements nationaux constituent l'unique entité ayant le pouvoir et l'autorité législative et institutionnelle sur leurs territoires respectifs. Si les engagements sont pris à l'échelle internationale, les politiques climatiques restent la prérogative de l'Etat souverain (Stavins, 2011). Le régime international du climat s'est constitué par l'adoption de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en 1992. Ouverte à la signature lors du Sommet de Rio, cette convention est entrée en vigueur en 1994. Elle contient des obligations générales, comme la réalisation annuelle d'inventaires nationaux des émissions de GES par les pays développés, et a été complétée par un autre instrument, le Protocole de Kyoto, venant préciser les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le Protocole de Kyoto a été adopté en 1997 et est entré en vigueur en 2005. Il fixe des objectifs nationaux de réduction des gaz à effet de serre pour les Etats de l'annexe I[25] jusqu'en 2012.

Durant les négociations qui ont précédé le Protocole de Kyoto, la prise en compte des émissions de GES des transports maritimes et aériens internationaux a fait l'objet de discussions prolongées entre les Parties. L'enjeu principal de ces discussions portait sur la manière d'allouer

[25] Les Etats de l'annexe I de la CCNUCC sont des pays développés ou avec une économie en cours de transition auxquels le Protocole de Kyoto assigne des objectifs contraignants de réduction de leurs émissions de GES.

ces émissions aux inventaires nationaux d'émissions (Oberthür, 2003). Plusieurs options ont été envisagées : une allocation des émissions à l'Etat où le carburant de soute est vendu ; une allocation à l'Etat du propriétaire du navire/de l'aéronef ; une allocation à l'Etat d'immatriculation du navire/de l'aéronef ; une allocation au pays de départ ou d'arrivée du navire/de l'aéronef ; une allocation au pays de départ ou d'arrivée de la marchandise/des passagers ; ou encore une allocation des émissions du transport maritime/aérien international proportionnellement aux émissions nationales. Ces options conduisent à des répartitions des émissions du transport maritime international entre les pays sensiblement différentes (Heitmann et Khalilian, 2011), et aucune d'entre elles ne s'est révélée satisfaisante en matière d'équité, de faisabilité et d'acceptabilité politique (Bode et al., 2001). Cette impasse a conduit à l'exclusion des transports maritime et aérien internationaux des inventaires nationaux d'émissions de GES et à l'absence de définition d'objectifs de réduction des émissions de ces secteurs dans le cadre du Protocole de Kyoto. Néanmoins, l'Article 2.2 du Protocole de Kyoto stipule que : *« les Parties visées à l'annexe I cherchent à limiter ou réduire les émissions de gaz à effet de serre […] provenant des combustibles de soute utilisés dans les transports aériens et maritimes, en passant par l'intermédiaire de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et de l'Organisation maritime internationale, respectivement »*.

3.1.3 Une exclusion qui implique un traitement sectoriel des émissions du transport maritime

Les émissions du transport maritime international se sont ainsi trouvées exclues des conventions internationales dédiées aux émissions de gaz à effet de serre et aux polluants de l'air, car celles-ci fonctionnent selon des logiques nationales : les Etats constituent l'entité de base de réduction des émissions et les engagements portent sur l'ensemble de leur économie. Ces logiques ne sont pas adaptées aux émissions du transport maritime international pour plusieurs raisons. D'une part, la détermination d'un lien de rattachement entre les émissions des transports maritimes internationaux et les différents Etats s'avère complexe et controversée. Par ailleurs, en supposant que l'on puisse établir une méthode de répartition des émissions du transport maritime international entre les pays, la question qui se pose alors est celle de la capacité à agir au niveau national sur ces émissions. Etant donné l'internationalité de ce secteur, un Etat ne peut agir que sur un nombre restreint d'aspects du transport maritime (Gilbert et Bows, 2012). Cette difficulté est exacerbée par le risque de voir les compagnies maritimes développer des stratégies de contournement en profitant des différences entre les réglementations nationales (par exemple en changeant de pavillon si l'Etat du pavillon est choisi comme base d'allocation des émissions). En

outre, une approche nationale pourrait aboutir à des exigences contradictoires entre les différents Etats, qui entraveraient la capacité des armateurs opérant sur le marché international à y répondre.

Le transport maritime international se distingue des autres secteurs émetteurs (transport routier, industrie, agriculture, etc.) dont les sources d'émission sont clairement localisées sur le territoire des Etats Parties aux conventions internationales. Dès lors, la prise en compte des émissions du transport maritime international nécessite un traitement sectoriel : ce secteur doit faire l'objet de mesures spécifiques de réduction de ses émissions (Burkel, 2012). L'OMI se trouve naturellement désignée comme le cadre institutionnel pour élaborer une telle démarche. L'enjeu est de dépasser l'approche dominante de la coopération internationale en matière d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants de l'air qui s'articule autour d'engagements nationaux portant sur l'ensemble des émissions territoriales de chaque Etat signataire.

3.2 La pollution atmosphérique du transport maritime : une externalité négative qui sort des cadres usuels

Les atteintes à l'environnement et à la sécurité constituent les deux externalités négatives principales de l'activité de transport maritime. Les atteintes à l'environnement comprennent les émissions atmosphériques de gaz à effet de serre et de polluants de l'air, la pollution par les hydrocarbures, l'introduction d'espèces invasives par les eaux de ballasts[26], les effets toxiques des peintures antifouling[27] des navires et les déchets des navires rejetés à la mer. Cette sous-section montre que les émissions atmosphériques se différencient des autres externalités du transport maritime, en établissant d'une part que la prise en compte des atteintes à l'environnement nécessite une approche réglementaire différente de celle liée à la sécurité maritime, et d'autre part que la pollution atmosphérique présente un caractère peu visible et quantifiable par rapport aux autres externalités du transport maritime. Enfin, nous montrons que le problème présente les caractéristiques de l'« univers controversé » de Godard (1993), ce qui a des implications fortes sur la prise de décision publique.

[26] Les ballasts sont des réservoirs d'eau servant à équilibrer le navire et permettant de compenser les variations de cargaison. Ils sont remplis d'eau de mer lors des trajets à vide et vidés lorsque le navire est chargé. Ces eaux peuvent contenir des organismes aquatiques qui seront transportés d'un port à l'autre. Ces organismes peuvent être invasifs et perturber l'équilibre des écosystèmes où ils sont introduits.

[27] Les peintures antifouling sont des revêtements contenant des biocides destinés à empêcher la fixation de faune et de flore marines sur la coque du navire. Ces peintures contenaient du tributylétain (TBT), une molécule hautement toxique qui se diffusait dans l'environnement marin et perturbait les mollusques. La Convention internationale sur le contrôle des systèmes antifouling nuisibles des navires a été adoptée en 2001 et interdit les peintures à base de TBT.

3.2.1 L'environnement : une thématique qui requiert une approche réglementaire différente de celle de la sécurité

La sécurité : approche déterministe vs évaluation par les risques

Etant donné le caractère dangereux des activités maritimes, la sécurité a constitué la première préoccupation de la réglementation en matière maritime. Le péril maritime a longtemps été considéré comme une fatalité que l'on acceptait comme naturel et découlant des hasards de la mer. Cette approche fataliste a été petit à petit remise en question avec le développement des premières règles préventives contre le risque de mer au Moyen Age (Boisson, 1998). La réglementation internationale moderne de la sécurité maritime s'est développée au XXème siècle, sous l'égide de l'OMI. La réglementation maritime est traditionnellement déterministe dans son élaboration et prescriptive dans son format (Chantelauve, 2006). L'approche déterministe repose sur la conception que les accidents sont dus à certains facteurs techniques ou humains, et qu'il suffit d'apporter des solutions correctives ciblées pour les éviter, en accord avec le postulat que « tout événement a une cause et que, dans les mêmes conditions, les mêmes causes produisent les mêmes effets » (Boisson, 1998). Cette conception implique que les réglementations se font en réaction aux catastrophes qui sont révélatrices des lacunes et des insuffisances du système de sécurité maritime. Il suffit dès lors de prescrire des normes de construction ou d'exploitation pour y remédier. Ces normes stipulent des exigences techniques et procèdent de principes scientifiques modifiés par l'usage. Elles présentent l'avantage d'être faciles à suivre pour un constructeur ou un opérateur, faciles à vérifier pour un tiers, et relativement faciles à imposer pour le régulateur (Chantelauve, 2006). Cette démarche attentiste a été remise en question dans les années 1990 car elle n'apportait pas de réponses satisfaisantes aux enjeux globaux de la sécurité. De nouvelles approches reposant sur l'évaluation du risque se sont développées, à l'instar de l'expérience menée dans d'autres secteurs (l'industrie chimique et nucléaire notamment). La philosophie de ces approches est d'anticiper les accidents par une analyse du risque, défini comme la probabilité d'occurrence d'un danger associé à des conséquences dommageables. L'Evaluation Formelle de Sécurité (EFS) est une méthodologie dont les directives ont été adoptées en 2001 et qui introduit l'analyse de risque en amont de la réglementation. Elle a notamment connu des applications en matière de sécurité des vraquiers (Chantelauve, 2006).

L'environnement : risque avéré et principe de prévention vs risque suspecté et principe de précaution

Concernant le domaine de l'environnement, le transport maritime peut être à l'origine de deux types de pollution : une pollution accidentelle et une pollution opérationnelle. La pollution accidentelle correspond à un rejet de substances nocives dans l'environnement à l'issue d'un accident (exemple de la pollution par les hydrocarbures à la suite d'un échouement). Ce type de pollution est lié à la sécurité maritime et sa prise en compte passe par son intégration dans les règles de sécurité (exemple des règles sur l'aptitude d'un navire à prévenir les fuites d'hydrocarbure en cas d'accident). Il s'agit de réduire la probabilité d'occurrence de l'accident (soit en réaction aux catastrophes selon l'approche déterministe, soit en les anticipant selon l'approche par l'évaluation du risque), et d'atténuer les dommages associés. La pollution opérationnelle est une pollution permanente ou épisodique, qui provient de l'exploitation normale d'un navire (émissions atmosphériques, déballastage ou dégazage provoquant une pollution opérationnelle par les hydrocarbures, introduction d'espèces invasives par les eaux de ballasts, rejet de déchets du navire). Dès lors, la réglementation s'attache à limiter cette pollution en établissant des normes de rejets, en définissant des zones spécifiques d'interdiction des rejets, etc. Deux approches peuvent être appliquées : soit le risque est avéré et une démarche de prévention s'applique, soit le risque est suspecté c'est-à-dire qu'il existe un doute raisonnable scientifiquement étayé sur la potentialité des dommages environnementaux. Dans ce dernier cas, un principe de précaution[28] peut être appliqué. Le principe de précaution a été introduit dans la réglementation maritime à l'occasion du *Protocole de 1996 à la Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets* (dit *Protocole de 1996*) et représente un changement majeur d'approche dans la réglementation de l'usage de la mer comme dépôt de déchets. Le Protocole de 1996 interdit tout rejet de déchet à la mer, à moins qu'il ne soit prouvé qu'une substance ne soit pas dangereuse. Auparavant, la philosophie était de prouver la dangerosité d'une substance, afin que son rejet soit interdit (Chantelauve, 2006).

Sécurité et environnement : les types de navires vs les types de pollution

Lefebvre-Chalain (2010) note qu'« en matière de sécurité maritime, la typologie des navires constitue […] la base de la réglementation qui intègre leur phase de construction, d'exploitation et de navigation. Dans ce champ précis, le principe de sécurité maritime s'accorde avec les spécificités techniques du navire et de la navigation. En matière d'environnement maritime,

[28] Le principe de précaution a été formulé dans la Déclaration de Rio en 1992 : « En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement ».

l'adoption des instruments internationaux s'appuie sur la différenciation des types de pollution. Le navire est aussi un élément important mais en tant que source de pollution ». Ainsi, la logique d'action sur l'amélioration de la sécurité et la logique d'action sur la protection de l'environnement reposent sur des objets différents : les types de navires dans le cas de la sécurité, les types de pollution dans le cas de l'environnement.

Les approches réglementaires maritimes ayant trait à l'environnement et à la sécurité ont donc des approches et philosophies différentes. De plus, au sein même de chacun de ces domaines, des démarches différentes peuvent être appliquées. Elles sont amenées à évoluer dans le temps. Cela nécessite pour l'OMI une certaine adaptabilité pour passer de l'une à l'autre.

3.2.2 Les émissions des navires : une externalité peu visible et difficile à appréhender

Pour le grand public, le transport maritime est généralement une activité invisible qui se déroule loin de l'écoumène, l'espace océanique constituant « un territoire du vide » (Corbin, 1990, cité par Frémont, 2005). « Les navires y effectuent un passage qui ne laisse aucune trace tant les mers et océans mettent à disposition de la flotte mondiale un immense espace naturel propice à la circulation, à la différence des modes terrestres qui nécessitent une infrastructure lourde qui s'inscrit durablement dans les paysages » (Frémont, 2005). En outre, les ports, qui constituent la partie la plus visible du système maritime, sont de plus en plus éloignés de leur ville centre (Hoyle, 1988).

Si l'activité de transport maritime est peu visible, les catastrophes maritimes entraînant pollutions ou pertes de vie humaine connaissent en revanche un écho retentissant dans les médias et dans l'opinion publique. Les marées noires ou les accidents impliquant la mort de passagers ont une forte charge symbolique. Boisson (1998) souligne qu'à côté des composantes techniques, économiques et juridiques, le contenu de la norme maritime est aussi déterminé par des composantes sociologiques, médiatiques et politiques. Les autorités publiques sont contraintes d'agir rapidement et le train de mesures qui en résulte est tributaire de la dynamique de médiatisation du problème. Les accidents médiatisés agissent comme des chocs, qui écartent de l'attention publique d'autres problèmes rémanents qui évoluent plus lentement (Rigaud, 2014).

A côté de l'aspect médiatique, les externalités liées à l'activité de transport maritime se perçoivent par leur portée tangible et quantifiable. Des indicateurs permettent de rendre compte de leur consistance. Ils permettent également pour les autorités publiques d'évaluer l'écart entre les

résultats obtenus par les mesures mises en œuvre et les résultats visés. Par exemple, la sécurité maritime peut s'appréhender par le nombre de naufrages, par le nombre de décès liés aux accidents de mer, ou encore par le montant des réclamations faites auprès des assurances ; les pollutions accidentelles comme les marées noires s'apprécient par des indicateurs de type volume de polluants déversés ou coût monétaire des dommages causés par les déversements (Rigaud, 2014) ; les pollutions opérationnelles comme l'introduction d'espèces invasives non indigènes par les eaux de ballast des navires peuvent s'évaluer par le nombre d'invasions ou par le coût monétaire des dommages associés à l'introduction de ces espèces[29] ; les problèmes causés par les peintures antifouling à base de tributylétain (TBT) se mesurent à l'aune des concentrations de TBT dans les zones côtières ou par des bioindicateurs spécifiques[30].

Concernant la pollution atmosphérique résultant de l'activité de transport maritime, les indicateurs peuvent être la quantité de polluants émis, le nombre de morts induits par cette pollution, le coût des dommages engendrés par l'acidification, l'eutrophisation ou le changement climatique. Néanmoins, le suivi de ces indicateurs est peu évident. Il ne résulte pas d'une mesure directe mais d'une modélisation (cf. § 2.2.1). Il existe encore aujourd'hui une incertitude sur les estimations des quantités de pollution atmosphérique issues du transport maritime et sur certains de leurs effets, comme le forçage radiatif négatif indirect exercé par les sulfates (cf. § 2.2.4). De surcroît, l'effet des émissions est reporté dans l'espace dans la mesure où les émissions de polluants de l'air sont déplacées sur de longues distances et que l'impact des GES sur le climat est indépendant de leur lieu d'émission. Il existe aussi un décalage entre les émissions actuelles de CO_2 et leur impact sur le changement climatique qui se fera sentir à un horizon temporel lointain. Les effets des émissions atmosphériques des navires présentent donc un caractère diffus et peu manifeste pour les agents économiques qui les subissent.

La pollution atmosphérique diffère donc des autres externalités négatives du transport maritime par le fait qu'elle soit à la fois peu apparente, peu évidente, et difficile à appréhender par des indicateurs. Il s'agit d'un phénomène peu visible dont les effets sont différés dans le temps et dans l'espace. Sa perception est abstraite et son urgence brouillée (Lascoumes, 2012). Ces caractéristiques sont d'importance car les aspects médiatiques et la capacité à mesurer l'ampleur tangible des problèmes sont souvent constitutifs de l'action publique.

[29] A titre d'exemple, le coût occasionné par les espèces invasives amenées par les eaux de ballast dans les Grands Lacs américains a été estimé à 138 millions de dollars chaque année (Rothlisberger et al., 2012).

[30] Comme le notent Huet et al. (2005) : « Parmi les réponses biologiques mesurables, la plus sensible est la masculinisation des femelles de certaines espèces de gastéropodes marins : l'imposex. Ce phénomène est un bioindicateur spécifique, puisque son intensité est proportionnelle à celle de la pollution par le TBT ».

3.2.3 La pollution atmosphérique du transport maritime : une configuration proche de l'« univers controversé »

Selon Godard (1993), les problèmes d'environnement peuvent être appréhendés selon deux modèles en fonction de leurs caractéristiques informationnelles et des intérêts en jeu : l'univers stabilisé et l'univers controversé. En univers stabilisé, les dommages actuels ou potentiels sont réversibles et perçus directement par les individus, seuls les intérêts et préférences de ces derniers sont pris en compte dans les processus de décision, et la connaissance scientifique des problèmes est stabilisée. En univers controversé, la perception du problème par les individus est indirecte, elle est orientée par une construction scientifique ; les phénomènes physiques en cause sont potentiellement irréversibles ; les individus qui ont des intérêts dans la prise de décision n'ont pas tous un accès direct à une procédure d'expression de leurs intérêts (pour des raisons géographiques ou temporelles : générations futures ou autres pays) ; et la connaissance scientifique n'est pas encore stabilisée sur la nature des phénomènes, leurs causes ou leurs conséquences. Entre ces deux configurations, il existe des cas intermédiaires combinant certains éléments stabilisés et d'autres controversés.

A quelle configuration appartient le problème des émissions du transport maritime ? La sous-section précédente (§ 3.2.2) a établi le caractère relativement peu visible et perceptible de cette pollution. En ce sens, les agents ont une perception indirecte de celle-ci. La pollution atmosphérique du transport maritime comporte des incertitudes scientifiques, mais celles-ci tendent à se résorber avec l'arrivée de nouvelles informations sur les quantités émises et le perfectionnement des modélisations. Par ailleurs, les connaissances sont suffisantes pour établir les dangers et les risques potentiels des émissions de l'activité de transport maritime. Concernant le degré de réversibilité des phénomènes, il diffère selon le polluant en question. Le changement climatique résultant des émissions de GES a des conséquences durables et une réversibilité faible à l'échelle des temps humains et économiques. Les phénomènes d'acidification et d'eutrophisation résultant des émissions de SO_x et de NO_x présentent, quant à eux, un degré partiel de réversibilité : des études ont montré que les sites d'Europe et d'Amérique du Nord qui avaient subi une forte acidification ont connu un rétablissement chimique et biologique, grâce aux réglementations sur les sources terrestres qui ont permis de réduire les émissions acidifiantes. Ces sites ont néanmoins été fragilisés et n'ont pas retrouvé leur état d'origine (Battarbee et al., 2014). Enfin, quant à la représentation des intérêts concernés, les grands Etats de pavillon influent fortement sur les décisions de l'OMI. Cette hégémonie se traduit par une intégration lente et partielle des préoccupations environnementales (Citores, 2012). Cependant, les modes de

gouvernance maritime laissent place à d'autres acteurs (ONG, Etats du port, Etats côtiers) qui disposent de moyens pour faire valoir leurs préférences (cf. chapitre 2).

La configuration du problème des émissions du transport maritime se rapproche donc de celle de l'univers controversé. La prise de décision publique est bouleversée car elle ne dispose pas de repères scientifiques évidents sur lesquels se caler de manière indiscutable. En outre, elle doit faire face à une gestion du temps tiraillée par des rythmes différenciés : le rythme d'évolution des phénomènes physiques et écologiques chargés d'irréversibilités potentielles, le rythme de progression des connaissances scientifiques, le rythme de l'évolution technologique, le rythme de renouvellement du capital productif (en particulier dans le transport maritime où les navires ont une durée de vie de l'ordre de 20-30 ans), et le rythme de la négociation internationale (lent dans le cas de l'OMI, cf. chapitre 2) (Godard, 1993). Enfin, la configuration de l'univers controversé remet en question l'utilisation de l'analyse économique pour l'aide à la décision. Selon Godard (1993), en univers stabilisé, les conditions sont réunies pour mobiliser le calcul économique : les préférences des agents sont connues, le coût des dommages est calculable. L'analyse coûts-avantages peut dès lors structurer le processus collectif de décision. L'action publique examine les options de choix à partir d'une comparaison des coûts et avantages associés. En univers controversé en revanche, l'aide à la décision qu'il est possible de retirer de cette démarche est limitée. En effet, les conditions de l'application de l'analyse coûts-avantages ne sont pas réunies, puisque les dommages sont difficilement calculables. En outre, le fait que les intérêts des agents ne soient pas bien formés (en raison de la perception indirecte du phénomène et de la non-prise en compte des intérêts d'agents absents dans le processus de décision) ne permet pas l'établissement d'un optimum collectif (Godard, 1993). Le cadre analytique fourni par la théorie économique perd donc de sa pertinence en univers controversé. A cet égard, les bilans socio-économiques réalisés par la Commission européenne (AEA, 2009) et le Ministère français en charge des Transports (MEDDE, 2013) sur les normes de réduction de la teneur en soufre des carburants marins ont révélé leurs limites et difficultés méthodologiques.

Conclusion

Ce chapitre a permis de poser le problème des émissions du transport maritime et d'acquérir une bonne connaissance de l'objet étudié. Le transport maritime se caractérise par une efficacité énergétique relativement bonne (qu'il convient de nuancer néanmoins) mais l'usage d'un carburant à teneur en soufre élevée et l'essor du commerce maritime résultent en une contribution importante de ce secteur à la pollution de l'air et une dynamique de forte croissance de l'ensemble de ses émissions (gaz à effet de serre et polluants de l'air). En ce sens, le transport maritime est révélateur des tensions entre croissance économique et qualité environnementale.

Outre ce constat, le problème des émissions du transport maritime est l'association atypique d'un secteur international et d'une externalité négative qui diffère des autres problématiques traitées par la réglementation maritime. Réglementer les émissions du transport maritime implique le développement d'une approche sectorielle (et donc un changement de paradigme par rapport à l'approche nationale utilisée pour les autres secteurs émetteurs), le dépassement de l'aspect peu médiatique du problème, sa difficulté d'appréhension et des prises de décisions en univers controversé. Plusieurs traits se combinent ainsi pour sortir l'action à engager des cadres usuels.

Dans ces conditions, comment l'action publique aborde-t-elle la problématique des émissions du transport maritime ?

Chapitre 2

L'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime

Dans le chapitre 1, nous avons montré comment les émissions du transport maritime combinent un ensemble de traits qui affectent les aspects les plus décisifs du point de vue des politiques à entreprendre. Il s'agit à présent de voir comment l'action publique se saisit de cette question. Dans l'introduction générale, nous avons brossé un panorama des diverses politiques de réduction élaborées ou en cours d'élaboration au niveau international et au niveau européen. Comment le problème des émissions atmosphériques du transport maritime est-il devenu un objet de politiques publiques ? L'analyse des politiques publiques[31] nous enseigne que la mise en place d'une politique pour résoudre un problème est liée à une transformation de la perception de ce problème (Muller, 2013). Un problème politique est donc un construit social dont la configuration est posée en fonction des acteurs impliqués, des contextes et des moments historiques auxquels un phénomène s'impose à l'attention. La transformation d'un problème en objet d'intervention publique est le résultat d'un travail spécifique, car les politiques se réduisent rarement à des nécessités auxquelles les autorités ne pourraient échapper. L'étude de leur « amont » est donc essentiel (Mény et Thoening, 1989). Ce deuxième chapitre se propose d'examiner cet « amont ». Il s'agit de retracer les processus ayant conduit à l'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime.

En avant-propos, nous précisons notre approche d'analyse, avant d'aborder le rôle de l'Union européenne dans la gouvernance des transports maritimes, puis l'émergence du domaine de l'environnement dans les politiques maritimes. Les politiques de réduction des émissions de polluants de l'air (SO_x, NO_x et PM) et de GES (CO_2) résultent de deux processus distincts et relativement autonomes. Compte tenu de son antériorité, nous nous attachons dans un deuxième

[31] L'analyse des politiques publiques est une sous-discipline de la science politique qui étudie la manière dont sont produites et mises en œuvre les politiques publiques.

temps à retracer le processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de polluants de l'air, puis dans un troisième temps, celui relatif à la réduction des émissions de GES.

1. Avant-propos

Avant d'aborder spécifiquement les processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime, il est utile de préciser en premier lieu notre approche d'analyse. L'Union européenne jouant un rôle déterminant dans ces processus, nous montrons ensuite la manière dont elle intervient dans la gouvernance des transports maritimes. Enfin, nous verrons comment l'environnement s'est institué comme domaine d'intervention des politiques maritimes internationales.

1.1 Les politiques comme processus

Nous proposons une analyse des processus politiques qui ont fait des émissions des navires un objet de politiques publiques et qui, à travers la confrontation des acteurs divers et des choix d'instruments, ont produit les politiques de réduction des émissions du transport maritime. La caractérisation des politiques comme phénomène processuel permet de les envisager de façon dynamique (Palier et Surel, 2010). Nous analysons la construction des politiques, de leur phase de mise à l'agenda à la phase de la prise de décision (nous n'étudions pas leur mise en œuvre). Nous nous plaçons donc dans les trois premières séquences de l'analyse séquentielle de Jones (1970) : celle de la mise à l'agenda où un problème émerge et accède aux autorités publiques, celle de la formulation politique où les acteurs recherchent des solutions au problème considéré et celle de la décision. Néanmoins, en utilisant cette distinction analytique, nous ne présumons pas d'une linéarité du développement des processus : les différentes phases peuvent se chevaucher, se déroulant concomitamment à plusieurs niveaux. Il n'existe pas un seul ensemble de séquences, mais plutôt des séquences parallèles qui évoluent au gré des problématisations, des formulations et des prises de décisions effectuées à différents niveaux de l'action publique (Jacquot, 2010). C'est pourquoi, nous privilégions une approche diachronique de l'analyse qui est commode pour saisir l'évolution dans le temps des processus et l'entremêlement des différentes phases, ainsi que les effets de contexte. Cette orientation méthodologique permet en outre de mettre l'accent sur les points de bifurcation pour comprendre les choix effectués, et de mettre en relief les effets

d'accumulation des événements historiques. Les évolutions observées s'apprécient ainsi à l'aune des éléments déclencheurs et contraignants (Palier et Surel, 2010).

Il convient de préciser que les processus étudiés se déroulent au sein d'une gouvernance qui est particulière. La notion de gouvernance nous paraît adéquate pour désigner la forme d'établissement et d'application des politiques dans le domaine du transport maritime, car elle consiste « dans l'interaction d'une pluralité d'acteurs « gouvernants » qui ne sont pas tous étatiques ni même publics » (Jean Leca, cité dans Le Galès, 2010), à la différence du terme de « gouvernement » qui « décrit le type d'autorité, hiérarchique et contraignante, qui s'exerce dans la plupart des États » (Le Galès, 2010). En effet, une multitude d'acteurs, étatiques et non étatiques, interviennent à différents niveaux dans l'exercice de production et de mise en œuvre des politiques du transport maritime. La gouvernance du transport maritime est particulière dans la mesure où elle se déroule à trois niveaux : le niveau international, le niveau européen et le niveau national, auxquels se rajoutent des dispositifs d'autorégulation du secteur s'appuyant sur les fonctions des différents intervenants privés (armateurs, assureurs, sociétés de classification et chargeurs). La scène internationale est un espace spécifique de relations conflictuelles et coopératives (Devin, 2013). Selon l'approche réaliste de la théorie des relations internationales, le niveau international ne serait que la simple agrégation des préférences nationales, accordant une place exclusive à l'Etat sur la scène internationale. Néanmoins, Lefebvre-Chalain (2010) a montré que l'OMI, depuis sa création, a été capable d'engager une démarche dynamique lui permettant de dépasser la fonction de simple « animateur de réseau ». En outre, des groupes d'intérêts organisés (associations professionnelles et ONG) participent en tant qu'observateurs aux travaux de l'OMI et sont en mesure d'exercer une influence pouvant être décisive sur le processus décisionnel (Dirks, 2004) (voir encadré 3 pour un aperçu du fonctionnement de l'OMI). L'intervention de l'Union européenne dans la gouvernance maritime induit des facteurs institutionnels spécifiques liés à l'autonomie de la Commission européenne, au rôle du Parlement et du Conseil, et aux contraintes des ajustements intergouvernementaux (Lascoumes, 2008), combinés à des mécanismes complexes de coordination de l'action des Etats membres dans les organisations internationales. Quant aux Etats, ils combinent une double facette d'Etat du pavillon et/ou d'Etat du port qui est loin d'être neutre dans leur positionnement (cf. encadré 4). L'étude des processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime est donc propice à l'observation des interactions entre ces différents niveaux (pressions exogènes et dynamiques endogènes).

Les données mobilisées pour réaliser notre analyse des processus sont tirées de trois types de sources : des articles et ouvrages de recherche, des documents issus de la « littérature grise »

(documents officiels des institutions européennes, documents techniques, documents des comités techniques de l'OMI[32]) et des entretiens semi-directifs auprès de personnes ayant suivi les processus d'élaboration des politiques (cf. annexe 1 sur les entretiens réalisés).

Encadré 3 - Le fonctionnement de l'OMI

L'OMI compte 170 Etats membres en 2013. Son organe directeur, l'Assemblée, réunit tous les Etats membres de l'OMI une fois tous les deux ans. Elle a essentiellement des fonctions de contrôle et de nomination. Entre les sessions de l'Assemblée, le Conseil, qui se compose de 40 Etats Membres élus par l'Assemblée, joue le rôle d'organe directeur. Il coordonne l'activité des différents comités. Le Secrétariat s'occupe de la gestion administrative. L'OMI est une organisation technique et la plupart de ses travaux sont effectués par des comités auxquels peuvent participer tous les Etats membres et les membres observateurs. Le Comité de la sécurité maritime est le premier comité à avoir été établi par la Convention de 1948 portant création de l'OMI, marquant l'engagement initial de l'Organisation pour la sécurité. Le Comité de la protection du milieu marin est chargé de la prévention et de la maîtrise de la pollution provenant des navires. Les autres comités sont le Comité juridique, le Comité de la coopération technique et le Comité de la simplification des formalités.

Les États sont représentés par une délégation chargée de défendre leur position nationale dans le cadre des débats et négociations menés. Il est important pour les Etats de choisir une équipe de spécialistes en fonction des questions abordées, capable de défendre les positions nationales sur des mesures souvent hautement techniques. Lefebvre-Chalain (2010) note que « la compétence et la qualification des délégués sont un facteur déterminant de la qualité et de l'efficacité des discussions ». Tous les Etats ne possèdent pas les ressources humaines et financières pour participer à l'ensemble des négociations. La participation de chaque gouvernement est fonction de l'enjeu que représentent les négociations pour ses intérêts maritimes. Le positionnement des Etats dépend en grande partie de leur intérêt national, qui est lui-même lié à la structure de leur industrie maritime et à leur désir d'une amélioration de la sécurité ou d'une meilleure protection de l'environnement.

Des acteurs non étatiques participent également aux travaux de l'OMI. Les Organisations Non Gouvernementales (ONG) et les associations professionnelles ont le statut de membres observateurs. Ce statut leur permet de déposer des contributions et de participer aux travaux des différents organes. Leurs interventions peuvent influencer la négociation internationale. Néanmoins, les décisions reviennent aux seuls Etats, membres à part entière de l'OMI.

Une cinquantaine de conventions et protocoles, et plus de mille recueils de règles, codes et recommandations ayant trait à la sécurité, à la sûreté et à la prévention de la pollution ont été adoptés dans le cadre de l'OMI (OMI, 2013). Les codes, recueils de règles et recommandations ne possèdent aucun caractère juridique obligatoire, les Etats sont invités à les intégrer dans leur législation. Les conventions et protocoles sont des instruments juridiques contenant des dispositions que les Etats signataires s'engagent à intégrer dans leur droit national. Les

[32] Les documents des comités techniques de l'OMI (soumissions des membres et rapports des sessions des comités) sont accessibles en ligne sur https://docs.imo.org/ après inscription sur ce site.

conventions sont régulièrement amendées, pour tenir compte des enseignements des accidents et de l'évolution des techniques. En général, un comité ou un sous-comité assure la phase initiale des travaux de préparation des conventions, qui sont ensuite soumises lors d'une conférence à l'ensemble des Etats membres pour être adoptées. Une fois adoptés, les textes sont soumis à la ratification des Etats, et n'entrent en vigueur que si un certain nombre de conditions sont remplies (en général la ratification par un nombre minimal d'Etats devant représenter par leur pavillon un certain tonnage de la flotte mondiale). Les Etats ayant ratifié les conventions ont la charge de les mettre en œuvre en les intégrant à leur droit national et en mettant en place les moyens adéquats de contrôle de leur application.

Le mode de prise de décision est le consensus, une pratique courante dans les organisations internationales qui vise à privilégier l'atteinte d'un compromis par la diplomatie et à éviter l'affrontement des Etats et l'affichage de leurs divergences. Le consensus est un mode de négociation et de prise de décision excluant le recours au vote. Une décision est prise en l'absence d'objection individuelle fondamentale. L'issue d'une telle démarche est déterminée par le déroulement des travaux préparatoires.

Malgré l'importance du travail normatif accompli par l'OMI depuis sa création, son action se heurte à des insuffisances. Tout d'abord, l'OMI ne dispose pas du pouvoir de faire adopter et appliquer les conventions. Les Etats restent les seuls à décider ou non de ratifier les textes et à les faire appliquer. L'OMI n'a pas de pouvoir de contrôle de la mise en œuvre des réglementations, ni de sanction en cas de défaillance de la part des Etats. Par conséquent, la qualité de la mise en œuvre des réglementations est très variable d'un Etat à l'autre. Cette lacune n'est pas spécifique à l'OMI, elle est caractéristique du système international, un « corps sans tête » selon Marcel Merle (cité par Devin, 2013) car dénué d'une autorité supérieure à ses membres (Devin, 2013). En outre, la forme consensuelle de la négociation rend souvent difficile l'émergence d'un compromis qui satisfasse des Etats aux intérêts maritimes divergents. La lenteur du processus, les lacunes et les insuffisances des normes s'ajoutent aux faiblesses du système international. Ces faiblesses expliquent la tentation de certains Etats pour l'unilatéralisme.

Encadré 4 - Les différentes fonctions maritimes des Etats : la dichotomie Etat du pavillon, Etat du port/Etat côtier

Le rôle des Etats dans la réglementation du transport maritime peut être appréhendé au travers du diptyque Etat du pavillon et Etat du port/Etat côtier qui reflète la diversité (voire l'antagonisme) des intérêts des Etats (Citores, 2012).

L'Etat du pavillon octroie sa nationalité et son régime juridique aux navires qu'il immatricule. Il a la responsabilité de faire appliquer les conventions internationales qu'il a ratifiées aux navires sous son pavillon, quel que soit l'endroit où ils se trouvent. En dehors des conventions internationales qu'il négocie, choisit d'adopter et de ratifier, l'Etat du pavillon peut également élaborer ses propres normes, applicables aux navires qu'il immatricule. Il exerce une compétence exclusive sur le navire en haute mer. Les Etats choisissent librement les conditions d'octroi de leur pavillon. Avec la libre immatriculation, la notion de pavillon a glissé du ressort juridique vers le domaine économique du marché (Angelelli, 2012). Les armateurs sont incités à

choisir le pavillon leur offrant les conditions juridiques, économiques, sociales et fiscales les plus avantageuses pour leur compétitivité, suivant une logique de « demande » de pavillon. Les Etats, de leur côté, trouvent un intérêt économique et diplomatique à enregistrer de nouveaux navires, et proposent leur pavillon avec des dispositions attractives, dans une logique d' « offre » de pavillon. Pour un Etat, l'importance de sa flotte est un attribut de sa puissance maritime et lui procure une certaine représentativité dans les instances internationales. En outre, cela lui assure des revenus par le biais de la fiscalité.

Un navire est amené à circuler dans des zones sous la juridiction de l'Etat côtier, comprenant ses eaux intérieures et sa mer territoriale. Il est aussi amené à faire escale dans des ports où il est soumis à la juridiction de l'Etat sur le territoire duquel se situe ce port (Etat du port). L'Etat du port et l'Etat côtier exercent dans les zones sous leur juridiction une compétence partagée avec l'Etat du pavillon. Si l'Etat du pavillon représente le lien juridique permanent du navire, l'Etat du port et l'Etat côtier constituent le lien territorial éphémère du navire. Ils sont les plus vulnérables au risque de pollution du transport maritime. Par conséquent, leur intérêt réside dans la prévention de la pollution et le maintien d'un bon niveau de sécurité.

L'acteur Etat dans le transport maritime peut donc revêtir une double fonction dont les objectifs ne sont pas forcément conciliables. D'un côté, l'Etat dans sa fonction de pavillon est soucieux de favoriser sa flotte et va chercher à offrir des conditions d'immatriculation favorables potentiellement au détriment de la sécurité et de la prévention de la pollution. D'un autre côté, en tant qu'Etat du port et Etat côtier, il privilégiera des objectifs environnementaux et de sécurité maritime pour protéger son littoral. Ainsi, « les contraintes que l'Etat ne souhaite pas s'imposer en tant qu'Etat du pavillon peuvent porter préjudice aux Etats côtiers victimes d'une pollution, et peuvent même lui porter préjudice en tant qu'Etat côtier. Cette « schizophrénie » est la toile de fond de l'édiction des normes de droit maritime » (Citores, 2012).

Si fondamentalement les intérêts entre Etat du pavillon et Etat du port/Etat côtier sont par nature divergents, leur opposition n'est pas nécessairement irréductible et ne doit pas être appréhendée de manière manichéenne. En effet, les armateurs peuvent immatriculer leurs navires sous des pavillons de libre immatriculation et être soucieux du respect de la sécurité pour leur réputation. En outre, les registres internationaux illustrent la conciliation qu'un Etat peut opérer entre la préservation de sa flotte et le maintien de normes élevées. Ces registres sont proposés par les Etats maritimes traditionnels. Ils procurent un certain nombre d'avantages financiers pour les armateurs exposés à la concurrence internationale (à travers la fiscalité et les conditions sociales à bord des navires), tout en étant intransigeants sur l'application des normes de sécurité et d'environnement.

1.2 Le rôle de l'Union européenne dans la gouvernance des transports maritimes

L'Union européenne dispose de deux moyens pour orienter les travaux de l'OMI : le recours à l'initiative unilatérale et la coordination des Etats membres à l'OMI. Ces moyens lui permettent de s'affirmer comme un acteur essentiel dans la gouvernance des transports maritimes.

1.2.1 L'affirmation de l'UE comme une échelle d'action intermédiaire entre l'OMI et les Etats membres

L'action publique dans les domaines de la sécurité, de la sûreté et de l'environnement dans le transport maritime se caractérise par un partage des compétences et des ressources entre deux niveaux principaux : le niveau national (cf. encadré 4) et le niveau international (cf. encadré 3). A ces deux niveaux, s'est ajouté un troisième niveau dans les années 1990 qui est le niveau européen. La Commission européenne a un statut d'observateur à l'OMI depuis 1974. Néanmoins, jusqu'aux années 1990, les institutions européennes se sont peu investies sur les questions maritimes. Les Etats membres de l'Union européenne défendaient leurs intérêts au sein de l'OMI, sans réelle coordination communautaire (Rigaud, 2014). C'est à partir de 1993 que la sécurité maritime devient une compétence communautaire, avec l'entrée en vigueur du traité de Maastricht. Les politiques de transport constituaient des politiques communes depuis le traité de Rome (1957) mais ciblaient le ferroviaire, le routier et les voies navigables. Le traité de Maastricht a élargi les compétences européennes à tous les modes de transport, incluant le maritime et l'aérien (Rigaud, 2014). La sécurité maritime devenant une compétence communautaire, la Commission européenne acquiert dès lors un pouvoir d'initiative. Initialement, l'intervention européenne en matière maritime a porté sur une amélioration de la mise en œuvre du droit international dans l'Union européenne par un renforcement du dispositif du contrôle de l'Etat du port. Cette démarche européenne se voulait complémentaire à l'action de l'OMI, en donnant au droit international la force contraignante qui lui fait défaut.

A partir de 2003, à la suite des naufrages de l'Erika en 1999 puis du Prestige en 2002, l'intervention européenne a pris une nouvelle dimension. En effet, le recours à l'unilatéralisme par l'UE sur une question de sécurité maritime (cf. encadré 5) a marqué l'autonomisation du niveau européen dans la gouvernance maritime, son affirmation comme acteur pouvant agir de manière unilatérale sur la scène internationale, et sa capacité à aiguillonner l'OMI (Rigaud, 2014 ; Van Leeuwen, 2010). Entourée de quatre mers et deux océans, et bordée par 70 000 km de côtes, l'Union européenne est un pôle majeur de l'industrie maritime à l'échelle mondiale. En tant que

composante régionale d'un secteur fortement international, les décisions touchant le transport maritime en Europe peuvent avoir des répercussions sur son équilibre global. En menaçant la continuité du droit maritime, l'action unilatérale européenne exerce une pression sur l'OMI, qui est forcée de réagir pour maintenir la coopération en son sein[33].

Encadré 5 - Le recours à l'unilatéralisme en 2003 par l'Union européenne sur des questions de sécurité maritime à la suite des naufrages de l'Erika et du Prestige

Au lendemain de la catastrophe de l'Erika en 1999 qui provoqua une marée noire de grande ampleur sur les côtes françaises, la Commission européenne proposa un règlement visant à instaurer un calendrier de retrait des pétroliers à simple coque plus rapide que le calendrier adopté en 1992 par l'OMI. Cette initiative a marqué le début de nouveaux débats au sein de l'OMI. Une action unilatérale de l'UE aurait mis en péril l'existence des normes uniformes établies au niveau international. Le secrétaire général de l'OMI modifia les dates des réunions du CPMM pour accélérer la réponse de l'OMI et empêcher de telles mesures. Le CPMM adopta dès 2001 un calendrier accéléré de retrait des pétroliers monocoques. Celui-ci était moins contraignant que le calendrier proposé par la Commission, et le Conseil de l'UE privilégia la solution internationale. En février 2002, l'UE intégra dans le droit communautaire le calendrier adopté par l'OMI. En novembre 2002, une nouvelle marée noire souilla les côtes de l'Espagne, du Portugal et de la France à la suite de l'accident du Prestige. Cette catastrophe eu un retentissement médiatique considérable, d'autant plus qu'elle survenait seulement trois ans après celle de l'Erika. L'Europe fut critiquée car les mesures d'élimination des pétroliers à simple coque que la Commission avait proposées suite au naufrage de l'Erika auraient permis de bannir le Prestige des eaux européennes dès le 1er septembre 2002. La Commission fit une nouvelle proposition de règlement sur l'accélération de l'élimination des pétroliers monocoques en décembre 2002, qui fut adopté en juillet 2003, consacrant une incompatibilité de la réglementation européenne avec le droit international. Cette mesure s'appliquant aux navires sous pavillon des Etats membres européens et à tous les navires faisant escale dans les ports de l'UE quel que soit leur pavillon, elle a une portée qui dépasse l'Union européenne. Elle a entériné pour la première fois l'unilatéralisme de l'UE sur une question relevant de l'OMI, rappelant l'action des Etats-Unis en 1990 qui avaient consacré le premier recours à l'unilatéralisme dans l'histoire maritime moderne avec l'édiction de l'Oil Pollution Act suite à la marée noire provoquée par l'Exxon Valdez. Pour éviter un conflit de normes, l'OMI a convergé vers la position européenne en révisant la Convention MARPOL pour la rendre compatible avec les mesures européennes (Rigaud, 2014). Ces événements mettent en lumière les mécanismes de pression/réaction induits par l'affirmation de l'UE comme une échelle d'action intermédiaire entre l'OMI et les Etats membres.

[33] L'initiative unilatérale n'est l'apanage que des Etats commerciaux suffisamment puissants (Etats-Unis, Union européenne) pour ne pas craindre les répercussions sur les trafics maritimes de la mise en œuvre de normes régionales plus contraignantes que le droit international.

1.2.2 La coordination des Etats membres à l'OMI

La coordination de la position des Etats membres dans les organisations internationales est un puissant levier d'influence externe de l'UE. L'Union européenne n'étant pas membre de l'OMI (l'adhésion à cette organisation est réservée aux Etats, la Commission a seulement un statut d'observateur), elle ne peut négocier au nom des Etats membres ni ratifier les conventions élaborées par cette organisation comme elle est amenée à le faire dans les organisations internationales autorisant son adhésion (l'OMC par exemple). Néanmoins, elle dispose, par la coordination, d'un moyen efficace pour exprimer sa position et orienter les travaux de l'OMI. Comme le note Blanchard (2000), la coordination « est nécessaire à l'affirmation de l'Union comme force de cohésion sur la scène internationale, i.e. une Union comme acteur ». Ce mécanisme fonctionne de la manière suivante[34] :

- sur les sujets relevant de la compétence exclusive de l'UE, une position de l'Union est préparée par la Commission et présentée au Conseil. Si cette position est adoptée par le Conseil à la majorité qualifiée, celle-ci doit être défendue à l'OMI par les Etats membres (un droit de réserve leur est toutefois accordé). Si cette position n'est pas adoptée par le Conseil, aucune position ne doit être défendue. Ces démarches sont effectuées en amont des négociations de l'OMI. Des réunions informelles de coordination peuvent être organisées sur place durant les négociations lorsque de nouvelles situations se présentent nécessitant un ajustement de la position de l'UE ;

- sur les sujets relevant de compétences partagées entre l'UE et les Etats membres, une position commune est préparée par la Commission et présentée au Conseil. Si cette position est adoptée par consensus par le Conseil, elle devra être défendue par les Etats membres à l'OMI (un droit de réserve leur étant accordé). Si cette position n'est pas adoptée par le Conseil, les Etats membres sont libres de leur position à l'OMI mais en informent la Commission. Des réunions de coordination peuvent être organisées sur place durant les négociations.

Le transport et l'environnement relèvent des compétences partagées de l'UE (article 4 du traité de Lisbonne). Néanmoins, « l'Union dispose d'une compétence exclusive pour la conclusion d'un accord international lorsque cette conclusion est prévue dans un acte législatif de l'Union » (article 3 du traité de Lisbonne), c'est-à-dire que lorsqu'une directive ou un règlement est adopté sur un domaine relevant d'une compétence partagée, ce domaine passe dans le champ de la compétence exclusive de l'UE. L'investissement de l'UE sur les problématiques de sécurité ou

[34] Pour une analyse détaillée des relations juridiques ente l'UE, les Etats membres et l'OMI, voir Nengye et Maes (2010), Wouters et al. (2009).

d'environnement dans le transport maritime influe donc sur la participation des Etats membres à l'OMI.

Toutefois, le partage des compétences est parfois ambigu et peut donner lieu à des interprétations différentes entre les Etats et la Commission, notamment en ce qui concerne les compétences partagées sur lesquelles l'UE a exercé sa compétence avec une directive ou un règlement[35]. Les règles de la coordination sont encore en construction, à tel point que leur formalisation constitue elle-même un enjeu.

La coordination se heurte de surcroît à la difficulté de concilier les processus décisionnels de l'UE et de l'OMI qui fonctionnent différemment. Lefebvre-Chalain (2009) écrit à ce propos : « L'Organisation se charge de l'adoption des normes internationales sur une base consensuelle qui requiert le concours de l'ensemble des acteurs nationaux et régionaux. A l'inverse, dans le système européen, la Commission détient de manière exclusive l'initiative des décisions alors que l'instruction et la décision finale relèvent d'un processus de votation. La coordination au sein de la communauté est parfois difficile et le fonctionnement de l'OMI intègre mal l'action concertée des Etats membres de l'UE. […] Il est parfois difficile de concilier le processus consensuel en vigueur à l'OMI et les impératifs dictés par les procédures européennes. La contrainte d'une double soumission à Londres et à Bruxelles est souvent inhibante pour les Etats européens membres de l'OMI. Dans ces conditions, les Etats membres perdent leur capacité d'action et ne peuvent plus être proactifs ». Les débats à l'OMI s'en trouvent appauvris, les experts des Etats membres n'ayant pas forcément la marge de manœuvre nécessaire pour contribuer aux travaux de l'Organisation sur le plan technique[36]. Si des développements inattendus ont lieu durant les discussions à l'OMI, les Etats membres doivent rediscuter leur position lors de réunions informelles sur place, ce qui impose une contrainte supplémentaire[37].

Malgré sa rigidité, la coordination présente des avantages indéniables pour l'affirmation et la cohésion de l'UE à l'OMI. Nengye et Maes (2010) ont ainsi montré son efficacité en analysant son rôle dans la révision de l'Annexe I de MARPOL sur le calendrier accéléré de retrait des pétroliers monocoques et dans la désignation de l'Europe de l'Ouest comme zone particulièrement sensible. La coordination donne une visibilité à l'Union sur la scène internationale et accroît l'influence des Etats membres à l'OMI.

[35] Source : entretien DAEI en 2014.
[36] Source : Ibid.
[37] Source : Ibid.

1.3 L'émergence de l'environnement dans les politiques maritimes internationales : la Convention MARPOL

Avant que les émissions du transport maritime ne deviennent un objet de politiques publiques, il a d'abord fallu que l'environnement constitue lui-même un domaine d'intervention des politiques dédiées au transport maritime. C'est de cette « émergence » de l'environnement comme domaine d'intervention des politiques maritimes internationales dont il est question dans cette sous-section.

Un changement de paradigme

Pendant longtemps a prévalu l'idée que les océans constituaient un réceptacle inépuisable des résidus générés par les activités terrestres et les transports maritimes (Tan, 1997 ; Blanco-Bazán, 2004). Cela correspondait à une conception générale de l'environnement comme un « capital naturel » ayant une capacité illimitée d'absorber les déchets de la production humaine (Lascoumes, 2012). Lorsque l'OMI fut créée en 1948, la protection de l'environnement ne faisait pas partie des objectifs statutaires de l'Organisation qui se cantonnaient à la sécurité maritime et à l'efficacité de la navigation (le domaine économique ayant été exclu de ses attributions[38]). Comme le constate William O'Neil, secrétaire général de l'OMI entre 1990 et 2003, « It seemed impossible that the actions of man could have an impact upon something so vast as the oceans. Most people were more concerned about the impact of the oceans on man » (cité par Ioannides, 2007). C'est le naufrage du Torrey Canyon en 1967, à l'origine d'une marée noire de grande ampleur sur les côtes anglaises, ainsi que la prise de conscience environnementale dans les pays développés au début des années 1970[39], qui ont amorcé un nouveau rôle de protection de l'environnement pour l'OMI (Tan, 2006). La reconnaissance de ce rôle s'est manifestée au travers de l'adoption de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL) en 1973, de la création du Comité de la Protection du Milieu Marin (CPMM) en 1975, et de l'adoption la même année d'un amendement à la Convention portant création de

[38] Lors des négociations portant sur les attributions de la nouvelle Organisation, un certain nombre d'Etats rejetèrent l'idée de doter celle-ci de compétences économiques et commerciales, et un compromis émergea sur la dimension uniquement technique de ses compétences. Ces restrictions illustrent la méfiance initiale des Etats vis-à-vis de l'action d'une organisation internationale en matière de transport maritime et leur refus de lui attribuer une dimension politique au travers de compétences économiques (Lefebvre-Chalain, 2010).

[39] Lascoumes (2012) explique que deux changements majeurs sont intervenus depuis les années 1970 : les effets du développement industriel et de l'urbanisation ont produit une prise de conscience du caractère limité de la capacité d'absorption de l'environnement, et le rapport à la nature a changé. Celle-ci est de plus en plus perçue comme un système vivant et pas seulement comme un réceptacle des résidus de la production. La Conférence des Nations Unies sur l'environnement qui eut lieu à Stockholm en 1972 contribua à donner une valeur sociale internationale à la protection de l'environnement.

l'OMI incluant le mandat de protection de l'environnement dans les objectifs de l'Organisation. Ceci a opéré un renversement majeur dans la façon de concevoir la norme maritime. Si traditionnellement les politiques visaient à protéger le navire de son environnement (cf. le constat de William O'Neil), il s'agit maintenant de protéger aussi l'environnement du navire.

La Convention MARPOL a permis la mise en place d'un cadre réglementaire en matière de pollutions maritimes. A son adoption en 1973, MARPOL contient cinq annexes couvrant la pollution par les hydrocarbures[40] (Annexe I), la pollution par les substances liquides nocives transportées en vrac (Annexe II), la pollution par les substances dangereuses transportées en colis (Annexe III), la pollution par les eaux usées des navires (Annexe IV) et la pollution par les ordures des navires (Annexe V). Initialement, la pollution atmosphérique ne fait donc pas partie du champ d'application de MARPOL car le problème n'est pas connu (en tout cas, il n'est pas perçu en tant que tel).

Le renforcement des prérogatives de l'Etat du port

Au-delà de la prise en compte d'un certain nombre de pollutions générées par les navires, la Convention MARPOL a constitué le premier pas vers le renforcement des prérogatives de l'Etat du port (Odier, 1998b) (cf. encadré 4 sur les différentes fonctions maritimes des Etats). MARPOL accorde en effet à l'Etat du port un droit d'inspection des navires faisant escale dans ses ports pour vérifier la conformité de ceux-ci aux réglementations internationales, ainsi qu'un droit de détention en cas de manquement. En outre, la Convention MARPOL a introduit le principe du *traitement pas plus favorable* selon lequel « les Parties appliquent aux navires des Etats qui ne sont pas parties à la Convention les prescriptions de la présente Convention dans la mesure où cela est nécessaire pour ne pas faire bénéficier ces navires de conditions plus favorables » (Article 5, Convention MARPOL). En d'autres termes, un Etat du port peut contrôler tous les navires qui font escale dans ses ports pour vérifier leur conformité aux conventions internationales qu'il a ratifiées, et ce même si l'Etat du pavillon du navire n'a pas ratifié ces conventions. Ce principe élargit considérablement la portée d'application des conventions internationales et inscrit le principe d'égalité de traitement dans l'application des politiques maritimes. MARPOL a été la première convention à limiter la compétence exclusive de l'Etat du pavillon sur le navire (Blanco-Bazán, 2004). Auparavant, l'Etat du pavillon était seul compétent pour apprécier l'application des conventions internationales, bien qu'un droit de contrôle très restreint fût reconnu à l'Etat du port. Le développement des prérogatives de l'Etat du port et de l'Etat côtier, qui s'est poursuivi par la

[40] Avant MARPOL, la Convention OILPOL adoptée en 1954 traitait uniquement des rejets opérationnels d'hydrocarbures. Cette convention était néanmoins peu contraignante et correspondait à une approche initiale de l'environnement se limitant à la pollution par les hydrocarbures.

suite dans le cadre des négociations de la Conférence des Nations Unies sur le droit de la mer[41], répond à une revendication de ces Etats de renforcer la mise en œuvre des conventions internationales. Ces derniers sont les plus vulnérables face au risque de pollution du transport maritime, et le développement de leurs compétences vise à pallier les carences de l'Etat du pavillon. La structure du transport maritime a en effet profondément évolué avec l'apparition des pavillons de libre immatriculation qui ont dématérialisé les rapports entre l'Etat, l'armateur et le navire[42]. Cette évolution a remis en cause l'hégémonie des puissances maritimes traditionnelles et de nouveaux Etats ont constitué leur flotte à des conditions d'immatriculation économiques, au préjudice de leur capacité à contrôler effectivement les navires battant leur pavillon. Cette défaillance et une certaine indulgence par rapport aux respects des normes ont contribué à la multiplication des navires sous-normes (Boisson, 1998). Avec le renforcement des prérogatives de l'Etat du port et de l'Etat côtier, un nouvel équilibre a pu s'instituer : les armateurs possèdent certes le libre choix du pavillon mais sont soumis aux contrôles des Etats du port. Cet équilibre a remplacé l'ordre ancien où le pavillon représentait à la fois le lien juridique et le lien national d'un navire, mais avec une absence de contrôle dans les ports étrangers (Angelelli, 2012).

L'introduction du concept de zone spéciale

Une autre innovation de la Convention MARPOL est l'introduction du concept de zone spéciale (Blanco-Bazán, 2004). Les Etats côtiers peuvent demander auprès de l'OMI l'établissement de zones spéciales pour des aires présentant un risque particulier de pollution par les navires. Des mesures plus strictes de rejets seront alors appliquées dans ces zones dans le cadre des annexes I, II, IV et V de MARPOL. Ce concept est à rattacher au contexte de reconnaissance des prérogatives de l'Etat côtier en matière d'environnement. Tout en préservant le cadre de négociation international, cette approche régionale permet d'établir des régimes spécifiques sur certains espaces. Elle répond à une demande des Etats côtiers d'une meilleure protection de l'environnement tout en limitant les coûts pour les armateurs.

Les préoccupations environnementales ont ainsi été intégrées dans les politiques de transport maritime, à la fois dans leur contenu, par les normes antipollution de MARPOL, et dans leur mise en œuvre, par le renforcement des compétences des Etats du port et des Etats côtiers.

[41] Pour une analyse détaillée de « l'institutionnalisation » de l'Etat du port et de l'Etat côtier, voir Van Leeuwen (2010) et Lefebvre-Chalain (2010).

[42] Le mouvement d'enregistrement des navires sous pavillon de libre immatriculation s'est amorcé après la Seconde Guerre mondiale, les pavillons libérien et panaméen proposant des conditions d'immatriculation très avantageuses.

Ces préoccupations environnementales n'ont pas concerné dans un premier temps la pollution atmosphérique générée par les navires, le problème n'étant pas encore perçu.

2. Le processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de polluants de l'air

Cette seconde section aborde la « mise en politique » de la pollution de l'air générée par le transport maritime. Le processus a connu deux grandes phases : la phase allant de la mise à l'agenda du problème à l'adoption de l'Annexe VI de la Convention MARPOL en 1997, et la phase de révision de l'Annexe VI. Le processus n'est toutefois pas achevé, et nous montrerons la manière dont il se poursuit.

2.1 L'adoption de l'Annexe VI de MARPOL

2.1.1 La mise à l'agenda international d'un problème de pollution régionale

Depuis les années 1970, les pluies acides sont une préoccupation environnementale majeure dans les pays développés, en particulier dans les pays scandinaves (cf. chapitre 1, § 3.1.2). L'attention a d'abord été portée sur les installations industrielles brûlant du charbon puis sur les transports terrestres (Colvile et al., 2001). Trois perceptions entouraient les émissions du transport maritime (Corbett et Fischbeck, 2001). Premièrement, le transport maritime est un mode de transport très efficace d'un point de vue énergétique et est par conséquent une source non significative de pollution atmosphérique. Deuxièmement, les émissions du transport maritime sont rejetées loin de l'écoumène, ce qui amoindrit d'autant plus leur impact. Troisièmement, les coûts de réduction des émissions des navires sont bien supérieurs aux coûts de réduction des émissions d'autres secteurs comme le transport routier et les installations industrielles. Ces perceptions étaient partagées par l'industrie, les experts environnementaux et les décideurs politiques (Corbett et Fischbeck, 2001).

C'est une étude scientifique norvégienne qui a initié une remise en cause de ces perceptions en 1987. Celle-ci montrait que les activités maritimes le long des côtes norvégiennes

représentaient une cause majeure d'acidification, en contribuant à environ 40 % des émissions d'oxyde d'azote et 14 % des émissions d'oxyde de soufre en Norvège (Svensson, 2011).

La Norvège souleva la question de la pollution de l'air générée par le transport maritime lors de la deuxième Conférence des Ministres des Etats riverains de la mer du Nord qui eut lieu à Londres en 1987. Les Conférences des Ministres des Etats riverains de la mer du Nord ont été établies peu de temps après l'entrée en vigueur de MARPOL en 1984. Elles réunissent les ministres de l'environnement des Etats bordant la mer du Nord ainsi que la Commission européenne. Selon Van Leeuwen (2010), l'instauration de ces conférences est liée à « *the establishment of coastal states as actors within the environmental governance of shipping* ». Leur objectif est de générer une impulsion politique sur les différentes conventions existantes traitant de la pollution de la mer du Nord par des déclarations communes visant à produire du droit mou. Pour Skjærseth (2006), cette structure est plus efficace que la constitution d'une nouvelle convention spécifique sur la pollution de la mer du Nord, car les déclarations émanant des conférences peuvent avoir un effet immédiat sur les conventions existantes. Ces conférences ont aussi permis aux Etats de la mer du Nord de constituer une coalition d'Etats côtiers sur divers sujets à l'OMI (Van Leeuwen, 2010). Dans la Déclaration ministérielle adoptée à l'issue de la conférence de 1987, les ministres des Etats de la mer du Nord se sont accordés pour : « *initiate actions, within the appropriate international bodies concerned such as the International Maritime Organisation and the International Standards Organisation as may be appropriate, leading to improved quality standards of heavy fuels, and actively support this work aimed at reducing marine and atmospheric pollution* » (Déclaration de Londres, 1987). On remarque que dès l'émergence du problème, une solution lui est immédiatement associée : celle de l'amélioration de la qualité des carburants marins.

Suite à cette Déclaration, la délégation norvégienne proposa d'inclure la pollution de l'air du transport maritime dans le programme de travail du Comité de la protection du milieu marin (CPMM) de l'OMI (cf. encadré 3 sur le fonctionnement de l'OMI), à l'occasion de sa 26ème réunion[43] (CPMM 26) en septembre 1988. L'initiative norvégienne fut soutenue par les Etats de la mer du Nord, les Etats de la mer Baltique, les autres Etats européens parties à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance et les ONG environnementales (Tan, 2006). Il fut ainsi convenu de mettre à l'agenda de l'OMI[44] la question des émissions de SO_x et de

[43] Le CPMM se réunit trois fois tous les deux ans.

[44] Tout membre de l'OMI est en mesure de demander l'examen d'une nouvelle question par un comité, la saisine étant très ouverte. Les institutions spécialisées de l'ONU, les autres organisations intergouvernementales, et le Secrétariat de l'OMI peuvent également soumettre des questions à examiner. Leur entrée dans l'agenda (et leur maintien) dépend de l'intérêt et de la volonté politique manifestés par les Etats membres. Un projet porté par un groupe d'États bénéficie en général d'un plus large écho politique que les propositions émanant d'États seuls.

NO_x du transport maritime. Le problème des émissions de SO_x et de NO_x est alors défini comme un problème d'acidification et reflète la transposition au transport maritime de préoccupations portant initialement sur les sources terrestres. Cette problématisation sera amenée à évoluer dans la suite du processus.

2.1.2 Vers une sixième annexe à la Convention MARPOL

Une fois mis à l'agenda, le problème est abordé lors des CPMM suivants. Il s'agit de déterminer son ampleur et ses modalités de résolution. La perception du problème par les individus étant indirecte, des connaissances scientifiques sont nécessaires à sa construction. C'est à nouveau la Norvège qui va contribuer à cette construction. Lors du CPMM 30 en mars 1990, la Norvège présenta les résultats d'une nouvelle étude estimant que les émissions de SO_x des navires représentent environ 4-5 % des émissions mondiales, et celles de NO_x environ 7 % des émissions mondiales. Selon cette étude, ces émissions ne posent pas de problèmes en pleine mer, mais contribuent de manière significative à l'acidification lorsqu'elles sont émises près des côtes le long des routes commerciales où les navires sont concentrés (Svensson, 2011). A ce même comité, une soumission des Etats de la mer du Nord et de la Commission européenne recommande de réduire les émissions de SO_x du transport maritime de 50 % et celles de NO_x de 70 % d'ici à 2000. Ces objectifs de réduction ont un caractère quelque peu arbitraire étant donné l'incertitude entourant les coûts et bénéfices de la réduction de la pollution atmosphérique (ce qui renvoie à la problématique de l'univers controversé soulevée dans le chapitre 1, § 3.2.3). La soumission suggère de limiter à 1,5 % la teneur en soufre des carburants marins pour atteindre cet objectif et d'établir des normes techniques sur les moteurs pour réduire les émissions de NO_x (Svensson, 2011). Ces solutions sont importées de mesures élaborées par ces pays sur les sources terrestres. A cette époque, la teneur en soufre des carburants marins est plafonnée à 5 % par une norme ISO (Tan, 2006), et la moyenne mondiale est estimée à 2,9 % (Kütting et Gauci, 1996). Le CPMM 30 décida de développer une sixième annexe sur les polluants atmosphériques à la Convention MARPOL. Françoise Odier relève que cette décision constitue « un moment fondamental dans l'évolution de MARPOL », car il s'agit de la première annexe rédigée en dehors de l'élan de la Convention initiale en 1973 (Odier, 1998b).

Si jusque-là le débat est mené par la Norvège, les Etats de la mer du Nord et de la mer Baltique, trois coalitions émergent durant les discussions portant sur le contenu de la nouvelle annexe (Kütting et Gauci, 1996).

2.1.3 Les réactions et les prises de position au travers de coalitions Etats / industries

La première coalition est composée de l'industrie pétrolière et de certains Etats exportateurs de pétrole, en particulier des Etats producteurs de pétrole brut à teneur en soufre élevée[45] (le Venezuela, le Mexique et les pays du Golfe Persique) qui s'opposent à toute mesure de réduction de la teneur en soufre des carburants marins. Cette position est liée à leur volonté de maintenir le transport maritime comme un débouché pour les produits résiduels à haute teneur en soufre, afin de préserver leurs intérêts économiques. Ces Etats et les associations professionnelles des industries pétrolières observatrices à l'OMI ont multiplié les soumissions montrant le coût très élevé de la production de carburants à moindre teneur en soufre : « *during the entire development of the new annex, IMO has been confronted with astronomical figures for the cost implications to the oil industry* » (Okamura, 1995). L'industrie pétrolière a tenté également de minimiser la contribution du transport maritime aux émissions de SO_x. Une étude réalisée par l'OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) indiqua que les émissions de SO_x du transport maritime contribuaient à moins de 2 % des émissions de Scandinavie et d'Europe du Nord-Ouest, et concluait : « *targeting ship-sourced emissions for global control cannot be justified on the basis of either environmental benefit or cost* » (cité par Svensson, 2011). La connaissance n'étant pas stabilisée sur les émissions du transport maritime, cette coalition utilise cette incertitude pour tenter de modifier la qualification du problème et la manière de le traiter.

La deuxième coalition est composée des Etats les plus affectés par l'acidification, notamment la Suède, la Norvège, le Danemark, la Finlande, l'Allemagne, les Pays-Bas, des ONG environnementales et de la Commission européenne. Ces acteurs, et en particulier la Norvège, ont joué un rôle central dans l'émergence du problème des émissions des navires et dans sa mise à l'agenda. Notons également que les intérêts environnementaux des Etats de la mer du Nord ne sont pas opposés à leurs intérêts économiques, ces Etats étant des producteurs de pétrole brut à faible teneur en soufre (Tan, 2006).

La troisième coalition est constituée d'Etats du pavillon, notamment les Bahamas, le Libéria, le Panama, la Chine, l'Egypte, la Grèce (Kütting et Gauci, 1996), et de l'industrie maritime. Sans être totalement opposés à un abaissement de la teneur en soufre des carburants comme peut l'être la première coalition, ces acteurs ne sont pas non plus en faveur d'une mesure

[45] Tous les pétroles bruts ne contiennent pas la même teneur en soufre. Une grande partie du soufre naturellement présent dans le pétrole se retrouve dans les produits résiduels du raffinage. Les pétroles bruts à teneur en soufre élevée nécessitent des traitements supplémentaires pour fabriquer des produits plus légers à valeur ajoutée. Le Brent (pétrole de la mer du Nord) et le West Texas Intermediate (WTI) sont des pétroles bruts à faible teneur en soufre. Les pétroles des pays du Moyen Orient et du Venezuela ont une teneur élevée en soufre.

qui augmenterait de manière trop importante le coût des carburants et donc du transport maritime. Ils sont dans une position intermédiaire par rapport aux deux autres coalitions, en étant néanmoins plus proche de la coalition pétrolière.

2.1.4 L'approche régionale comme outil de consensus

La solution qui fut trouvée pour concilier ces positions divergentes fut l'établissement d'une approche régionale, à l'instar des zones spéciales introduites dans certaines annexes de la Convention MARPOL[46] (cf. sous-section 1.3). Il fut ainsi proposé de limiter à 1,5 % la teneur en soufre des carburants uniquement dans certaines zones (Svensson, 2011). Cette proposition obtint le support de la coalition pétrolière, voyant là un moyen d'éviter une limite mondiale contraignante (Tan, 2006). En revanche, l'industrie maritime et les ONG environnementales se montrèrent circonspectes vis-à-vis d'une telle approche, mais pour des raisons différentes. L'industrie maritime préfère généralement des normes uniformes à toute approche régionale, quel que soit le domaine de la réglementation (Gaskell, 2003). Pour les armateurs, une norme internationale uniforme, même contraignante, est un moindre mal par rapport à des normes différenciées qui complexifient les opérations maritimes et génèrent potentiellement des distorsions. Les associations d'armateurs (ICS et BIMCO notamment) ont souligné la difficulté que posait l'approche régionale pour les opérateurs, de par la nécessité de transporter deux types de carburant et la difficulté technique de passer d'un carburant à l'autre de qualité différente (Svensson, 2011). Les ONG environnementales se sont montrées opposées à l'approche régionale car il n'était pas possible, selon elles, de contrôler efficacement un tel régime (Tan, 2006). Les Etats européens touchés par l'acidification n'ont pas accueilli non plus favorablement l'idée d'une approche régionale dans un premier temps. Ils se sont néanmoins rangés à cette idée face à la résistance de la coalition pétrolière vis-à-vis de l'approche globale, mais ont exigé qu'une limite globale peu contraignante de 3,5 % soit aussi adoptée. Selon Svensson (2011), l'enjeu de l'introduction d'un seuil global, en plus d'une limite de 1,5 % dans les zones spéciales, était non pas de réduire les émissions de SO_x, mais d'empêcher une augmentation de la teneur en soufre des carburants marins utilisés en dehors des zones spéciales, sous l'effet combiné de la demande accrue de distillats dans ces zones et dans les secteurs terrestres de plus en plus réglementés. La coalition pétrolière et certains Etats du pavillon s'opposèrent au seuil global de 3,5 % et tentèrent de minimiser la portée géographique des zones spéciales (Tan, 2006).

[46] Comme le note Gaskell (2003) à propos de « policy-making » du Comité juridique de l'OMI, « there is a natural tendency to turn back to existing instruments to provide a model ».

Les discussions sur la réduction des émissions de NO_x furent moins conflictuelles car la solution retenue fut l'établissement de valeurs limites d'émission de NO_x par kilowattheure sur les moteurs neufs construits à partir de 2000, permettant une réduction de 30 % des émissions par rapport aux moteurs de 1992. Cette norme d'émission était atteignable par les technologies existantes, et non rétroactive (c'est-à-dire s'appliquant uniquement aux moteurs construits à partir d'une certaine date postérieure à l'adoption de la mesure) suivant la tradition réglementaire de l'OMI (nous développerons cet aspect dans le chapitre 3). Cette solution est en outre similaire aux mesures prises à la même époque pour les véhicules routiers dans les pays développés (normes EURO en Europe et Tier aux Etats-Unis). Néanmoins, à la différence du transport routier, le transport maritime se caractérise par un faible taux de renouvellement de son capital productif (les navires ayant une durée de vie de l'ordre de vingt ans). Par conséquent, en raison de son absence de rétroactivité, l'effet de cette norme sur les émissions de NO_x du transport maritime est fortement différé. Corbett et Fischbeck (2001) expliquent que la portée de cette norme a été limitée aux navires neufs en raison de l'incertitude entourant les coûts et les performances des technologies de *retrofit* des navires existants (certaines d'entre elles pouvant impliquer notamment une hausse de la consommation de carburant).

2.1.5 L'adoption de MARPOL VI

En septembre 1997 fut convoquée la Conférence des Parties à la Convention MARPOL en vue d'adopter l'Annexe VI sur la prévention de la pollution atmosphérique des navires. Ce n'est qu'au dernier jour de la Conférence qu'un consensus fut finalement atteint après de longues négociations (Tan, 2006). Le compromis final fut un seuil à 1,5 % dans les zones de contrôle des émissions de SO_x (ZCES ou en anglais SECA pour Sulphur Emission Control Area) sur lesquelles les Etats pétroliers et les Etats du pavillon concédèrent une portée géographique large, mais le seuil global fut fixé à 4,5 %, i.e. un seuil non contraignant et ne permettant pas de réduction d'émission (la teneur en soufre moyenne des carburants marins s'élevant à 2,9 %).

Durant les négociations, les associations d'armateurs ICS et BIMCO ont fait la proposition d'établir une limite globale à 3 % sans SECA, soulignant que : "*the majority of the ship owners feel that the problems created by setting up Sulphur oxide emission control areas could be avoided by a single radical step*" (MP/CONF.3/17). Cette proposition ne trouva aucun écho, face aux logiques suivies d'une part par les Etats pétroliers, et d'autre part par les Etats européens. Pour les Etats pétroliers, il s'agissait d'établir une approche régionale forte pour mieux résister à un seuil strict en dehors de ces zones, tandis que les Etats européens se concentraient déjà sur l'établissement de SECA en Europe. L'enjeu pour eux était aussi de parvenir à faire adopter une

annexe sur la prévention de la pollution atmosphérique, même peu contraignante, qui puisse être ratifiée par un nombre suffisant d'Etats pour entrer en vigueur[47], afin de pouvoir ensuite relancer les discussions pour l'amender et aboutir à des mesures plus strictes. Il est en effet plus aisé et rapide d'amender une convention (ou une annexe à une convention) que de la faire adopter puis ratifier, grâce à la procédure d'acceptation tacite de l'OMI. Cette procédure implique que lorsqu'un amendement est adopté, il entre en vigueur si, à l'expiration d'un délai convenu, un nombre déterminé d'États contractants ne s'y est pas opposé. Cette procédure permet d'accélérer et de simplifier les modifications des conventions, par rapport à une procédure d'approbation explicite où il faudrait attendre qu'un certain nombre d'Etats contractants aient accepté l'amendement pour qu'il entre en vigueur.

L'Annexe VI de MARPOL prévoit également la possibilité d'utiliser dans les SECA des systèmes de traitement des gaz d'échappement menant à des réductions d'émission de SO_x équivalentes à l'utilisation de carburant à 1,5 % de teneur en soufre. Ces systèmes correspondent à des actions « en bout de chaîne » (*end of pipe*), c'est à dire qu'ils consistent à filtrer les rejets polluants dans l'air. Développés sur les installations terrestres, ces systèmes (appelés *scrubbers*) n'existaient pas pour les navires lorsque l'Annexe VI fut adoptée. Durant les discussions qui ont précédé l'adoption de l'Annexe VI de MARPOL, la réduction de la teneur en soufre des carburants fut considérée comme la solution la plus simple pour réduire les émissions de SO_x, mais la possibilité d'utiliser ces systèmes fut introduite pour ne pas décourager leur développement technologique et ajouter de la flexibilité dans l'atteinte des objectifs de réduction. Concernant les émissions de NO_x, des limites sur les émissions furent établies sur les moteurs des navires construits après 2000 (norme dite Tier I), et un code technique fut élaboré fournissant des procédures de test et de certification des moteurs permettant aux fabricants, aux armateurs et aux administrations de vérifier la conformité de ceux-ci à la norme Tier I.

L'Annexe VI de MARPOL est entrée en vigueur le 19 mai 2005, c'est-à-dire douze mois après que celle-ci ait été ratifiée par au moins quinze Etats dont la flotte représente au moins 50 pour cent du tonnage mondial. La mer Baltique et la mer du Nord furent également désignées comme zones SECA par l'OMI.

[47] Comme le note Gaskell (2003) à propos de « policy-making » du Comité juridique de l'OMI, « it was more important to have some sort of convention, albeit one which was less than satisfactory, rather than the risk of having a perfect instrument which would never achieve universal support ».

2.1.6 Les enseignements de dix ans de négociations (1987-1997)

L'Annexe VI de MARPOL telle qu'adoptée en 1997 est donc le fruit d'un difficile compromis entre des intérêts divergents. Les décisions finales reposent davantage sur le plus petit commun dénominateur de ces divers intérêts, que sur des considérations environnementales s'appuyant sur une analyse des coûts et bénéfices ou un principe de précaution. Le manque d'information et l'incertitude entourant le problème ont contribué à rendre la prise de décision difficile, les controverses scientifiques étant manipulées par les intérêts économiques. Le choix de l'approche régionale fut justifié a posteriori par des raisons environnementales : certaines zones sensibles à l'acidification nécessitaient une approche spécifique. Mais comme le notent plusieurs auteurs (Svensson, 2011 ; Tan, 2006), c'est bien le manque de soutien pour une approche globale qui conduisit à ce choix. Il est remarquable de noter que la préférence de l'industrie maritime pour un seuil global n'a pas été prise en compte dans la décision finale, face à l'influence du lobby pétrolier. Reprenant l'approche par les « trois I » (Palier et Surel, 2005) qui suggère comme éléments d'analyse des politiques publiques les variables « intérêt », « institution » et « idée »[48], notre analyse a montré le poids explicatif important de la variable « intérêt » pour éclairer le processus ayant conduit à l'adoption de l'Annexe VI en 1997.

L'Annexe VI marque la première perméabilisation du transport maritime à des problématiques terrestres sur le milieu atmosphérique, les politiques environnementales visant jusque-là à préserver uniquement le milieu marin (ce que rappelle d'ailleurs le nom du Comité de la protection du milieu marin en charge des questions d'environnement à l'OMI). MARPOL n'est plus seulement « la convention de lutte contre certaines formes de pollution mais l'outil destiné à combattre toutes les pollutions » (Odier, 1998b). Même si les décisions prises aboutissent à des réductions faibles des émissions, le domaine d'intervention des politiques maritimes s'est étendu à des enjeux nouveaux.

2.2 La révision de l'Annexe VI de MARPOL

L'Annexe VI de MARPOL, telle qu'adoptée en 1997, engendra une grande déception chez un certain nombre de délégations. Comme le souligne Tan (2006) : « From the perspective of

[48] L'entrée « intérêt » s'intéresse aux calculs et stratégies déployées par les acteurs, aux modalités d'influence et d'interaction, et nécessite de voir quels furent les arguments et les compromis utilisés dans les négociations. La variable « institution » insiste sur les logiques d'héritage et d'apprentissage, ainsi que les ressources et contraintes institutionnelles (hiérarchie des normes, modes de votation par exemple). La variable « idée » correspond aux éléments cognitifs et normatifs qui donnent une dimension intellectuelle à l'action publique (Palier et Surel, 2005).

many states, the outcome of the 1997 Conference was unsatisfactory. In fact, many delegations with environmental interests consider the 4.5 per cent cap to be one of the lowest points in IMO's recent law-making history. Indeed, the 1997 Protocol is an aberration in the series of pro-environment instruments which had been successfully negotiated at IMO in the past two decades ». Cette déception, combinée à la menace d'une action unilatérale de l'Union européenne, conduisirent le CPMM à décider d'une révision de l'Annexe VI de MARPOL dès juillet 2005 (Svensson, 2011 ; Van Leeuwen, 2010), alors que l'Annexe VI venait tout juste d'entrer en vigueur en mai 2005.

Cette sous-section traite dans un premier temps de la constitution de la pollution de l'air des navires comme un domaine d'action de l'UE, puis de l'intégration des limites sur la teneur en soufre des carburants dans le droit communautaire. Puis nous montrons comment la révision de l'Annexe VI a permis d'aboutir à des normes de réduction plus contraignantes, sous l'influence à la fois d'une nouvelle problématisation et de l'Union européenne.

2.2.1 La constitution de la pollution de l'air du transport maritime comme domaine d'action de l'UE

Durant les discussions sur l'élaboration de l'Annexe VI de MARPOL, l'action de la Commission européenne s'est limitée à soutenir les initiatives des Etats européens leaders sur la question à l'OMI. La déception causée par l'Annexe VI poussa la Commission européenne à s'investir sur le sujet de la pollution de l'air des navires, qui est devenu stratégique pour elle car à la croisée de deux domaines récemment intégrés à son périmètre : le transport maritime (cf. § 1.2.1) et la qualité de l'air (cf. encadré 6).

En 2002, la Commission présenta une communication au Parlement européen et au Conseil : « Une stratégie de l'Union européenne pour réduire les émissions atmosphériques des navires de mer » (COM/2002/0595). Dans cette stratégie, la Commission prévoit de modifier la directive 1999/32/CE[49] pour limiter la teneur en soufre des combustibles marins utilisés et commercialisés dans l'UE, et de mieux coordonner les positions des Etats membres à l'OMI pour favoriser l'adoption de nouvelles mesures plus strictes.

[49] Directive n° 1999/32/CE du 26/04/99 concernant une réduction de la teneur en soufre de certains combustibles liquides et modifiant la directive 93/12/CEE. Cette directive limite la teneur en soufre de certains combustibles liquides. Concernant les carburants marins, seule la teneur en soufre des diesels marins est limitée à 0,2 %. Elle ne plafonne pas l'IFO.

Encadré 6 - La qualité de l'air : un enjeu européen

L'environnement est un domaine privilégié de l'action européenne qui a trouvé là un champ propice pour exercer son influence réglementaire sans empiéter sur les compétences des Etats (Lascoumes, 2012). Il s'agit également d'un domaine opportun pour démontrer aux citoyens européens la plus-value de la construction européenne[50]. Les problèmes environnementaux sont en outre souvent transfrontaliers, constituant un domaine pertinent pour l'échelon européen. L'échelon européen s'impose également pour des raisons économiques, le marché intérieur interdisant les obstacles aux échanges et les discriminations.

La qualité de l'air est un enjeu européen depuis 1997, année où fut initiée par la Commission européenne une stratégie pour diminuer l'acidification en Europe (COM(97)88). Cette stratégie comprenait le développement d'une directive sur des plafonds nationaux d'émission en 1998, la ratification du second protocole sur les émissions de SO_x de la CPATLD[51] et prévoyait d'amender la directive 93/12/CE sur la teneur en soufre de certains combustibles. La Commission européenne encourageait également dans le cadre de cette stratégie les Etats membres à soutenir l'établissement de la mer du Nord et de la mer Baltique comme SECA à l'OMI.

2.2.2 L'intégration des limites sur la teneur en soufre des carburants marins dans le droit communautaire

Comme annoncé dans la stratégie de 2002, la Commission élabora une proposition pour amender la directive 1999/32/EC afin d'y intégrer des limites sur la teneur en soufre des carburants marins. Cette proposition incluait un seuil de 1,5 % sur la teneur en soufre pour les carburants utilisés en mer Baltique et mer du Nord, comme adopté dans l'Annexe VI de MARPOL (en cours de ratification durant cette proposition). La proposition contenait néanmoins quelques différences par rapport à l'Annexe VI : la mise en œuvre des zones SECA était prévue douze mois après l'entrée en vigueur de la directive ou douze mois après l'entrée en vigueur de l'Annexe VI, en fonction de la date la plus proche. Elle prévoyait également de plafonner à 1,5 % la teneur en soufre des carburants utilisés dans les eaux communautaires[52] par les navires à passagers effectuant des services réguliers en provenance ou à destination des ports de l'UE. Enfin, elle proposait de limiter à 0,2 % la teneur en soufre des carburants utilisés par les navires à

[50] La science politique distingue deux types de légitimité de l'action publique : la légitimité par l'expression démocratique (*inputs*) et la légitimité par les résultats (*outputs*). Dans le premier cas, les choix politiques sont légitimes comme expression de la volonté du peuple. Dans le deuxième cas, la légitimité repose sur la capacité des gouvernants à résoudre des problèmes. L'enjeu de la légitimité de l'Union européenne porte essentiellement sur l'apport de ses politiques aux citoyens européens (légitimité par les *outputs*), avec pour cheville ouvrière la Commission européenne (Scharpf, 2000).

[51] L'UE assure aussi par sa politique de l'environnement un relais au droit international de l'environnement (Halpern, 2011).

[52] Nous désignons par eaux communautaires les mers territoriales, les zones économiques exclusives et les zones de prévention de la pollution des Etats membres de l'UE.

quai dans les ports de l'UE. Lors de l'examen de la proposition, le Parlement européen proposa des mesures plus strictes se détachant clairement de l'Annexe VI de MARPOL : limitation de la teneur en soufre des carburants utilisés en SECA et par les navires à passagers dans les eaux communautaires à 0,5 % en 2008, limitation de la teneur en soufre à 1,5 % pour tous les navires dans les eaux communautaires hors SECA à partir de 2011, puis à 0,5 % au 31 décembre 2012. Le Conseil préféra néanmoins préserver le rôle de l'OMI sur la question. La directive 2005/33/CE, amendant la directive 1999/32/CE reflète cette préférence pour la recherche d'une solution au niveau de l'OMI. Elle fut adoptée en 2005 et contient les dispositions suivantes :

- la teneur en soufre des navires naviguant dans les SECA est limitée à 1,5 % ;
- la teneur en soufre des navires à passagers effectuant des services réguliers vers ou depuis un port de l'UE est limitée à 1,5 % dans les eaux communautaires ;
- au 1er janvier 2010, la teneur en soufre des carburants pour les navires à quai dans les ports de l'UE est limitée à 0,1 %.

La directive 2005/33/CE s'aligne pour l'essentiel sur l'Annexe VI de MARPOL, avec néanmoins quelques éléments unilatéraux (concernant les navires à passagers et les navires à quai dans les ports de l'UE). Ces éléments ne furent pas controversés car leur portée est restreinte aux navires à passagers et aux ports de l'UE, impactant peu le système global du transport maritime (Van Leeuwen, 2010). Par ailleurs, en émettant une directive sur la teneur en soufre des carburants marins, l'UE fait entrer ce domaine dans le champ de ses compétences exclusives pour la conclusion d'accords internationaux, impactant la coordination des Etats membres à l'OMI (cf. § 1.2.2). En outre, une révision de cette directive est prévue en 2008, ce qui permet à l'UE de maintenir ouverte vis-à-vis de l'OMI la possibilité d'élaborer de nouvelles limites plus strictes de manière unilatérale.

2.2.3 La révision de l'Annexe VI de MARPOL : l'adoption de normes plus strictes sous l'influence de l'UE et d'une redéfinition du problème

Le passage d'un problème environnement-acidification à un problème environnement-santé

Le travail de révision de l'Annexe VI par le CPMM de l'OMI se déroula entre 2006 et 2008 et fut marqué par la production de nouvelles connaissances scientifiques sur les émissions. L'utilisation de nouvelles méthodologies de modélisation des quantités d'émissions du transport maritime (approche « bottom-up », cf. chapitre 1 § 2.2.1) révéla que celles-ci avaient été sous-estimées. A ces nouvelles estimations s'ajouta le constat que la contribution du transport maritime à la pollution de l'air s'amplifiait par rapport aux autres secteurs de plus en plus réglementés. En

outre, il fut établi que le transport maritime était une source non négligeable de particules dérivées des émissions d'oxydes de soufre, et donc liées à la teneur en soufre des carburants marins. L'effet sur la santé des émissions des navires fut alors soulevé. Plusieurs études montrèrent la contribution des émissions du transport maritime aux problèmes de santé publique, notamment Corbett et al. (2007) qui estimèrent que les émissions de PM des navires étaient responsables de 60 000 morts par an.

Cette production de nouvelles connaissances fut décisive et contribua à une redéfinition du problème des émissions du transport maritime. Alors qu'entre 1988 et 1997, le problème des émissions de polluants de l'air était essentiellement perçu comme un problème d'acidification ne touchant que l'environnement, celui-ci prit une nouvelle dimension sanitaire, touchant également les hommes. Cette modification des termes du problème eut une influence déterminante sur le processus de révision de l'Annexe VI (Svensson, 2011). Un problème public est en effet inséparable de sa qualification (sa « problématisation ») qui lui donne sens et conditionne la manière de le considérer et de le traiter (Garraud, 2014). Le passage d'une problématique environnement-acidification à une problématique environnement-santé légitima d'autant plus la révision de l'Annexe VI.

Un consensus portant sur des mesures plus strictes dans et hors des zones de réduction

L'établissement du lien entre les émissions de PM et la teneur en soufre des carburants justifia une nouvelle réduction de la teneur en soufre des carburants marins. Durant la révision de l'Annexe VI, les débats portèrent sur la forme à donner à cette nouvelle réduction : fallait-il réduire le seuil global ou celui dans les zones SECA ? Sur cette question, Svensson (2011) relève qu'une soumission d'INTERTANKO (International Association of Independent Tanker Owners) eut une influence considérable sur les débats[53]. Opposé à l'approche régionale, INTERTANKO suggérait un unique seuil global de 1 % à partir de 2010, puis de 0,5 % pour les navires construits après 2015. Venant de l'industrie maritime, cette soumission proposant une généralisation de l'usage du distillat par les navires fut un jalon vers la révision du seuil mondial. Toutes les associations d'armateurs n'ont cependant pas partagé l'approche d'INTERTANKO. BIMCO par exemple proposa l'établissement de micros zones SECA dans une logique de renforcement de l'approche régionale. La position d'INTERTANKO a été justifiée par la volonté d'éviter la fragmentation des règles sur la teneur en soufre des carburants marins. Cette position peut aussi être liée aux intérêts économiques du secteur du transport de produits pétroliers représenté par INTERTANKO. La demande de distillats par la flotte mondiale augmenterait en effet les besoins

[53] Information confirmée lors d'un entretien à la DAM en 2014.

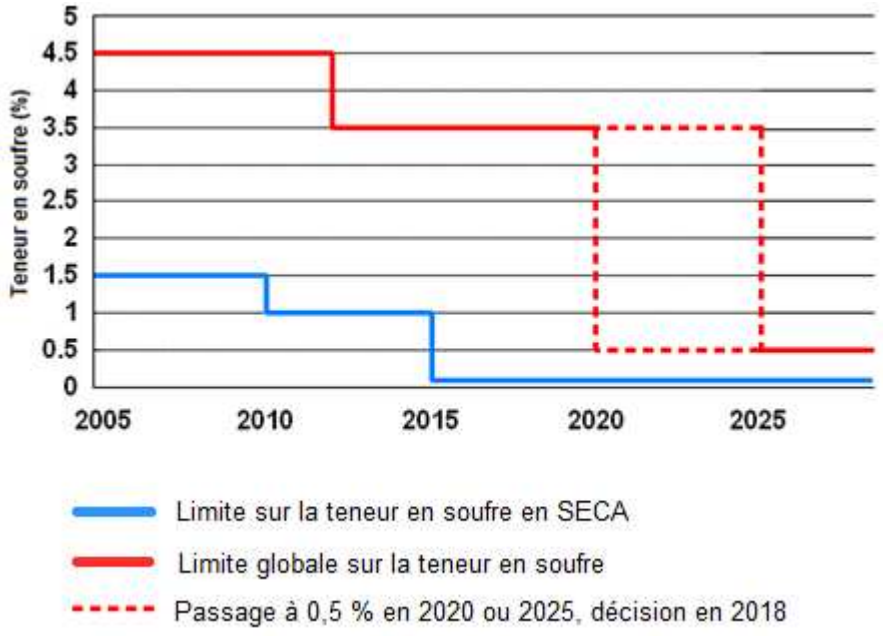
de transport maritime de ces produits. L'industrie pétrolière souleva à nouveau le coût d'une telle réduction et l'incapacité des raffineries à fournir d'importants volumes de distillats. D'autres soumissions proposaient des réductions de la teneur en soufre uniquement dans les SECA ou des réductions portant à la fois sur le seuil global et celui en SECA, ou encore l'établissement de « micros » SECA dans tous les grands ports et/ou à une certaine distance des côtes.

Un consensus fut atteint lors du CPMM 58 en octobre 2008 combinant des éléments de différentes soumissions. La révision de l'Annexe VI de MARPOL fut adoptée avec les éléments suivants :

- une limite globale à 3,50 % sur la teneur en soufre des carburants marins à partir du 1er janvier 2012 ;
- le passage à 0,50 % de cette limite globale à partir du 1er janvier 2020 sous réserve de la disponibilité des volumes suffisants de distillats. Il est prévu de procéder en 2018 à un examen par un groupe d'experts portant sur la capacité des raffineries à produire des carburants marins à faible teneur en soufre pour répondre à la demande du transport maritime. En fonction des résultats de cet examen, les Parties pourront décider de repousser le passage à 0,5 % au 1er janvier 2025.
- une limite de 1,00 % de la teneur en soufre des carburants marins utilisés dans les zones SECA à partir du 1er juillet 2010 ;
- le passage à 0,10 % de cette limite dans les SECA à partir du 1er janvier 2015 (cf. figure 10).

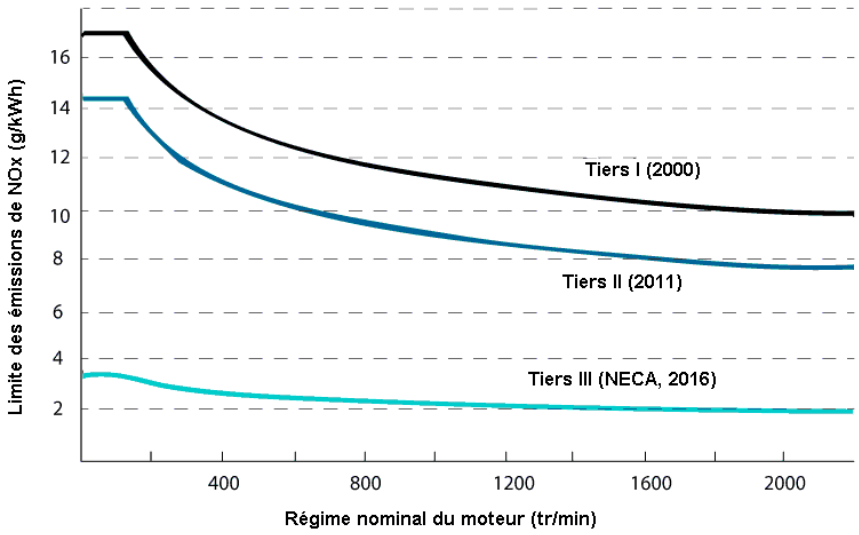
Le compromis final, avec des limites strictes dans les zones SECA et un abaissement progressif du seuil global vers une limite stricte conditionnée par la capacité de l'industrie pétrolière à fournir suffisamment de distillats, reflète à la fois la prise en compte des inquiétudes manifestées par l'industrie du raffinage et la nouvelle donne environnementale qui s'est instaurée durant la révision.

Figure 10 - Calendrier de réduction de la teneur en soufre des carburants marins de l'Annexe VI révisée



Concernant les émissions de NO_x, la norme Tier I était largement dépassée durant la révision et de nouvelles technologies sur les moteurs permettaient des réductions supplémentaires. La norme Tier II fut adoptée pour les moteurs des navires construits après le 1er janvier 2011. Elle permet une réduction des émissions de NO_x de 20 % par rapport à la norme Tier I, et suit l'évolution des technologies de motorisation. La possibilité d'utiliser des systèmes de réduction catalytique sélective pour les navires fut aussi établie. Il s'agit d'une technologie de traitement des gaz d'échappement utilisée dans les véhicules routiers et permettant de réduire les émissions de NO_x de 80 % par rapport à la norme Tier I. Cette technologie étant plus complexe et coûteuse, il fut décidé d'établir une approche régionale pour l'atteinte de réductions allant au-delà de la norme Tier II, à l'instar des zones SECA. La norme Tier III, visant une réduction de 80 % des émissions de NOx par rapport à la norme Tier I, s'applique ainsi pour les navires construits à partir de 2016 et naviguant dans les zones de contrôle des émissions de NO_x (NECA en anglais pour NO_x Emission Control Area) établies à la demande des Etats (cf. figure 11).

Figure 11 - Normes sur les émissions de NO_x de l'Annexe VI révisée



Un consensus rapide qui s'explique par la volonté d'éviter des mesures unilatérales

Ce consensus fut atteint seulement trois ans après le début de la révision, contrastant avec la lenteur du développement de l'Annexe VI entre 1988 et 1997. Ce rapide dénouement est lié à plusieurs facteurs. Tout d'abord, l'UE maintint sa menace d'action unilatérale. Elle décida de repousser la révision de la directive 2005/33/CE, initialement prévue en 2008, dans l'attente du résultat du CPMM 58. A l'OMI, l'unité de la position européenne grâce au procédé de coordination, la menace d'une action européenne unilatérale en cas d'échec de la révision, le soutien d'Etats-clés comme le Japon et les Etats-Unis et des ONG environnementales participèrent sans nul doute à convaincre les autres délégations de ne pas émettre d'objections durant l'adoption du texte. En deuxième lieu, l'industrie maritime soutint les mesures proposées. Comme le note Einemo (2008) :

> « The proposed emission reduction regulation received instant recognition and support from a number of shipping organisations, hopeful that it would ward off further unilateral legislation. The World Shipping Council (WSC), whose members represent over 90% of the global liner vessel capacity, expressed the feelings of many when it said the IMO had succeeded in achieving two very important results. Firstly, the development of a new regime that will be environmentally effective, and, secondly, it had achieved this result "through an international regulatory regime, which will avoid the confusion, inconsistency and litigation that would result from different nations or local governments trying to regulate this issue." The International Chamber of Commerce (ICC), the world business organization, also said it "acknowledges and supports" the amendments to the MARPOL Annex VI as it would deliver new standards that were global in scope. »

Le communiqué de presse d'Armateurs de France à l'issue de l'adoption de la révision de l'Annexe VI va dans le même sens :

> « Armateurs de France se félicite qu'un accord ait pu être obtenu au sein de l'Organisation Maritime Internationale (OMI), seule instance légitime dont les décisions s'imposent au niveau international. Ce consensus prémunit du développement de réglementations régionales plus contraignantes. Bien que le transport maritime soit déjà le plus respectueux de l'environnement à la tonne transportée, cet accord marque la volonté de la communauté maritime de continuer à contribuer activement aux ambitions de protection environnementales actuelles. Ces solutions impliquent certes une augmentation des coûts de combustibles pour l'ensemble des armateurs, en particulier dans les SECA pour les compagnies de ferries et les projets d'autoroutes de la mer. Il faudra donc veiller à ce que cette augmentation ne pénalise pas les opérateurs maritimes par rapport à d'autres modes de transport. »

Cette position reflète la préférence de l'industrie pour une solution négociée au niveau international qui écarte le risque de mesures unilatérales. L'industrie maritime manifesta au final assez peu son inquiétude sur les surcoûts générés par les nouvelles mesures, ce qui peut paraître étonnant compte tenu de l'hostilité qu'elle manifestera par la suite à leur égard. Il faut préciser que la période est marquée par un certain optimisme dans le transport maritime qui connaît une forte croissance au moment de l'adoption de la révision de l'Annexe VI juste avant la crise économique de 2008. En outre, une grande partie des armateurs croyaient en l'atteinte de la maturité technologique des scrubbers pour 2015, une solution leur permettant de continuer à utiliser du fioul lourd.

Il a donc fallu que le problème soit appréhendé comme une question de santé publique et que des pressions exogènes du niveau européen éperonnent le niveau international pour que de nouvelles décisions aboutissent. Alors que dans notre analyse de l'adoption de l'Annexe VI, nous avions montré la prévalence de la variable « intérêt » des « trois I », les variables « institution » (avec l'utilisation par l'UE de ses ressources institutionnelles de coordination des Etats membres et d'actes législatifs pouvant introduire des mesures unilatérales) et « idée » (avec la redéfinition du problème des émissions) ont constitué des dynamiques essentielles pour expliquer sa révision.

2.3 Un processus inachevé

L'adoption de la révision de l'Annexe VI en 2008 constitue une étape importante dans un processus complexe amorcé vingt ans plus tôt, mais elle n'a pas clos celui-ci.

2.3.1 La négociation de la directive 2012/33/UE

La révision de la directive européenne 2005/33/CE : s'aligner sur l'annexe VI révisée ou aller plus loin ?

En 2011, l'UE entama la révision de la directive 2005/33/CE sur la teneur en soufre des carburants marins, celle-ci étant désormais en décalage avec les nouvelles valeurs adoptées par l'OMI en 2008. La Commission élabora une proposition de révision suggérant de réduire à 0,1 % la teneur en soufre des carburants utilisés dans les zones SECA en 2015, de réduire à 0,1 % la teneur en soufre des carburants utilisés par les navires à passagers opérant entre des ports européens à partir de 2020, et de réduire à 0,5 % la teneur en soufre des carburants marins utilisés dans les eaux territoriales, les zones économiques exclusives et les zones de contrôle de la pollution des Etats membres à partir de 2020 (cette date pouvant être repoussée à 2025 suivant les évolutions à l'OMI). Cette proposition de la Commission s'aligne donc pour l'essentiel sur les valeurs de l'Annexe VI de MARPOL, sauf pour les navires à passagers.

Lors de l'examen de la proposition par le Parlement européen, celui-ci proposa d'aller plus loin en limitant la teneur en soufre à 0,1 % dès 2015 pour tous les navires naviguant dans les eaux territoriales, les zones économiques exclusives et les zones de contrôle de la pollution des Etats membres. Lors de l'examen de la proposition par le Conseil, des divergences se manifestèrent entre les Etats du nord et les Etats du sud de l'Europe. Les Etats du nord soutenaient la proposition du Parlement d'étendre à toute l'Europe la limite de 0,1 %. Il s'agissait d'éviter que les compagnies maritimes et les ports d'Europe du Sud ne tirent un avantage concurrentiel par rapport aux compagnies et aux ports d'Europe du Nord. Les Etats du sud comme l'Italie et la Grèce y étaient opposés, en raison des surcoûts que cela impliquerait pour leur industrie maritime. La France et le Royaume-Uni étaient pour une application stricte de l'Annexe VI, c'est-à-dire que la directive européenne n'aille pas plus loin que le régime international. La France, le Royaume-Uni et les Etats du sud de l'Europe ont pu constituer une minorité de blocage au Conseil. Néanmoins, le rapporteur du Parlement tenait à ce que la directive aille plus loin que l'Annexe VI sur au moins un point. Le Parlement européen est généralement plus « vert » que le Conseil. En outre, la volonté d'aller plus loin que l'Annexe VI relève d'une stratégie de renforcement de son

propre rôle institutionnel au sein de l'UE, l'environnement relevant de la codécision[54] depuis le traité de Lisbonne en 2007.

La directive 2012/33/UE, amendant la directive 2005/33/CE, fut finalement adoptée en novembre 2012 :

- la teneur en soufre des carburants marins utilisés dans les zones SECA est limitée à 1,00 % jusqu'au 31 décembre 2014, et à 0,10 % à compter du 1er janvier 2015.

- la teneur en soufre des carburants marins des navires à passagers circulant dans les eaux européennes (eaux territoriales, zones économiques exclusives et zones de prévention de la pollution) reste limitée à 1,5 % jusqu'au 1er janvier 2020.

- la teneur en soufre de tous les navires circulant dans les eaux territoriales, les zones économiques exclusives et les zones de prévention de la pollution des Etats membres en dehors des zones SECA est limitée à 0,5 % à partir du 1er janvier 2020.

Le marqueur de la différenciation européenne vis-à-vis de l'Annexe VI révisée : la limitation de la teneur en soufre à 0,5 % dans les eaux européennes en 2020

Le passage à 0,5 % en 2020 dans la législation européenne n'est donc pas conditionné par la clause de révision contenue dans l'Annexe VI de MARPOL. Il s'agit de la principale différence entre la directive 2012/33/UE et le régime international, solution trouvée pour satisfaire la volonté du Parlement européen d'aller plus loin que MARPOL sur au moins un point. Cette position a l'avantage pour l'UE de maintenir une pression sur l'OMI quant à la date du passage à 0,5 % au niveau mondial en 2020 ou 2025. Par le mécanisme de la coordination, les Etats membres ne pourront défendre un report à 2025 lors des négociations qui se tiendront à l'OMI sur le sujet.

L'entrée dans le jeu des armateurs de ferries

Si les armateurs se sont peu opposés à l'adoption de l'Annexe VI révisée de MARPOL en 2008, leur inquiétude commence à émerger juste après, en particulier chez les opérateurs français de ferries. La révision de la directive européenne constitua l'occasion pour eux d'influencer le processus en faveur de leurs intérêts.

Les armateurs de ferries français représentés par Armateurs de France souhaitaient obtenir un délai supplémentaire de trois ans pour appliquer la limite de 0,1 % en SECA. Leur stratégie a

[54] La procédure de codécision accorde autant de pouvoirs au Conseil qu'au Parlement européen. Elle implique qu'aucune de ces deux institutions n'est en mesure d'adopter un acte législatif sans le consentement de l'autre.

consisté tout d'abord à obtenir un amendement du projet de directive prévoyant la possibilité d'envisager des dérogations dès lors qu'elles seraient acceptées par l'OMI. Cette stratégie a abouti grâce à un parlementaire français sensibilisé à leurs intérêts qui proposa l'amendement lors de l'examen du projet de directive par le Parlement (Le Marin, 26/12/2012). L'amendement fut accepté[55], traduisant la volonté d'un certain nombre d'Etats membres d'aligner la directive sur la Convention MARPOL et de ne pas se détacher du régime international. Armateurs de France parvint ensuite à convaincre le gouvernement français de demander auprès de l'OMI un assouplissement de l'Annexe VI de MARPOL dans les SECA, arguant du nombre important d'emplois menacés en France (Le Marin 29/11/2012 ; Mer et Marine, 24/12/2012). Le sujet relevant de la compétence communautaire, il était nécessaire que la France obtienne l'aval de la Commission et du Conseil pour effectuer une telle demande. Ces derniers refusèrent, la Commission et les autres Etats membres n'étant pas disposés à revenir sur le sujet à l'OMI. Ces tentatives de faire reporter les échéances ont alimenté une incertitude sur les dates de mise en œuvre des réglementations.

L'ECSA (European Community Shipowners' Associations) a soutenu l'idée d'exemptions pour certains types de navires sur certaines routes. Néanmoins, ses efforts de négociations ont porté avant tout sur des mesures d'accompagnement de la directive[56] (intégration d'une clause de disponibilité des carburants marins, possibilité de pouvoir bénéficier d'aides d'Etat, facilitation des mesures alternatives comme le recours au GNL et les scrubbers, etc.) plus que sur son report. La position des armateurs au sein de ces processus n'est donc pas tout à fait unifiée.

2.3.2 La généralisation du seuil de 0,5 % : incertitude sur la cohérence des calendriers OMI et UE

En 2013, le Royaume-Uni a envisagé de présenter à l'OMI une soumission proposant d'avancer l'étude prévue en 2018 sur la disponibilité des carburants marins devant permettre au CPMM de décider du report du passage à 0,5 % au 1er janvier 2025 ou de son maintien au 1er janvier 2020 (cf. § 2.2.3). Le sujet relevant désormais de la compétence communautaire, le Royaume-Uni a présenté son projet de soumission en groupe de travail du Conseil, argumentant

[55] Le considérant (10) de la directive 2012/33/UE prévoit ainsi que « des modifications de l'annexe VI de la convention MARPOL en ce qui concerne les ZCES sont possibles au titre des procédures de l'OMI. Au cas où de nouveaux changements, y compris des dérogations, seraient introduits en ce qui concerne l'application des limites en vigueur pour les ZCES dans l'annexe VI de la convention MARPOL, la Commission devrait se pencher sur de tels changements et, le cas échéant, faire la proposition nécessaire, sans retard, conformément au traité sur le fonctionnement de l'Union européenne, pour aligner pleinement la directive 1999/32/CE sur les règles de l'OMI concernant les ZCES. »

[56] Conclusion tirée à partir de la lecture des notes de positions de l'ECSA disponibles sur son site internet.

qu'anticiper cette étude permettrait de sécuriser la date de 2020 pour le passage à 0,5 % à l'OMI. D'autres Etats membres ont estimé au contraire qu'avancer l'étude risquait de favoriser la date de 2025, car ses résultats reposeraient sur des données actuelles. Finalement, le Royaume-Uni fut autorisé à présenter une version corrigée de sa soumission à l'OMI coparrainée par les Pays-Bas lors du CPMM 66 en 2014, suggérant au CPMM d'avancer l'étude et rappelant que la directive 2012/33/UE prévoit une date ferme de 2020 pour le passage à 0,5 % en Europe. Aujourd'hui, l'incertitude demeure sur la date de réalisation de cette étude et sur la date d'entrée en vigueur du passage à 0,5 %. Les Etats européens ont intérêt à ce que cette entrée en vigueur soit décidée en 2020, l'enjeu étant d'éviter d'avoir trois limites sur la teneur en soufre entre 2020 et 2025 (0,1 % dans les SECA, 0,5 % dans les eaux communautaires, 3,5 % ailleurs), situation qui serait éminemment complexe. Cependant, l'avancement de l'étude sur la disponibilité des carburants est à double tranchant : d'un côté, si celle-ci montre que l'industrie du raffinage a la capacité de fournir les volumes nécessaires de carburants marins en 2020, cela enverrait un signal aux industriels et aux armateurs pour préparer cette transition ; d'un autre côté, le risque d'avancer l'étude est de faire reposer ses résultats sur des données caduques et de conclure trop vite à la non-disponibilité des carburants pour 2020.

2.3.3 La confusion sur les NECA

En 2010, les Etats riverains de la mer Baltique s'étaient mis d'accord pour soumettre une demande de création de NECA en mer Baltique auprès de l'OMI dans le cadre de HELCOM, la commission en charge de la Convention d'Helsinki sur la protection de l'environnement de la mer Baltique[57]. Néanmoins, la Russie, inquiète des conséquences économiques de cette initiative, a tenté d'enrayer le processus de désignation de la mer Baltique comme NECA, en bloquant les négociations sur le sujet à HELCOM et en proposant de retarder l'entrée en vigueur de la norme Tier III à 2021 lors du CPMM 65 de l'OMI en 2013. Cette proposition reçut un nombre important de soutiens. Néanmoins, un certain nombre d'Etats comme les Etats-Unis, le Canada, le Japon, des Etats européens, des chantiers navals et certains armateurs qui s'étaient préparés au passage à la norme Tier III prévu en 2016 dans la NECA nord américaine[58] s'y opposèrent. Au sein même de l'UE, le sujet a prêté à débat. Pour la Commission européenne, les émissions de NO_x du

[57] La déclaration ministérielle des Etats de la mer Baltique en 2010 précise : "We agree to work towards submitting, preferably by 2011, a joint proposal by the Baltic Sea countries to the IMO applying for a NOx Emission Control Area (NECA) status for the Baltic Sea, taking into account the results of the study by HELCOM on economic impacts of a Baltic Sea NECA and to welcome and support the idea of a NOx Emission Control Area in other sea areas, in particular with regard to the North Sea".

[58] La zone de 200 milles marins longeant les côtes de l'Amérique du Nord est actuellement la seule zone NECA existante.

transport maritime relèvent de la compétence exclusive de l'UE[59], et par conséquent, la position des Etats membres doit être coordonnée à la fois à HELCOM et à l'OMI. Les Etats membres ont contesté cette interprétation, jugeant qu'il n'y a avait pas là de compétence exclusive. Au final, le Conseil a décidé de ne pas exercer sa compétence et de laisser les Etats membres libres de leur position[60]. En conséquence, certains Etats membres européens, comme Chypre et la Lituanie, ont soutenu la demande de la Russie de repousser la norme Tier III. La solution de compromis trouvée à l'OMI fut de maintenir la date de 2016 pour les NECA existantes (en l'occurrence la NECA nord américaine) et de décider au cas par cas de la date d'entrée en vigueur de la norme Tier III dans les NECA qui pourraient être désignées à l'avenir.

2.3.4 Conclusion : un jeu de la suspension

Avant même la mise en œuvre, le processus d'élaboration des politiques éprouve des difficultés à s'achever. Les réajustements des dispositions initiales et les remises en cause des calendriers de mise en œuvre participent à un jeu de la suspension et alimentent une incertitude réglementaire. La configuration d'univers controversé du problème (cf. chapitre 1, § 3.2.3) contribue à ces tentatives de basculement qui traduisent une hésitation et une instabilité entre plusieurs mondes possibles (Godard, 1993). La prise de décision en univers controversé est en effet confrontée à une double irréversibilité : l'irréversibilité des phénomènes environnementaux en jeu, et l'irréversibilité provenant « de la fermeture conventionnelle des possibilités économiques et technologiques, la focalisation sur certaines options ou filières technologiques façonnant les possibilités techniques et les coûts futurs » (Godard, 1993). Confrontés à cette double menace d'irréversibilité, le processus politique oscille entre deux écueils : réagir tardivement ou fixer prématurément des règles. La pression des acteurs économiques sur le processus est elle-même ambivalente, entre une demande de prévisibilité et de fixation d'un cadre clair à leur activité d'un côté, et des tentatives de faire reporter les échéances de l'autre pour organiser leur adaptation avec moins d'à-coups.

[59] Il n'existe pas de directive ou de règlement européen traitant des émissions de NO_x du transport maritime. Néanmoins, l'interprétation de la Commission repose sur l'argument que les décisions prises à l'OMI sur les émissions de NO_x du transport maritime sont susceptibles d'altérer la portée des politiques européennes sur la qualité de l'air, créant un besoin de coordination des Etats-membres à l'OMI.

[60] Source : entretien à la DAM en 2014.

2.4 Synthèse

L'analyse a montré le rôle initial de la Norvège dans l'émergence du problème des émissions de polluants de l'air des navires, défini comme un problème d'acidification des milieux naturels, puis dans sa médiatisation à l'OMI. Ce sont ensuite les difficultés de négociations entre des coalitions d'acteurs aux intérêts divergents (Etats pétroliers / industrie pétrolière, Etats côtiers / ONG environnementales, Etats du pavillon / industrie maritime) qui conduisent à élaborer une approche régionale reposant sur un abaissement de la teneur en soufre des carburants marins dans certaines zones, outil de consensus international, qui sera ensuite justifiée par la nature locale du problème. Même si les réductions d'une telle approche sont faibles, l'adoption de l'Annexe VI de MARPOL marque l'extension du domaine d'intervention des politiques maritimes à de nouveaux enjeux importés de problématiques terrestres. Désormais, les politiques environnementales ne visent plus seulement à protéger le milieu marin, mais également le milieu atmosphérique.

L'Annexe VI sera rapidement révisée. La révision sera marquée par l'apport de nouvelles connaissances sur les effets sur la santé des émissions des navires, légitimant une action plus forte en matière de réduction des émissions de SO_x. En outre, l'intégration des limites sur la teneur en soufre des carburants marins dans le droit communautaire en 2005 (directive 2005/33/CE) a permis à l'UE d'organiser la coordination des Etats membres à l'OMI et de maintenir ouverte la possibilité d'une action unilatérale européenne durant la révision de l'Annexe VI à l'OMI. Ces facteurs, combinés à une absence d'opposition de l'industrie maritime, ont abouti à l'adoption de l'Annexe VI révisée en 2008, prévoyant un abaissement progressif de la teneur en soufre des carburants à la fois dans les zones de réduction des émissions de soufre et en dehors. La directive européenne 2012/33/UE (amendant la directive 2005/33/CE) reprend les limites définies dans l'Annexe VI de MARPOL révisée, à l'exception de la date de généralisation du seuil de 0,5 % de teneur en soufre, créent une incertitude sur la cohérence des calendriers UE et OMI. Les tentatives de report des échéances par certains groupes d'armateurs (exemple des armateurs français convainquant la France de demander à la Commission un report du calendrier de l'Annexe VI auprès de l'OMI) ou par certains Etats (exemple de la demande russe à l'OMI d'un report de la norme Tier III dans les NECA) participent à un jeu de la suspension qui alimente une incertitude réglementaire.

La figure 12 reprend les principales étapes du processus.

Figure 12 - Chronogramme simplifié des grandes étapes du processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de SO_x et de NO_x

	1987	1988	1990	1997	2002	2005	2008	2010
Scène internationale		Inscription des émissions des navires à l'agenda du CPMM de l'OMI	Décision d'élaborer une 6ème annexe de MARPOL portant sur les émissions des navires	Adoption de l'Annexe VI de MARPOL		Entrée en vigueur de l'Annexe VI Décision de réviser l'Annexe VI	Adoption de l'Annexe VI révisée	Entrée en vigueur de l'Annexe VI révisée
Scène européenne	2ème Conférence des ministres des Etats riverains de la mer du Nord			Stratégie de la Commission contre l'acidification en Europe	Communication de la Commission sur les émissions atmosphériques des navires	Directive 2005/33/CE		Les Etats de la mer Baltique s'accordent pour soumettre une demande de désignation de la mer Baltique comme NECA

	2012	2013	2014
Scène internationale		Demande de la Russie au CPMM 65 du report de Tier III à 2021	Soumission du Royaume-Uni au CPMM 66 suggérant d'avancer l'étude sur les carburants prévue en 2018
Scène européenne	Directive 2012/33/UE Demande de la France à la Commission et au Conseil de l'autorisation de soumettre à l'OMI un report du passage à 0,1 % en SECA. Refus.		

3. Le processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de CO_2

3.1 D'une question méthodologique de la CCNUCC à l'ambiguïté institutionnelle pour l'OMI

3.1.1 Les émissions de CO_2 du transport maritime international : un problème méthodologique pour la CCNUCC

Lorsque le problème des émissions atmosphériques du transport maritime émerge à la fin des années 1980, le CO_2 ne fait pas partie des gaz identifiés comme devant faire l'objet d'une politique de l'OMI. Le phénomène de la contribution des émissions anthropiques de gaz à effet de serre aux changements climatiques est certes déjà connu, mais sa « mise en politique »[61] en est à ses prémices avec la création du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) en 1988.

La question de la contribution du transport maritime aux émissions de gaz à effet de serre est posée pour la première fois à l'occasion des travaux préparatoires du Protocole de Kyoto. Le régime international[62] du climat, constitué par l'adoption de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en 1992, met en place un cadre global de l'effort intergouvernemental pour faire face aux changements climatiques. Ce texte ne contient pas d'engagements de réduction des GES mais pose les principes fondamentaux de la gouvernance internationale du climat, parmi lesquels figure le principe des responsabilités communes mais différenciées. Ce principe correspond à l'idée qu'il y a une responsabilité universelle et un intérêt commun à préserver le climat, mais les pays en développement bénéficient d'un régime plus favorable au nom de l'équité[63] (en opposition au principe d'égalité de traitement). Le régime international du climat est donc dual et attribue des obligations différenciées selon les catégories de pays, en distinguant les Parties listées à l'Annexe I de la Convention (pays de l'OCDE et de l'ex-bloc de l'Est) et les Parties hors Annexe I (pays en développement). La Convention pose également des obligations de réalisation d'inventaires

[61] Pour une analyse de la mise en politique du « problème climat », voir Roqueplo (1993).

[62] Un régime international peut se définir comme un ensemble de « principes, de normes, de règles et de procédures de prise de décision autour desquelles les anticipations des acteurs convergent dans un domaine donné des relations internationales » (Krasner, 1983).

[63] Cette différenciation entre pays développés et pays en développement repose sur la reconnaissance de la responsabilité historique des pays développés dans le problème climatique et d'un droit au développement pour les pays en développement.

nationaux de GES aux Etats Parties[64], selon des méthodes définies au niveau international. L'Organe subsidiaire d'avis scientifique et technologique[65] (OSAST ou SBSTA en anglais) a été chargé d'examiner les premières communications des Etats sur leurs inventaires nationaux et de considérer les questions méthodologiques soulevées, dans l'optique de la préparation des négociations du Protocole de Kyoto venant préciser les engagements des Parties sur la réduction de leurs émissions de GES. Une des questions méthodologiques rencontrée par l'OSAST a concerné la manière de prendre en compte dans les inventaires nationaux les émissions résultant des fuels de soute utilisés par les transports maritimes et aériens internationaux. Cette question s'est posée en particulier pour ces secteurs car la constitution des inventaires nationaux repose sur un substrat territorial : les émissions sont comptabilisées en fonction de la localisation de leur source sur le territoire des Etats Parties à la CCNUCC. L'OSAST a proposé en 1996 huit options pour allouer ces émissions dans les inventaires nationaux des Parties (SBSTA, 1996b) : allocation des émissions du transport maritime international proportionnellement aux émissions nationales ; allocation au pays où est vendu le carburant de soute ; allocation au pays d'immatriculation du navire, ou au pays du propriétaire du navire, ou au pays de l'opérateur ; allocation au pays de départ ou d'arrivée du navire ; allocation au pays de départ ou d'arrivée des passagers ou de la marchandise ; allocation au pays d'origine des passagers ou de la marchandise ; allocation des émissions générées dans les eaux territoriales (cette option ne permettant pas de couvrir toutes les émissions du transport maritime international) ; pas d'allocation.

Ce qui était à l'origine une simple question méthodologique se transforma en un triple enjeu à la fois pour les Etats, pour le régime international du climat et pour le transport maritime :

- pour les Etats, les différentes options proposées par l'OSAST aboutissaient à des répartitions des émissions du transport international sensiblement différentes entre elles. Aucune de ces options ne parvenaient à refléter réellement la contribution des différents Etats aux émissions du transport maritime international, étant donné l'enchevêtrement des nationalités dans le fonctionnement de ce secteur. En fonction de l'option retenue, certains Etats se seraient vu

[64] Même pour les inventaires nationaux et les autres renseignements que doivent fournir les Parties sur les mesures entreprises pour appliquer la Convention, les obligations sont différenciées. Les documents soumis par les Parties visées à l'Annexe I de la Convention sont plus fréquents, plus complets et soumis à un contrôle plus approfondi par le secrétariat de la Convention que ceux présentés par les Parties non visées à l'Annexe I (Maljean-Dubois et Matthieu, 2010).

[65] L'Organe subsidiaire d'avis scientifique et technologique a été créé afin de garder le GIEC en dehors de la CCNUCC. Il est chargé d'établir les liens entre les évaluations scientifiques et techniques, les informations fournies par les organismes internationaux compétents, et les grandes orientations des Conférences des Parties. Il occupe une position intermédiaire entre le GIEC et les gouvernements, faisant le lien entre la science et le politique (Maljean-Dubois et Matthieu, 2010).

attribuer une part substantielle des émissions du transport maritime international[66]. Les émissions du transport maritime connaissant une forte croissance, ces émissions auraient pesé de plus en plus dans leurs inventaires nationaux au fil des années (Oberthür, 2003). Ces Etats auraient été dès lors pénalisés pour respecter leurs engagements nationaux de réduction, d'autant plus que mettre en place une politique nationale de réduction des émissions du transport maritime international est complexe de par la capacité de ce secteur à éviter les mesures nationales, le régime international du climat excluant les pays en développement des engagements de réduction ;

- pour le régime international du climat, aucune des options envisagées ne parvenait à combiner l'efficacité environnementale, la faisabilité pratique et l'équité (SBSTA, 1996a ; Bode et al., 2001 ; Heitmann et Khalilian, 2011). En outre, le choix d'une option d'allocation nationale des émissions du transport international aurait pu servir de prétexte à certains pays pénalisés par cette option pour renégocier leur objectif national de réduction de leurs émissions de GES (Bode et al., 2001) ;

- pour le transport maritime, il est important d'avoir des règles uniformes au niveau international. Une approche nationale de réduction des émissions du transport maritime international pourrait aboutir à des exigences éparses, voire contradictoires, entre les différents Etats, qui entraveraient la capacité des armateurs opérant sur le marché international à y répondre. Trois mois avant l'adoption du Protocole de Kyoto en décembre 1997, la question des émissions de CO_2 du transport maritime est mentionnée pour la première fois dans le cadre de l'OMI. En septembre 1997, à l'occasion de la conférence diplomatique réunie pour l'adoption de l'Annexe VI de la Convention MARPOL, une résolution[67] sur les émissions de CO_2 du transport maritime (Résolution 8) est intégrée à l'Annexe VI. Elle invite le CPMM à réaliser une étude pour établir la quantité de CO_2 imputable au transport maritime et à considérer une stratégie de réduction de ces émissions. Dans le contexte à la fois des négociations climatiques et de l'adoption de l'Annexe VI de MARPOL établissant un cadre réglementaire sur les émissions du transport maritime (cf. section 2), la Résolution 8 constituait un signal envoyé à la CCNUCC sur la capacité et la légitimité de l'OMI à traiter des émissions de CO_2 du transport maritime.

[66] Par exemple, dans le cas d'une allocation reposant sur l'Etat du pavillon, le Panama, le Libéria et les Bahamas se seraient vu attribuer près de 30 % des émissions du transport maritime international. Dans le cas d'une allocation basée sur le pays vendant le carburant, Singapour, les Etats-Unis, et les Pays-Bas se seraient vu attribuer près de 40 % des émissions. Une allocation reposant sur la nationalité du propriétaire du navire aurait attribué près de 30 % des émissions à l'Allemagne, au Japon et à la Grèce (Heitmann et Khalilian, 2011).

[67] Une résolution est une décision qui n'a pas de valeur juridique contraignante.

3.1.2 La mise à l'agenda de l'OMI des émissions de CO_2 du transport maritime international : naissance d'une ambiguïté institutionnelle

Etant donné les différents enjeux présentés ci-dessus, il fut décidé que les transports maritimes et aériens internationaux constituaient des secteurs à part, nécessitant une approche distincte du cadre institué par le Protocole de Kyoto. L'article 2§2 du Protocole de Kyoto, adopté en décembre 1997, prévoit ainsi que « *[les] Parties visées à l'annexe I cherchent à limiter ou réduire les émissions de gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal provenant des combustibles de soute utilisés dans les transports aériens et maritimes, en passant par l'intermédiaire de l'Organisation de l'aviation civile internationale et de l'Organisation maritime internationale, respectivement* ».

A cet égard, il est remarquable de noter que l'article 2§2 introduit une ambiguïté institutionnelle qui marquera tout le processus d'élaboration de la politique de réduction des émissions de CO_2 du transport maritime. Van Leeuwen et al. (2012) définissent l'ambiguïté institutionnelle comme « *the mismatch between institutions of the different policy making settings which come together* ». En conséquence, « *uncertainty and confusion will arise about rules of the game, e.g. the way in which policy making will take place and who is involved. Moreover, the larger this mismatch, the more room actors have to manoeuvre when negotiating and changing the institutional rules* » (van Leeuwen et al., 2012). L'ambiguïté institutionnelle introduite par l'article 2§2 du Protocole de Kyoto résulte du fait qu'il crée une obligation pour les seules Parties de l'Annexe I à la Convention, c'est-à-dire les pays développés (« *[les] Parties visées à l'annexe I cherchent à limiter…* »), en application du principe des responsabilités communes mais différenciées des Parties à la CCNUCC, tout en reconnaissant mandat à l'OMI d'établir des mesures de réduction des émissions du transport maritime international (« *…en passant par l'intermédiaire de […] l'Organisation maritime internationale* »). Le principe des responsabilités communes mais différenciées structure le régime international du climat et met les pays développés « à l'avant-garde de la lutte contre les changements climatiques et leurs effets néfastes » (CCNUCC, article 4). En application de ce principe, seuls les pays listés à l'Annexe I de la CCNUCC ont pris des engagements de réduction de leurs émissions de GES lors du Protocole de Kyoto[68]. Ces derniers doivent réduire le total de leurs émissions d'au moins 5 % par rapport à leur niveau de 1990, au cours de la période d'engagements allant de 2008 à 2012. Les autres pays sont exemptés d'engagements quantitatifs. Or, l'OMI porte un principe de non-discrimination des activités de navigation commerciale internationale inscrit dans sa Convention

[68] Les objectifs individuels des Parties de l'Annexe I sont listés dans l'Annexe B du Protocole de Kyoto.

de création, ainsi qu'un principe d'égalité de traitement des navires, indépendamment de leur nationalité, connu sous le nom de principe d' « absence de traitement plus favorable » (cf. sous-section 1.3). Selon ce principe, lorsqu'une convention de l'OMI entre en vigueur, les pays qui l'ont ratifiée sont tenus de la faire appliquer aux navires battant leur pavillon ainsi qu'à tous les navires faisant escale dans leurs ports, même si ces navires sont immatriculés par des pays n'ayant pas ratifié la convention. Il existe donc une incompatibilité entre les principes de la CCNUCC (reposant sur un traitement différencié des Etats au nom de l'équité) et les principes de l'OMI (reposant sur l'absence de traitement différencié de ses membres au nom de l'égalité). Du fait de cette incompatibilité, une ambiguïté institutionnelle s'immisce dans le processus, créant une incertitude sur l'application des politiques de réduction élaborées dans le cadre de l'OMI aux seuls pays de l'Annexe I ou à tous les pays sans distinction.

Par l'incapacité de la CCNUCC à aborder la question des émissions du transport international dans le cadre mis en place pour les autres secteurs et la volonté de mener les discussions au sein de l'institution spécialisée par souci de préserver la spécificité maritime, la question des émissions de CO_2 du transport maritime a été mise à l'agenda de l'OMI. La notion d'agenda est fondamentale pour comprendre comment, à un moment donné, une autorité s'empare d'une question pour construire un programme d'action (Muller, 2013). « La mise sur l'agenda est le produit, à chaque fois contingent, d'un champ de forces qui va se construire autour du problème » (Muller, 2013). En l'occurrence, la mise à l'agenda des émissions de CO_2 du transport maritime s'est faite en filigrane de celle des autres secteurs émetteurs : parce que le régime international du climat repose sur la prise en compte de toutes les activités émettrices selon une approche territoriale, les émissions du transport maritime international apparaissent par ce prisme comme devant relever d'un traitement spécifique. A partir de là, comment les acteurs de l'OMI se sont-ils appropriés ce problème ? Quelle définition en ont-ils donnée ? Quelles solutions ont été préconisées ?

3.2 Un blocage des négociations à l'OMI qui favorise l'affirmation de l'UE dans la régulation des émissions de CO_2 du transport maritime

3.2.1 Un premier recours à l'expertise par l'OMI qui tend à minimiser le problème

Suite à la mise à l'agenda de l'OMI des émissions de CO_2 du transport maritime international en 1997, le CPMM mandata en novembre 1998 un consortium international d'instituts de recherche pour réaliser une étude sur les émissions de GES des navires. Etant donné

l’absence de connaissances disponibles sur le sujet, le recours à l’expertise devait fournir un cadre d’intelligibilité nécessaire pour définir l’enjeu. L’étude sur les émissions de GES des navires fut présentée lors du MEPC 45 en octobre 2000 et elle mit en avant les points suivants (OMI, 2000) :

- la fragilité des méthodes d’estimation des émissions des navires qui conduit à une incertitude forte sur leurs résultats ;

- « les transports maritimes contribuent peu aux émissions de CO_2 (1,8 % du total mondial des émissions de CO_2 en 1996) » ;

- « les transports maritimes contribuent de façon significative au développement de transports durables du point de vue de l'environnement » ;

- « Les normes sur le rendement énergétique ou les émissions semblent représenter l’option la plus prometteuse, notamment dans le cas des navires neufs ». L’étude a jugé peu pertinents l’établissement d’accords volontaires de réduction des émissions de CO_2 avec l’industrie maritime, la mise en place d’une redevance carbone sur les soutes, ou l’établissement d’un système d’échange de droits d’émission ;

- une augmentation des émissions du transport maritime dans les années à venir est inévitable, même si la plupart des mesures identifiées sont appliquées, en raison de la croissance économique mondiale ;

Le recours à l’expertise est un dispositif classique de l’élaboration des politiques publiques, supposé garantir la rationalité et la neutralité de l’action. Le discours expertal participe dans les faits au travail de problématisation, car il contribue à définir l’enjeu et ses modalités de règlement (Lascoumes, 2008). A ce titre, il est intéressant d’analyser la manière dont cette étude participe à la définition du problème des émissions de GES du transport maritime. Avec l’idée que « les transports maritimes contribuent peu aux émissions de CO_2 » et qu’ils « contribuent de façon significative au développement de transports durables », le transport maritime semble plus perçu comme une solution que comme un problème. En outre, en présentant comme « inévitable » la croissance des émissions de ce mode, même en mettant en œuvre des mesures de réduction, la croissance des émissions du transport maritime apparaît comme une fatalité de la croissance économique. Les solutions préconisées, des normes techniques sur les navires neufs, s’inscrivent dans la tradition réglementaire de l’OMI et visent seulement à atteindre une réduction relative des émissions (c’est-à-dire une réduction par rapport au niveau d’émission qui serait obtenu en l’absence de mesures mais qui n’empêche pas une augmentation absolue des émissions).

3.2.2 La lenteur des négociations à l'OMI : des enjeux politiques qui ralentissent le processus décisionnel

La lenteur des négociations

A la suite de la publication de l'étude sur les émissions de GES des navires, la Norvège fit une première proposition lors du CPMM 46 en avril 2001 suggérant de définir des normes d'émissions de GES sur la base d'indices exprimant la quantité d'émission de CO_2 par activité de transport, dans la lignée des préconisations de l'étude. Un groupe de travail présidé par la Norvège est constitué lors du CPMM 47 en mars 2002 pour élaborer de tels indices.

Durant les années suivantes, les décisions prises par le CPMM se réduisent à des déclarations d'intention afin de témoigner de la volonté de l'OMI de jouer son rôle dans la réduction des émissions de CO_2 du transport maritime. Ainsi lors du CPMM 46 en 2001, il est décidé de proposer un projet de résolution de l'Assemblée de l'OMI sur le programme de travail de long terme du CPMM sur les GES du transport maritime. En décembre 2003, soit six ans après le début des travaux, l'Assemblée adopte la Résolution A.963(23) mandatant le CPMM d'identifier et de développer des mécanismes de limitation des émissions de GES du transport maritime international. Il faudra encore attendre trois ans avant que le comité s'accorde en 2006 sur l'approbation d'un plan de travail et la nécessité de mettre à jour l'étude sur les GES.

Vers des mesures non contraignantes

En avril 2008, le CPMM 57 est marqué par l'intervention du secrétaire général de l'OMI, qui exhorte les délégations à trouver un accord avant la conférence des Parties à la CCNUCC qui se réunira à Copenhague en décembre 2009. La conférence de Copenhague est déterminante pour les négociations climatiques car elle doit aboutir à un nouveau traité pour l'après-2012 (le Protocole de Kyoto ne couvrant que la période 2008-2012). Il est aussi prévu d'examiner à l'occasion de cette conférence la question des émissions de l'aviation civile et des transports maritimes internationaux. La perspective de ces évènements, qui pourraient remettre en cause le monopole de l'OMI, a sans doute encouragé l'adoption en juillet 2009 des directives intérimaires préparées par le groupe de travail sur la méthode de calcul de l'indice nominal d'efficacité énergétique (EEDI pour Energy Efficiency Design Index), sur l'élaboration d'un plan de gestion du rendement énergétique du navire (SEEMP pour Ship Energy Efficiency Management Plan), et sur la méthode de calcul de l'indice opérationnel d'efficacité énergétique (EEOI pour Energy Efficiency Operational Index). L'EEDI exprime les émissions de CO_2 par tonne-km que l'on peut attendre d'un navire dans des conditions normales d'utilisation en fonction de sa conception.

L'EEDI a une valeur constante qui ne peut être changée que si la conception du navire est modifiée. L'EEOI exprime les émissions de CO_2 par tonne-km en temps réel. Contrairement à l'EEDI, l'EEOI varie en fonction des conditions d'exploitation du navire. Le SEEMP est un outil de gestion permettant aux compagnies d'améliorer le rendement énergétique de leur navire par des mesures opérationnelles (par exemple l'optimisation de la vitesse). Ces différentes mesures sont dépourvues de tout caractère obligatoire mais permettent à l'OMI d'être en position de présenter un avancement de ses travaux à la conférence de Copenhague.

Il est intéressant de relever le glissement sémantique opéré peu avant l'adoption des directives intérimaires. Initialement nommés indice nominal de CO_2 et indice opérationnel de CO_2, on parle désormais de l'indice nominal d'efficacité énergétique et de l'indice opérationnel d'efficacité énergétique, bien que ces indices expriment la quantité de CO_2 par tonne-mille et non l'énergie par tonne-mille. On ne parle plus directement de la réduction des émissions de CO_2 mais plus subtilement de la réduction de la consommation d'énergie. Ce glissement sémantique n'est pas anodin car il permet de décharger ces indices de leur dimension d'instrument de politique climatique, dimension hautement politique et qui renvoie à une contrainte, au profit d'une dimension plus positive d'amélioration des performances du transport maritime.

Outre le fait que l'étude sur les émissions de GES des navires de 2000 ait contribué à minimiser l'enjeu de la réduction des émissions du transport maritime (cf. § 3.2.1), comment expliquer l'incapacité des négociations à déboucher sur des mesures contraignantes, alors que le problème est à l'agenda de l'OMI depuis 1997 et que les solutions examinées correspondent à une démarche classique de l'OMI d'élaboration de normes techniques ?

Un enjeu politique qui dépasse les transports maritimes

Les discussions sont rendues difficiles par l'introduction dans le débat de considérations politiques par certains pays en développement à partir de 2002, à l'occasion de la préparation du projet de résolution. La délégation chinoise, soutenue par les délégations d'autres pays en développement, fait valoir que le projet de résolution de l'Assemblée sur les politiques de l'OMI relatives à la réduction des émissions de gaz à effet de serre des navires doit indiquer très clairement que c'est aux pays visés à l'Annexe I de la CCNUCC qu'il incombe de limiter ces émissions. Les pays développés défendent quant à eux l'application de la non-discrimination et du principe d'absence de traitement plus favorable de l'OMI. La question de savoir s'il convient d'appliquer pour les émissions de GES du transport maritime international le principe des responsabilités communes mais différenciées du régime international du climat ou le principe

d'absence de traitement plus favorable de l'OMI, brèche ouverte par l'article 2§2 du Protocole de Kyoto, est un point saillant des discussions. Pour les pays en développement, l'enjeu se situe au-delà du transport maritime. En effet, la non-application du principe des responsabilités communes mais différenciées pour le transport maritime international pourrait créer un précédent qui risquerait de remettre en cause ce principe dans les autres négociations climatiques.

Une faible pression de la CCNUCC sur l'OMI

De surcroît, le régime international du climat s'est quelque peu essoufflé à la suite de l'adoption du Protocole de Kyoto, avec la décision en 2001 des Etats-Unis (plus gros émetteur mondial de GES à cette époque) de ne pas ratifier le Protocole et le retard pris pour son entrée en vigueur. La concurrence entre le régime international du climat et l'OMI sur le traitement des émissions de CO_2 du transport maritime international a eu un effet d'aiguillon pour intégrer la question à l'agenda de l'OMI en 1997 (Oberthür, 2003). Avec l'affaiblissement du régime climatique dans les années qui ont suivi, la pression de la CCNUCC sur l'OMI est moindre, même si des échanges réguliers ont lieu entre le Secrétariat de l'OMI et la CCNUCC. Or comme le note Gaskell (2003) : *« an important spur to IMO activity may be that, if no initiative is taken forward, another body may perform that work* ».

D'autres enjeux maritimes prioritaires

Par ailleurs, le contexte procédural de prise de décision de l'OMI a une influence sur le contenu des décisions. Le CPMM se réunit seulement trois fois tous les deux ans sur une durée d'une semaine avec un programme de travail chargé. La rapidité d'avancement sur un sujet dépend de la priorité qui lui est accordée dans l'agenda. L'agenda du CPMM au début des années 2000 est déjà bien occupé notamment par les discussions sur les peintures antifouling (à l'agenda depuis 1988) et la gestion des eaux de ballast (à l'agenda depuis 1991). De plus, la survenue d'accidents maritimes se traduit en général par des changements soudains dans l'ordre des priorités de l'agenda des comités techniques de l'OMI (Gaskell, 2003). Ainsi, le naufrage de l'Erika en décembre 1999 et celui du Prestige en 2003 ont priorisé l'examen du retrait accéléré des pétroliers à simple coque à l'agenda du CPMM pour pouvoir amender très rapidement la Convention MARPOL, dans le but d'éviter des mesures unilatérales de la part de l'Union européenne (cf. encadré 5).

La combinaison de ces facteurs (minimisation de l'enjeu de la réduction des émissions du transport maritime par l'étude de 2000, absence d'accord sur le principe à appliquer entre les pays

développés et les pays en développement, absence de pression exogène de la CCNUCC, autres priorités à l'agenda) se traduit par une situation de blocage des négociations, et une faible appropriation du problème par l'OMI. Les acteurs du processus ne parviennent pas à passer de l'agenda de travail à l'agenda décisionnel.

3.2.3 La constitution des émissions de CO_2 du transport maritime comme domaine d'action de l'UE

Face à la situation bloquée à l'OMI, l'Union européenne perçoit l'opportunité d'agir et de consolider sa position à la fois dans le domaine climatique, où elle a acquis un leadership mondial profitant de l'espace vide crée par la non-ratification du Protocole de Kyoto par les Etats-Unis, et dans le domaine du transport maritime, où elle a déjà eu l'occasion de s'autonomiser par rapport à l'OMI en 2003 sur les questions de sécurité maritime (voir encadré 5).

L'extension de la lutte contre les GES terrestres aux transports maritimes

De manière similaire à la pollution de l'air générée par le transport maritime, les émissions de CO_2 des navires sont à la jonction de deux domaines privilégiés de l'action européenne : la lutte contre les changements climatiques et le transport maritime. Nous avons évoqué précédemment la progression des compétences de l'UE en matière de transport maritime (cf. § 1.2.1). Il s'agit à présent de voir les fondements de la politique climatique européenne.

L'Union européenne a été pionnière dans la lutte contre le changement climatique. Dès 1989, avant même que le GIEC ne remette son premier rapport et que soit instauré le régime international du climat, le Conseil des Ministres en charge de l'environnement adoptait sa première résolution invitant la Communauté européenne[69] à s'engager dans ce combat. En 1991, la Commission proposait une première stratégie de réduction des émissions de CO_2, avant même l'adoption de la CCNUCC. La Convention-Cadre et le Protocole de Kyoto ont été conclus à la fois par la Communauté européenne et par ses Etats membres. Dans le Protocole, la Communauté européenne et les Etats membres s'engagent collectivement à réduire de 8 % leurs émissions en 2012 par rapport à leurs niveaux de 1990. En 1999, la Commission présente une stratégie pour la mise en œuvre du Protocole de Kyoto proposant d'adopter des politiques communes dans

[69] La dénomination « Union européenne » a remplacé celle de « Communauté européenne » depuis l'entrée en vigueur du traité de Lisbonne le 1er décembre 2009. La distinction entre les deux dénominations n'est pas systématiquement réalisée dans le texte.

différents secteurs (énergie, transport, industrie, agriculture, etc.), « cherchant clairement à communautariser les politiques climatiques » (Maljean-Dubois et Wemaëre, 2010).

La progression des compétences de l'UE à la fois en matière de lutte contre les changements climatiques et de transport maritime lui a permis de poser les fondements d'une politique sur les émissions de CO_2 des navires, encouragée par ailleurs par l'absence d'avancées au niveau international. Dès 2002, le sixième programme d'action pour l'environnement[70] envisage d'identifier et de prendre des mesures spécifiques « pour réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant des navires, si aucune action de cette nature n'est décidée au sein de l'Organisation maritime internationale d'ici à 2003 ». Cette action est rappelée dans la Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil sur « Une stratégie de l'Union européenne pour réduire les émissions atmosphériques des navires de mer » (COM/2002/0595).

La considération par la Commission européenne de mesures régionales pour les transports internationaux

En 2009, la directive 2009/29/CE prévoit dans un considérant qu'en l'absence d'accord international sur les émissions de CO_2 du transport maritime international d'ici le 31 décembre 2011, la Commission européenne élaborera une proposition pour inclure ces émissions dans l'objectif communautaire de réduction. En d'autres termes, si les négociations internationales n'aboutissent pas à l'OMI, l'UE agira de manière unilatérale sur les émissions du transport maritime. La directive 2009/29/CE, qui améliore et étend le système européen d'échange de quotas d'émission (EU ETS en anglais pour European Union Emission Trading Scheme) (cf. encadré 7), fait partie du Paquet Climat Energie, plan d'action qui vise à mettre en œuvre l'objectif fixé en mars 2007 par le Conseil de réduire les émissions de GES de l'UE d'ici à 2020 d'au moins 20 % par rapport à leur niveau de 1990 sans préjudice des résultats des négociations internationales (le Protocole de Kyoto ne fixant un objectif de réduction que jusqu'en 2012).

La démarche de l'UE concernant les émissions de CO_2 du transport maritime international se veut symétrique à celle engagée pour les émissions du transport aérien international. La directive 2008/101/CE prévoit en effet l'intégration du transport aérien dans l'EU ETS en 2012. L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) rencontre les mêmes difficultés que l'OMI à aboutir à un accord international sur les émissions de GES du secteur aérien. En

[70] Le sixième programme d'action pour l'environnement de l'Union européenne, établi en 2002, formule des objectifs prioritaires de politique environnementale et définit des orientations stratégiques à court et moyen termes de l'Union. Un des grands axes de ce programme a trait au changement climatique. La réduction des émissions de GES dans le secteur des transports est identifiée comme l'un des objectifs de ce programme.

envisageant des mesures régionales pour ces secteurs internationaux, l'UE joue la carte de l'effet d'entraînement au niveau international escompté d'une proposition ambitieuse au niveau européen. A ce titre, l'enjeu de la réduction des émissions de CO_2 des transports maritimes et aériens internationaux est défini par les institutions européennes comme l'un des marqueurs de la plus-value de l'UE à régler des problèmes transnationaux, opérant un changement d'échelle des politiques européennes.

Encadré 7 - Le marché européen du carbone

Le système européen d'échange de quotas d'émission (EU ETS en anglais pour European Union Emission Trading Scheme), en vigueur depuis 2005, s'applique à près de 12 000 installations industrielles dans les secteurs de la production électrique, du chauffage urbain, de la cogénération, des raffineries, de la production de métal, de ciment, de verres et de papiers. Le système couvre environ 2 gigatonnes de CO_2 par an, équivalent à 40 % des émissions européennes de GES. Il a été mis en place pour respecter l'engagement de l'UE au Protocole de Kyoto de réduction de 8 % des émissions sur la période 2008-2012. Une nouvelle phase du dispositif (2013-2020) a été amorcée en 2013 dans l'optique d'obtenir une réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre en 2020 (par rapport à 1990), conformément à l'engagement du Conseil pris en mars 2007.

3.3 L'évolution du discours expertal à l'OMI et des solutions préconisées

Nous revenons à la scène internationale. En 2006, la difficulté d'avancement des négociations avait conduit le CPMM à décider du lancement d'une deuxième étude sur les GES du transport maritime afin d'apporter des éléments nouveaux susceptibles de nourrir les discussions. Cette sous-section explore la manière dont la seconde étude de l'OMI sur les émissions de GES du transport maritime a participé à redéfinir les modalités de règlement du problème et à lancer les débats à l'OMI sur un instrument de marché. Bien que soutenu par l'Union européenne, ce débat n'a pu aboutir et cet échec a conduit à un retour vers les instruments réglementaires.

3.3.1 Un deuxième recours à l'expertise qui contribue à recentrer la formulation des solutions vers la recherche de l'efficacité économique

La seconde étude de l'OMI sur les GES (Buhaug et al., 2009) est présentée lors du CPMM 59 en 2009. Cette étude a participé au travail de reformulation du problème des émissions de CO_2 du transport maritime car ses résultats amènent à redéfinir l'enjeu et ses modalités de règlement.

La contribution du transport maritime aux émissions de CO_2 est réévaluée à la hausse en utilisant une technique d'estimation jugée plus fiable. Les émissions du transport maritime international sont ainsi estimées à 2,7 % des émissions mondiales en 2007. Il est mis en avant que l'absence de mesures implique une croissance exponentielle des émissions à l'horizon 2050 (croissance estimée entre 150 % et 250 % en 2050 par rapport au niveau de 2007). Un fort potentiel de réduction est identifié grâce à un grand nombre de mesures techniques et opérationnelles qui, cumulées, permettraient de réduire les émissions de 25 % à 75 %. La plupart de ces mesures ont un bon rapport coût-efficacité, c'est-à-dire que les économies de carburant qu'elles permettent de réaliser compensent leur coût de mise en œuvre. Les transports maritimes sont reconnus comme un mode de transport présentant un bon rendement énergétique mais ce constat est nuancé par le fait que toutes les formes de transport maritime ne sont pas plus efficaces que toutes les autres formes de transport. Enfin, concernant les modalités de règlement du problème, l'étude reconnaît que l'application de normes sur l'efficacité énergétique nominale des navires neufs (via des limites sur leur valeur d'EEDI) est une solution offrant un bon rapport coût-efficacité, et conduit à l'amélioration de la conception des navires neufs. Toutefois, leur effet sur l'environnement est limité car elles ne s'appliquent qu'aux navires neufs et encouragent uniquement à apporter des améliorations à la conception et non pas à l'exploitation des navires. Les réductions d'émission de cette mesure ne sont pas suffisantes pour compenser la croissance des émissions du transport maritime, ne permettant pas une réduction du niveau absolu des émissions de GES des navires. L'étude met en avant l'intérêt que présentent les instruments de marché pour réduire les émissions du transport maritime (pour la distinction entre les normes et les instruments de marché, voir encadré 8). Deux solutions sont examinées : un système d'échange de quotas d'émission et une taxe sur le carburant de soute alimentant un fonds. Les instruments de marché encouragent la mise en œuvre à la fois de mesures techniques et opérationnelles présentant le meilleur rapport coût-efficacité. Ils sont présentés comme des compléments nécessaires aux normes sur les navires neufs pour réduire non seulement les émissions en intensité[71], mais aussi pour atteindre une réduction absolue du niveau d'émission du transport maritime.

Les résultats de la seconde étude de l'OMI tranchent donc avec ceux de la première étude publiée en 2000. La contribution du transport maritime aux émissions de GES est présentée comme non négligeable et il est mis en avant que l'absence de mesure de réduction implique une croissante forte et rapide de ses émissions. Les solutions préconisées par la seconde étude

[71] La réduction en intensité des émissions signifie la réduction des émissions par activité de transport (par exemple émissions par tonne-kilomètre). Si la croissance de l'activité de transport est supérieure à la réduction des émissions en intensité, alors le niveau absolu des émissions du transport augmente.

s'inscrivent de surcroît dans une logique de recherche de l'efficacité économique des mesures à engager et d'atteinte d'une réduction absolue des émissions, et non plus seulement relative.

Encadré 8 - Instruments réglementaires et instruments de marché : les deux grandes approches des politiques environnementales

Il existe une grande variété d'instruments utilisés par les politiques publiques pour réduire les impacts environnementaux. Ils sont généralement classés en deux grandes catégories : l'intervention réglementaire (« command-and-control » dans la littérature anglo-saxonne) et les instruments de marché. L'intervention réglementaire est une approche classique des politiques environnementales. Le principe est de corriger une externalité négative en prescrivant de manière explicite le comportement des agents par le biais d'instruments réglementaires de types normes, standards, zonages, restrictions d'utilisation, etc., et ce souvent sous la menace de la sanction. Les instruments de marché, en revanche, se situent dans une logique d'incitation économique, et tentent d'encourager les comportements par des signaux du marché plutôt que par des directives explicites concernant les méthodes de contrôle de la pollution. Ils visent à internaliser les externalités en établissant un signal-prix.

On distingue deux types d'instruments de marché : la fiscalité environnementale et les marchés de permis d'émission. Dans le cas d'un marché de permis d'émission, la puissance publique fixe un plafond d'émission et distribue des permis d'émission aux agents émetteurs (la somme de ces permis correspondant au plafond). Les agents sont autorisés à acheter ou vendre des permis sur un marché. La réalisation de ces transactions conduit à la formation d'un prix de marché des permis qui reflète la sévérité de la contrainte environnementale. Les agents comparent alors le prix des permis à leur coût marginal de dépollution. Si leur coût marginal de dépollution est inférieur au prix des permis, ils décideront de réduire leur pollution et de vendre leur permis. Si en revanche le prix du permis est inférieur à leur coût marginal de dépollution, ils choisiront d'acheter des permis et de continuer à polluer. L'ensemble de ces décisions doit conduire à une quantité totale de pollution égale au plafond fixée par la puissance publique. Dans le cas de la fiscalité environnementale, les agents doivent payer une taxe sur les volumes de pollution émis. Ils vont dès lors comparer leur coût de dépollution au coût de la taxe. Si le signal-prix envoyé par la taxe est suffisamment correctif, les agents sont incités à réduire leur pollution. A l'inverse des permis d'émission, avec une taxe, on connaît à l'avance le coût qui sera imposé aux acteurs économiques mais sans garantie sur les quantités de pollution résultantes. Dans le cas d'un marché de permis d'émission, l'objectif quantitatif de pollution sera atteint mais sans connaître à l'avance le prix auquel cet équilibre se réalisera.

Pour une analyse détaillée de l'application des instruments réglementaires et des instruments de marché aux émissions de CO2 du transport maritime, voir Doudnikoff (2011).

3.3.2 Le débat avorté sur les instruments de marché

L'idée d'un instrument de marché, déjà envisagée dans la première étude, est réactivée par l'étude de 2009 et marque un renouveau des travaux de l'OMI. Outre ses qualités intrinsèques sur

le plan de l'environnement et sur le plan économique, l'instrument de marché apparaît comme une solution permettant de réconcilier les principes des responsabilités communes mais différenciées et d'absence de traitement plus favorable. En effet, l'instrument de marché pourrait s'appliquer à tous les navires sans distinction de pavillon mais les fonds récoltés (par le biais d'une taxe ou de la vente de permis d'émission) seraient affectés à des mesures d'atténuation et d'adaptation dans les pays en développement. Cette solution ne satisfait guère les pays en développement qui font valoir qu'une telle mesure augmenterait les coûts du transport et pénaliserait leurs exportations. Un plan de travail pour la poursuite de l'examen des instruments de marché est convenu : les Etats sont invités à soumettre des propositions d'instruments de marché, en vue d'identifier les mesures à prendre de préférence lors de la 62ème session du CPMM en juillet 2011. Ce calendrier avait pour objectif de parvenir à des propositions concrètes avant la conférence de Durban prévue en novembre 2011 (Burkel, 2012), et avant l'ultimatum fixé par la directive européenne 2009/29/CE.

Un certain nombre de propositions autour des deux grandes catégories d'instruments de marché envisagées par la deuxième étude, ainsi que sur des instruments hybrides combinant normes sur l'efficacité énergétique et mécanismes de marché, sont formulées par les Etats membres et les organisations observatrices de l'OMI à l'occasion du CPMM 60 en 2010. Ces propositions de déclinent autour des modalités envisageables de ces instruments. La Commission européenne a apporté son soutien au débat et a encouragé les Etats membres à présenter des propositions. Le tableau 11 propose un résumé des sept propositions formulées.

Tableau 11 - Propositions d'instruments de marché formulées par les Etats et les organisations observatrices de l'OMI lors du CPMM 60 en 2010

Auteurs de la soumission	Catégorie d'instrument	Eléments de la proposition
(1) Jamaïque	Taxe	Une taxe uniforme au niveau mondial serait collectée par les Etats du port sur les navires faisant escale dans leurs ports en fonction de la quantité consommée pour arriver au port et du type de carburant utilisé. Le montant de la taxe serait fixé pour atteindre un objectif mondial de réduction.
(2) Chypre, Danemark, Iles Marshall, Nigéria, International Parcel Tankers Association	Taxe alimentant un fonds	Une taxe carbone sur le fuel serait payée par les fournisseurs de carburant ou les armateurs pour alimenter un fonds international. Un objectif de réduction serait fixé pour le transport maritime international. Les émissions dépassant l'objectif fixé seraient compensées par l'achat de crédits Kyoto via le fonds. Le fonds pourrait aussi financer des activités d'adaptation et d'atténuation dans les pays en développement.
(3) Japon	Taxe alimentant un fonds lié à des normes d'efficacité énergétique	Une taxe collectée sur les fiouls de soute alimenterait un fonds international. Les revenus de ce fonds seraient reversés aux navires atteignant ou dépassant des normes d'efficacité dites de « bonnes performances ». Cette proposition ressemble à la soumission (2), à la différence que les revenus du fonds visent à encourager des réductions à l'intérieur du secteur du transport maritime.
(4) Norvège	Système d'échange de droits d'émission	Un plafond serait fixé pour les émissions du transport maritime international. Un système d'échange de droits d'émission permettrait d'acheter des permis aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du secteur. En étant ouvert aux autres secteurs, le mécanisme permet au secteur maritime de poursuivre sa croissance au-delà du plafond fixé. Les revenus des ventes aux enchères des permis seraient affectés à des mesures d'adaptation et d'atténuation dans les pays en développement. Des exemptions pourraient être prévues pour les voyages à destination des petits Etats insulaires en développement.
(5) France	Système d'échange de droits d'émission	Proposition quasiment identique à celle de la Norvège.
(6) Royaume-Uni	Système d'échange de droits d'émission	Proposition quasiment identique à celle de la Norvège.
(7) Etats-Unis	Normes d'efficacité énergétique combinées à des échanges de crédits d'efficacité énergétique	Tous les navires seraient soumis à des normes d'efficacité énergétique. Un système d'échange de crédits d'efficacité énergétique permettrait aux navires dépassant ces normes de vendre leur « excès » d'efficacité énergétique aux navires qui ont plus de difficultés à atteindre ces normes. Les normes seraient ajustées en fonction des technologies et deviendraient de plus en plus contraignantes au fil du temps. Ce mécanisme vise des réductions d'émission par tonne-mille plutôt qu'un plafonnement absolu des émissions du secteur.
(8) World Shipping Council	Normes d'efficacité énergétique combinées à une taxe	Tous les navires seraient soumis à des normes d'efficacité énergétique. Les navires ne parvenant pas à atteindre ces normes devraient payer une taxe sur le carburant consommé.

Comme l'illustre la diversité de ces propositions, de nombreuses formules peuvent être déclinées à partir du principe de base de l'instrument de marché. La mise en place d'un mécanisme concret exige la spécification d'un certain nombre de variables : mécanisme fondé sur les prix (propositions (1), (2), (3)) ou sur les quantités (propositions (4), (5), (6)) ou couplé à des normes (propositions (3), (7), (8)) ? Plafonnement absolu (propositions (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou relatif des émissions (propositions (7) et (8)) ? Application seulement au secteur maritime (propositions (3), (7), (8)) ou ouverture à d'autres secteurs (propositions (2), (4), (5), (6)) ? Utilisation des revenus dédiée aux pays en développement (propositions (2), (4)) ? D'autres variables doivent aussi être spécifiées comme les règles de l'allocation initiale des permis, l'identité des agents participants au mécanisme (fournisseurs de carburant, propriétaires des navires, opérateurs ?), l'autorité institutionnelle assurant le fonctionnement, les mécanismes de contrôle, les formes de pénalités en cas de fraude, etc.

Le nombre de combinaisons possibles rend difficile et longue la convergence sur un instrument donné, pénalisant la recherche d'un accord international (Godard, 1992). Néanmoins, aussi détaillées soient ces propositions, les discussions n'ont pas tant porté sur les modalités pratiques de l'instrument de marché, mais sont revenues sur ce qui constitue le nœud de la question, à savoir le traitement des pays en développement. Deux positions émergent dans les discussions. Un premier groupe d'Etats considère qu'un instrument de marché constitue la solution idoine en raison de sa capacité à atteindre l'efficacité économique et la possibilité d'affecter les fonds récoltés aux pays en développement. Cette position est principalement celle des pays développés, mais aussi de certains pays en développement comme le Nigéria, les Iles Marshall et la Jamaïque. Un deuxième groupe d'Etats considère qu'un tel instrument pénaliserait les exportations des pays en développement et ne devrait s'appliquer qu'aux pays développés. Il fait peu de cas de la proposition de réaffecter les fonds aux pays en développement. Cette position est celle des principaux pays émergents comme la Chine, l'Inde et le Brésil, mais également des petits pays en développement et des Etats insulaires comme les Bahamas. L'absence de consensus n'a pas permis au CPMM de prendre une position sur le sujet lors de sa 62ème session en 2011, contrairement à ce que prévoyait son plan de travail de 2009.

Théoriquement séduisant par ses propriétés d'efficacité économique, l'instrument de marché n'apporte pas de réponse au besoin d'accord sur les principes fondamentaux, et notamment celui de la définition d'une règle de répartition des efforts, point nodal du problème négocié. « Les instruments de politique engagent manifestement davantage que ce que leur statut instrumental pourrait laisser croire ; ils ont des affinités avec certains ordres de justification et sont dissonants au sein d'autres » (Godard, 2012).

3.3.3 Retour aux instruments réglementaires : l'adoption d'un amendement à l'Annexe VI de MARPOL incluant l'EEDI et le SEEMP

Les discussions sur les instruments de marché n'ayant pas abouti, les Etats désireux d'une avancée concrète se sont recentrés sur l'établissement d'instruments réglementaires. Un projet d'amendement à l'Annexe VI de la Convention MARPOL est diffusé lors du CPMM 62 en 2011. L'amendement prévoit l'établissement obligatoire de limites sur la valeur de l'EEDI des navires neufs construits à partir du 1er janvier 2013, et la mise en œuvre obligatoire d'un plan de gestion de rendement énergétique (SEEMP) pour tous les navires. L'établissement de limites sur la valeur de l'EEDI des navires neufs revient à imposer un niveau maximal d'émissions de CO_2 par tonne-mille au stade de la conception pour différents types et dimensions de navires neufs, tout en laissant aux constructeurs navals le choix des moyens technologiques pour parvenir à ces résultats. L'amendement prévoit que les navires construits entre 2013 et 2019 devront voir leur valeur d'EEDI améliorée en moyenne de 10 % par rapport à l'EEDI moyen des navires construits entre 1999 et 2009, ceux construits entre 2020 et 2024 de 20 % et ceux construits après cette date de 30 %, afin de suivre le rythme des progrès technologiques.

Cet amendement rencontra l'opposition des pays en développement. Le compromis qui fut trouvé fut d'inclure dans le texte un projet de résolution sur la coopération technique et le transfert de technologies[72], ainsi qu'une dispense pour les pays en développement d'appliquer à leur flotte la limitation de l'EEDI pendant une période de 6,5 ans. Ce compromis a permis d'obtenir le soutien des petits Etats insulaires, comme les Bahamas, les Iles Cook, Samoa, Tuvalu et Vanuatu, ainsi que de la Russie, de l'Ukraine, de Singapour, et du Panama. Alors qu'un consensus était sur le point d'aboutir, la délégation de l'Arabie Saoudite réclama un vote. Le vote est une procédure rare au sein de l'OMI où la prise de décision se fait principalement par consensus. La démarche de l'Arabie Saoudite ne visait pas à empêcher l'adoption de l'amendement, car une majorité de délégations y était favorable, mais bien à marquer la division sur le sujet. C'est un geste fort symboliquement car il rompt l'idée de compromis et d'efforts permanents de négociations qu'implique la démarche consensuelle de l'OMI. Au final, seuls l'Arabie saoudite, le Brésil, le Chili, la Chine, et le Koweït ont voté contre l'amendement. Celui-ci a pu ainsi être adopté en 2011, marquant après quatorze années de négociations l'aboutissement des premières mesures contraignantes sur les émissions de CO_2 du transport maritime.

[72] L'idée est que les pays développés fournissent un appui financier et technologique aux pays en développement pour que leur secteur maritime puisse améliorer son efficacité énergétique.

3.4 Un processus inachevé

L'adoption de l'EEDI et du SEEMP, si elle constitue un progrès notable dans un processus complexe et conflictuel, n'a pas clos celui-ci.

3.4.1 La résolution sur la coopération technique et le transfert de technologies

L'amendement intégrant l'EEDI et le SEEMP à l'Annexe VI de MARPOL prévoit l'adoption d'une résolution sur la coopération technique et le transfert de technologies. A la différence d'un amendement à une convention, une résolution n'a pas de force juridique, et ce texte aurait dû, en principe, être adopté facilement. Cependant, les discussions autour de cette résolution ont à nouveau été le théâtre d'une opposition virulente entre pays en développement et pays développés. Les pays en développement souhaitaient que cette résolution fasse référence au principe des responsabilités communes mais différenciées. L'enjeu pour eux ne portait pas tant sur la coopération technique mais bien sur l'intégration du principe des responsabilités communes mais différenciées dans un texte adopté par l'OMI afin de créer un précédent. Les pays développés défendaient le maintien du principe d'absence de traitement plus favorable, et certains d'entre eux, comme l'Allemagne, se sont inquiétés du respect des droits de propriété intellectuelle dans le cadre des transferts de technologie. Finalement, après d'âpres négociations lors des CPMM 63, 64 et 65, la résolution sur la coopération technique et le transfert de technologies est adoptée lors du CPMM 65 en mai 2013. Elle contient une référence au principe des responsabilités communes mais différenciées et une référence au principe d'absence de traitement plus favorable. Cette situation, en permettant à chaque groupe de pays d'interpréter le texte dans le sens qu'il souhaite, renforce l'ambiguïté institutionnelle mentionnée précédemment (cf. § 3.1.2), générant une incertitude sur les règles du processus.

3.4.2 La nouvelle stratégie de la Commission européenne : vers un instrument européen de surveillance, déclaration et vérification des émissions de CO_2

Du côté de la Commission européenne, l'adoption de l'EEDI et du SEEMP en juillet 2011, c'est-à-dire avant la fin de l'ultimatum fixé par la directive 2009/29/CE, n'a pas mis fin à son activisme. Elle a estimé que les progrès devaient être poursuivis pour aboutir à des mesures plus contraignantes. Depuis l'adoption de la directive 2009/29/CE, la Commission envisageait sérieusement la possibilité de mettre en œuvre un instrument de marché européen couvrant les

émissions du transport maritime pour les échanges en rapport avec son territoire[73], suivant la même philosophie que sa démarche engagée dans le transport aérien international. Dans cette optique, elle a fait réaliser deux études d'impact (CE Delft, 2009 ; AEA, 2013) pour évaluer les différentes options envisageables. Néanmoins, les difficultés rencontrées dans le domaine de l'aérien ont amené la Commission à revoir sa stratégie. En effet, la directive 2008/101/CE prévoyait l'intégration dans le marché européen du carbone des émissions de tous les vols à l'arrivée ou au départ des aéroports se trouvant sur le territoire des Etats membres de l'UE à compter de janvier 2012, y compris les vols réalisés par les compagnies aériennes de pays tiers. Cette directive a été fortement critiquée par de nombreux pays et organismes externes à l'UE qui ont exercé une pression considérable pour que l'UE renonce à cette mesure[74]. En novembre 2012, l'UE a finalement décidé d'ajourner l'intégration des vols vers ou en provenance d'aéroports hors Union européenne de l'EU ETS pour apaiser les tensions et privilégier la recherche d'un accord international au sein de l'OIAC.

Ces événements dans le domaine du transport aérien ont influencé la stratégie européenne concernant les émissions de CO_2 du transport maritime. Pour éviter un échec similaire dans le maritime, la stratégie européenne s'est réorientée sur deux éléments. Le premier élément repose sur l'établissement d'un système européen de mesure des émissions de CO_2 du transport maritime. En juin 2013, la Commission européenne a élaboré une proposition de règlement sur un système de « Monitoring, Reporting, Verification » (MRV). Cette proposition repose sur l'obligation faite à tous les navires faisant escale dans les ports de l'UE de mesurer leurs émissions de CO_2 et de les déclarer annuellement à une autorité européenne à partir de 2018. Cette proposition présente l'avantage de maintenir le temps d'avance de l'UE sur l'OMI en évitant de susciter une forte opposition (puisque qu'aucune réduction n'est exigée par le mécanisme). En outre, cette mesure permettra à l'UE de disposer de nouvelles connaissances empiriques sur les émissions du transport maritime international, ce qui peut constituer un avantage décisif dans les négociations

[73] Plusieurs périmètres ont été envisagés : un périmètre juridique (les émissions des navires au sein des eaux territoriales des pays de l'UE), des périmètres géographiques (les émissions des navires entre les ports de l'UE, ou entre le dernier port non-UE touché et les ports de l'UE), un périmètre temporel (les émissions des navires durant une période de navigation avant d'entrer dans un port de l'UE), et un périmètre marchand (les émissions liées au fret européen transporté entre le port de chargement de ce fret et le port de déchargement européen). Pour une analyse des différents périmètres, voir Lacoste et al. (2011), Lacoste et Gambet (2012).

[74] L'Air Transport Association of America (ATA), organisation commerciale regroupant les principales compagnies aériennes américaines, a déposé en 2009 un recours auprès de la Cour de Justice de l'UE. Elle souhaitait que celle-ci se prononce sur la conformité de la directive avec les règles de l'OIAC, dans la mesure où certains vols soumis aux quotas auront lieu hors de l'espace aérien communautaire. Les Etats-Unis ont adopté en 2012 le « European Union Emissions Trading Scheme Prohibition Act of 2011 » interdisant aux transporteurs aériens américains de participer à l'EU ETS. La Chine a, de son côté, menacé d'annuler une commande d'Airbus si l'UE ne renonçait pas à son dispositif.

internationales et pourra servir de base à la préparation d'un futur instrument de réduction, européen ou international.

Le deuxième élément de la stratégie européenne est la recherche d'une solution internationale. Compte tenu des difficultés rencontrées par l'OMI pour faire adopter un instrument de marché, la Commission européenne a pris l'initiative en septembre 2012 de constituer un groupe de travail informel associant quelques Etats membres et des pays favorables à un instrument de marché international pour le transport maritime (Etats-Unis, Japon, Canada notamment). L'objectif de ce groupe de travail est d'échanger sur de nouvelles approches à proposer au CPMM qui pourraient renouveler les débats et apporter un nouveau souffle aux négociations. Les participants au groupe de travail informel partagent l'idée qu'il faut recentrer les discussions à l'OMI sur une mesure technique pour les navires existants, plutôt qu'un instrument de marché du carbone qui cristallise l'opposition des pays en développement et qui a une dimension trop politique.

3.4.3 Le recentrage des débats à l'OMI sur l'efficacité énergétique

Les échanges du groupe de travail informel ont pu impulser de nouvelles propositions d'instruments au comité de protection du milieu marin de l'OMI. Les Etats-Unis ont proposé en 2013 une approche en trois phases fondées sur l'efficacité énergétique des navires existants : une phase de collecte de données, une phase pilote non obligatoire puis une phase obligatoire d'amélioration de l'efficacité énergétique des navires de x% par rapport à une courbe de référence qui serait définie grâce à la phase de collecte de données (MEPC 65/4/19). Des mesures techniques et opérationnelles pourraient être combinées pour l'atteinte de l'objectif d'amélioration. L'efficacité énergétique serait calculée en rapportant le nombre de joules consommées au nombre d'heures de service annuel du navire. A partir de cette proposition, un document présenté par l'Allemagne, la Belgique, le Canada, le Danemark, le Japon, la Norvège et le Royaume-Uni (MEPC 65/4/30) a proposé trois variantes de l'indicateur sur lequel faire reposer un tel système. La première variante s'appuie sur l'EEOI, l'indice opérationnel sur l'efficacité énergétique exprimé en gCO_2/tonne-mille marin, outil déjà connu à l'OMI. La deuxième variante s'appuie sur un indicateur exprimant la quantité de CO_2 sur la distance parcourue (en gCO_2/mille marin). Enfin, la dernière variante s'appuie sur la consommation de carburant de chaque navire. Le tableau 12 résume les indicateurs des quatre options présentées.

Tableau 12 - Indicateurs des options envisagées

	Indicateur
1. Option des Etats-Unis	Joule/heure de service
2. Option EEOI (energy efficiency operational index)	gCO_2/tonne-mille marin
3. Option indicateur d'efficacité	gCO_2/mille marin
4. Option réduction directe de la consommation	Consommation de carburant

Les quatre indicateurs proposés suscitent plusieurs commentaires. Tout d'abord, certains d'entre eux ne font plus référence aux émissions de CO_2 mais à l'énergie (option 1) ou à la consommation de carburant (option 4). Notons d'ailleurs que les options reposant sur l'intensité carbone (options 2 et 3) sont présentées comme des mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique, ce qui n'est donc pas tout à fait exact d'un point de vue terminologique. Cela revient à nouveau à ne plus parler directement de CO_2, ce qui n'est pas anodin car ce glissement sémantique (que nous avions déjà relevé concernant l'EEDI et l'EEOI, cf. 3.2.2) transforme le problème de la contribution du transport maritime aux changements climatiques en un problème technique d'efficacité énergétique des navires. En outre, l'établissement d'objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique vise à des réductions d'émissions relatives et non pas absolues, ce qui a pour avantage de ne pas empêcher une augmentation de l'activité de transport maritime, rendant le mécanisme moins ambitieux qu'un instrument de marché mais plus acceptable. Le transport est en effet envisagé traditionnellement comme un facteur de développement. De manière générale, les politiques de réduction des externalités liées au transport visent à les réduire sans agir sur le niveau de l'activité lui-même (Meunier et Zéroual, 2006).

Les discussions se poursuivent aujourd'hui à l'OMI sur la base de ces propositions.

La recherche de coordination sur l'efficacité énergétique : des avantages certains en configuration d'univers controversé

Cette nouvelle posture présente selon nous des avantages en configuration d'univers controversé. Le problème des émissions de CO_2 du transport maritime donne prise à des controverses sociales car il touche à des intérêts qui ont une dimension politique. Les acteurs doivent en effet élaborer, reconnaître et mettre en œuvre des principes pour constituer une matrice, perçue comme légitime, pour la constitution d'accords sur des instruments de politique (Godard, 1990). Les instruments de politique mis en avant dans le débat engagent donc plus que leur simple valeur instrumentale. Godard (1992) explique que dans un tel contexte, il vaut mieux chercher à minimiser les besoins d'accords sur les principes en mettant l'accent sur la recherche d'une coordination sur des variables moins exigeantes à cet égard. En évacuant provisoirement le

besoin d'une règle de répartition des efforts devant trancher entre égalité (principe d'absence de traitement plus favorable) et équité (principe des responsabilités communes mais différenciées), le recentrage opéré sur l'efficacité énergétique peut y contribuer.

3.5 Synthèse

Les émissions de CO_2 du transport maritime ont échu à l'agenda de l'OMI, par l'incapacité de la CCNUCC à aborder les émissions du transport international dans le cadre mis en place pour les autres secteurs et la volonté de mener les discussions au sein de l'institution spécialisée par souci de préserver la spécificité maritime. Ce transfert de « compétence » est marqué par une ambiguïté institutionnelle majeure qui réside dans les approches fondamentalement différentes de la CCNUCC et de l'OMI. L'action de la première repose sur le principe des responsabilités communes mais différenciées quand l'action de la seconde se fonde sur l'absence de traitement plus favorable de ses membres.

La problématisation et les solutions envisagées ont fortement évolué entre les deux phases d'expertise de 2000 et de 2009. En 2000, les conclusions de la première étude de l'OMI sur les GES des navires insistent sur la faible contribution des transports maritimes aux émissions de GES et privilégient les solutions techniques sur les navires neufs par le biais de normes. En 2009, les conclusions de la seconde étude réévaluent à la hausse la contribution des navires aux émissions de GES, soulignent la croissance exponentielle de ces émissions, et préconisent un instrument de marché, seul à même d'atteindre l'efficacité économique et d'aboutir à une réduction absolue des émissions. D'autre part, le discours change lui aussi : on passe de la réduction des émissions de CO_2 à l'amélioration de l'efficacité énergétique des navires, un glissement sémantique destiné à dépolitiser les débats.

Face à la situation de blocage des négociations, l'OMI s'oriente d'abord vers l'élaboration d'outils qui reposent sur l'expertise technique, ne véhiculent pas d'enjeux politiques bloquants, et ne remettent pas en cause le principe d'absence de traitement plus favorable : EEDI, SEEMP et EEOI. Ces mécanismes sont dans un premier temps non contraignants. Ce sont là des instruments qui traduisent des ambitions relativement modestes au regard des enjeux mais qui sont acceptables par les parties prenantes.

La seconde étude lance les débats à l'OMI sur l'élaboration d'un instrument de marché pour les émissions de CO_2 des navires. En dépit des qualités intrinsèques de ce type d'instrument, les enjeux politiques qui l'entourent bloquent tout consensus. Cet échec conduit à reconsidérer les

instruments réglementaires : des valeurs limites sur la valeur d'EEDI des nouveaux navires et la mise en œuvre d'un plan de gestion de l'efficacité énergétique (SEEMP) pour tous les navires sont rendus obligatoires en 2011 via un amendement à l'Annexe VI de la Convention MARPOL.

Face aux difficultés de l'OMI, l'Union européenne perçoit l'opportunité d'agir et de consolider sa position à la fois dans le domaine climatique, où elle a acquis un leadership mondial, et dans le domaine du transport maritime, où elle a déjà eu l'occasion de s'autonomiser par rapport à l'OMI en 2003 sur les questions de sécurité maritime. En parallèle des discussions qui ont lieu à l'OMI sur les instruments de marché, la Commission envisage, en cas d'achoppement des négociations internationales, la mise en œuvre d'un instrument de marché régional pour les émissions du transport maritime. Néanmoins, la difficulté de faire accepter un instrument de marché européen dans le secteur aérien conduit l'UE à modifier son approche de la question dans le secteur maritime : en 2013, la Commission élabore une proposition de règlement sur un instrument de mesure, rapportage et vérification des émissions de CO_2 des navires faisant escale dans les ports européens. Cet instrument, dont la mise en œuvre est prévue à partir de 2018, permet à l'UE de disposer d'un temps d'avance sur l'OMI en évitant de susciter une forte opposition (puisque qu'aucune réduction n'est exigée par le mécanisme). La finalité de cet instrument est de disposer de connaissances sur les émissions du transport maritime, octroyant à l'UE la possibilité de mettre en place à plus long terme un instrument de marché européen, maintenant sur l'OMI la menace d'une action unilatérale. L'UE et ses Etats membres favorisent par ailleurs la recherche d'une solution internationale.

Le processus d'élaboration d'une politique de réduction des émissions de CO_2 du transport maritime est loin d'être achevé. En 2013, les négociations sur la résolution relative à la coopération technique et le transfert de technologies ont abouti à l'inclusion dans le texte d'une référence au principe des responsabilités communes mais différenciées et d'une référence au principe d'absence de traitement plus favorable. Cette situation, en permettant à chaque groupe de pays d'interpréter le texte dans le sens qu'il souhaite, renforce l'ambiguïté institutionnelle. Le recentrage des débats sur l'efficacité énergétique, une posture permettant de minimiser les besoins d'accords sur les principes, conjugué aux réflexions de l'UE sur la mise en œuvre future d'un instrument de marché européen pour succéder au MRV, pourraient permettre à terme d'aboutir à de nouveaux instruments au niveau européen et/ou international.

La figure 13 récapitule les principales étapes du processus.

Figure 13 - Chronogramme simplifié des grandes étapes du processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de CO_2

	1992	1997	2000	2001	2002	2003	2006	2008
Scène internationale	Adoption de la CCNUCC	Protocole de Kyoto Transfert des questions de GES maritimes à l'OMI	1ère étude d'expertise de l'OMI sur les GES du transport maritime	Constitution d'un groupe de travail d'élaboration d'indices		Résolution A.963(23) mandatant le CPMM d'identifier des mécanismes de réduction	Décision de mettre à jour l'étude sur les GES du transport maritime	
Scène européenne					Le sixième programme d'action pour l'environnement envisage de prendre des mesures spécifiques en cas d'absence d'action de l'OMI			Directive 2008/101/CE : prévoit l'intégration de l'aérien dans l'EU ETS en 2012

	2009	2010	2011	2012	2013
Scène internationale	2nde étude de l'OMI sur les GES du transport maritime Directives intérimaires sur les méthodes de calcul de l'EEDI, l'EEOI et l'établissement du SEEMP	Propositions des Etats sur des instruments de marché.	Inaboutissement des discussions sur un instrument de marché Amendement à l'Annexe VI de MARPOL : EEDI et SEEMP obligatoires		Résolution sur la coopération technique et le transfert de technologies Recentrage des discussions sur des mesures techniques d'amélioration de l'efficacité énergétique
Scène européenne	Directive 2009/29/CE : en l'absence d'accord à l'OMI d'ici le 31/12/2011, la Commission proposera une mesure européenne sur les GES du maritime	Réflexions de la Commission sur un instrument de marché européen sur les émissions maritimes		Recul de l'UE sur l'intégration des émissions des vols internationaux dans l'EU ETS	Proposition de règlement MRV sur les émissions de CO_2 des navires faisant escale dans les ports de l'UE

Conclusion

Notre analyse des processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime révèle une perméabilisation progressive du secteur à des problématiques non spécifiquement maritimes. Les acteurs doivent s'affranchir de perceptions initiales concevant le transport maritime comme un mode de transport efficace, peu émetteur, et dont les rejets polluants sont sans effet car émis en mer. Les processus sont complexes et comportent de multiples enchevêtrements. Ils sont marqués par des influences réciproques entre la scène européenne et la scène internationale.

L'action européenne en matière de pollution atmosphérique du transport maritime doit se comprendre comme participant à un mouvement plus global qui est celui de la construction européenne. Celle-ci consiste en l'agrégation de nouveaux champs au périmètre de compétences des institutions européennes selon une logique d'« expansion graduelle et continue du niveau européen par un processus d'engrenage lui permettant d'acquérir une indépendance progressive dans la prise de décision » (Lacuisse et Mayaux, 2010). C'est la progression des compétences de l'UE à la fois en matière d'environnement et de transport maritime qui lui a permis de fonder sa politique sur les émissions des navires. En cela, cette politique est bien représentative des enjeux internes du système politique européen. Le volontarisme affiché dans le domaine des émissions du transport maritime participe également d'une stratégie globale d'affirmation du statut international de l'Union, qui passe par la recherche d'une meilleure coordination de l'action de l'UE sur la scène internationale lors des travaux de l'OMI[75] et la possibilité de recourir à des mesures unilatérales. La maîtrise des émissions du transport maritime apparaît comme un enjeu d'influence dans un régime international jugé trop faible. Le traitement des émissions du transport maritime apparaît de la sorte comme représentatif à la fois des enjeux internes et externes du système politique européen.

A l'OMI, la recherche de convergence d'intérêts conflictuels, l'incertitude et la mobilisation de savoirs en univers controversé, impliquent des dynamiques d'apprentissage collectif. D'où la vigueur et la durée des processus de production des politiques de réduction des émissions du transport maritime. Entamés en 1988 pour les SO_x et les NO_x et en 1997 pour les GES, les processus de constitution des émissions du transport maritime en objet de politiques publiques

[75] L'adhésion à l'UE de Malte et Chypre en 2004, deux importants Etats du pavillon a contribué à renforcer la voix de l'UE à l'OMI. Néanmoins, il n'est pas toujours aisé de concilier les intérêts des Etats du pavillon (Grèce, Chypre et Malte) avec ceux des autres Etats européens.

sont toujours en cours. Malgré ce caractère inachevé, des instruments de réduction ont déjà été adoptés. Le choix des instruments est guidé par la perception qu'ont les acteurs des problèmes (elle-même influencée par les constructions scientifiques du moment) et les principes qu'ils considèrent comme légitimes. Il résulte souvent d'un délicat équilibre de conciliation d'intérêts divergents.

Si ces conclusions sont généralisées aux émissions du transport maritime dans leur ensemble, notre analyse a mis en évidence que les dynamiques d'élaboration de politiques sont bien distinctes entre d'une part la pollution de l'air (SO_x, NO_x, PM) et d'autre part les gaz à effet de serre (CO_2). Il s'agit bien de deux systèmes distincts de politiques, i.e. deux espaces relativement autonomes dans lesquels prévaut une logique propre pour orienter l'action publique.

Chapitre 3

Une prise en compte des politiques qui revêt une dimension stratégique pour les armateurs

Après avoir exploré l'« amont » des politiques de réduction des émissions du transport maritime, nous souhaitons à présent nous intéresser aux modalités de la prise en compte de ces politiques par leur public, c'est-à-dire les armateurs. Nous envisageons donc ici l'action publique du point de vue de ses destinataires.

Le chapitre 2 nous a permis de poser plusieurs constats : les processus politiques ont abouti à des instruments de réduction spécifiques (normes, zones de contrôle des émissions, plan de gestion de l'efficacité énergétique de la flotte, instrument de surveillance et de déclaration des émissions de CO_2) ; les politiques de réduction des émissions de SO_x, de NO_x et de CO_2 ont fait l'objet de deux processus d'élaboration distincts, et ont été marquées par l'intervention de plusieurs niveaux institutionnels ; enfin, ces processus sont toujours en cours et l'évolution finale des politiques demeure incertaine. Ces constats nous amènent à la question suivante : les processus qui ont abouti aux politiques de réduction des émissions du transport maritime (et qui sont encore en cours) sont-ils de nature à modifier les modalités d'appropriation de la politique maritime par les armateurs ? A partir des trois constats précédents, nous proposons une analyse par trois entrées pour apporter une réponse à cette question : une entrée par les instruments (qu'implique le format instrumental des politiques pour les armateurs ?) (section 1) ; une entrée par l'articulation des politiques (les différentes politiques, élaborées séparément et faisant intervenir plusieurs niveaux, s'articulent-elles bien entre elles ?) (section 2) ; une entrée par les anticipations (l'incertitude sur leur évolution ne porte-elle pas atteinte à la demande de sécurité et de prévisibilité qui est l'une des préoccupations du monde économique ?) (section 3).

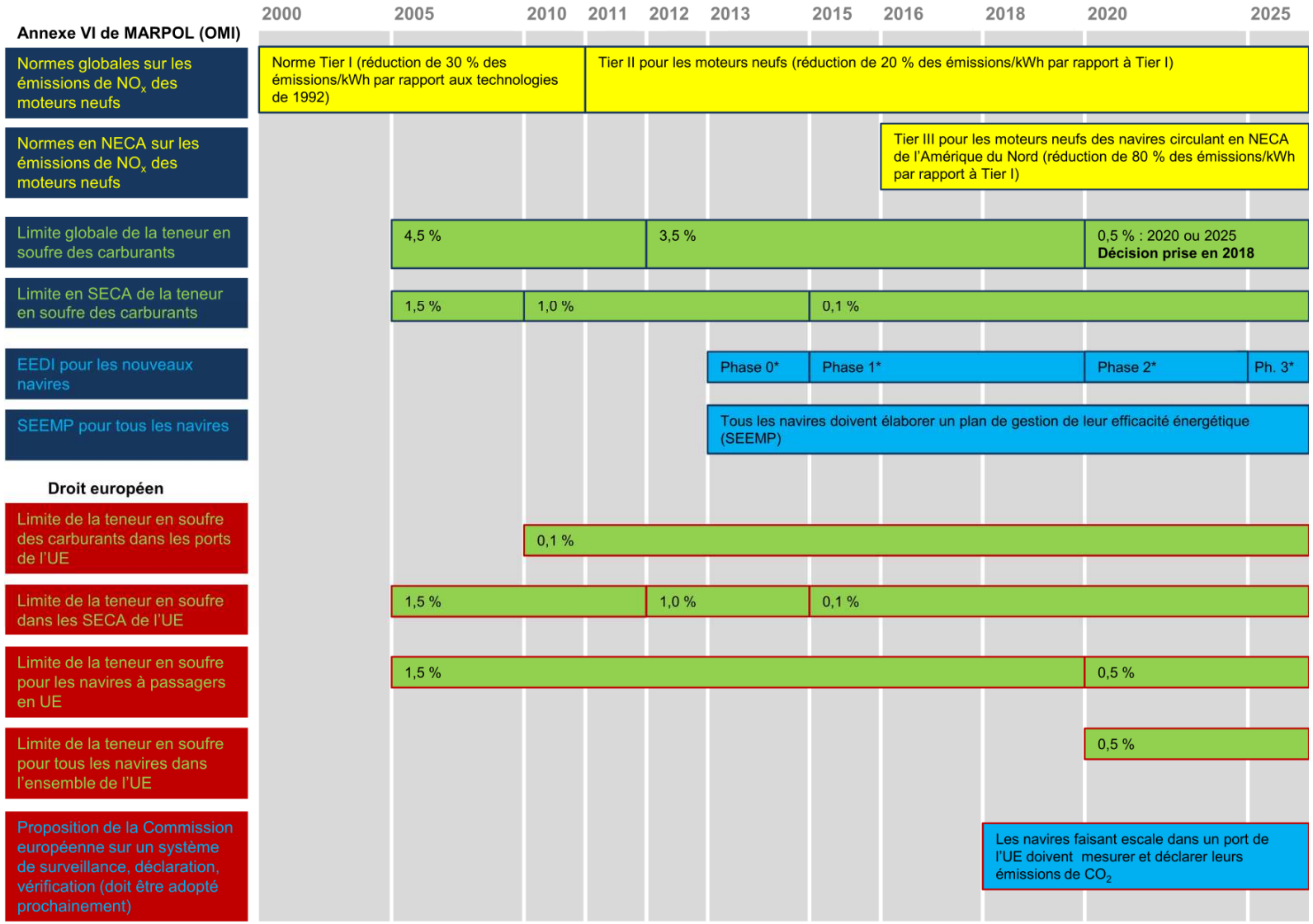
1. Les logiques instrumentales des politiques et leurs implications pour les armateurs

Dans le chapitre 2, notre perspective était d'étudier les processus ayant conduit aux politiques de réduction des émissions du transport maritime et à travers lesquels ont été opérés les choix des instruments. Les instruments étaient donc envisagés dans leur dimension politique et considérés comme des variables dépendantes de l'analyse. Nous nous intéressons à présent aux instruments de politique, en tant que dispositifs techniques permettant « de matérialiser et d'opérationnaliser » l'action publique (Lascoumes et Le Galès, 2005), et produisant des effets par leur capacité à influencer les comportements des acteurs économiques dans le but d'atteindre un objectif de politique publique. En considérant leur capacité d'influence des comportements, nous envisageons ici les instruments comme des variables indépendantes de l'analyse.

1.1 Descriptif des instruments adoptés et ceux envisagés pour la réduction des émissions du transport maritime

Nous proposons un récapitulatif des différents instruments adoptés et envisagés pour réduire les émissions du transport maritime abordés dans le chapitre 2. Nous détaillons ces instruments en considérant leur dimension technique. Pour faciliter la lecture, la figure 14 propose une vision synoptique des instruments et de leur calendrier de mise en œuvre.

Figure 14 - Instruments de réduction des émissions du transport maritime et leur calendrier de mise en œuvre



* Phase 0 : les navires construits après le 1er janvier 2013 doivent avoir un EEDI au moins égal à la ligne de référence, qui correspond à la moyenne d'EEDI des navires construits entre 1999 et 2009. Phase 1 : objectif d'une amélioration de 10 % de l'efficacité énergétique par rapport à la ligne de référence. Phase 2 : objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique de 20 % par rapport à la ligne de référence. Phase 3 : objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique de 30 % par rapport à la ligne de référence.

Elaboration : M. Doudnikoff

1.1.1 Les changements de type de carburant et les dispositifs de réduction équivalents

L'Annexe VI de MARPOL, révisée en 2008, établit des limites sur la teneur en soufre des carburants marins suivant un calendrier d'abaissement progressif. Elle distingue des seuils globaux et des seuils plus contraignants pour les navires naviguant dans les zones de contrôle des émissions de soufre (SECA). Les seuils globaux sur la teneur en soufre des carburants s'élèvent à :

- 4,50 % avant le 1er janvier 2012 ;

- 3,50 % à partir du 1er janvier 2012 ;

- 0,50 % à partir du 1er janvier 2020, une clause de révision prévoyant la possibilité de repousser cette date au 1er janvier 2025 si la disponibilité des carburants n'était pas avérée en 2018.

Pour les navires naviguant dans les zones SECA, les seuils sont de :

- 1,50 % avant le 1er juillet 2010 ;

- 1,00 % à partir du 1er juillet 2010 ;

- 0,10 % à partir du 1er janvier 2015.

Les SECA actuelles sont constituées en Europe de la mer Baltique (en vigueur depuis le 19 mai 2005), de la mer du Nord et de la Manche (en vigueur depuis le 11 août 2007), d'une zone de 200 milles nautiques le long des côtes de l'Amérique du Nord (en vigueur depuis le 1er août 2012) et d'une zone de la mer des Caraïbes (Porto Rico et Iles Vierges des Etats-Unis) (en vigueur depuis le 1er janvier 2014) (cf. figure 15).

La directive européenne 2012/33/UE, modifiant la directive 1999/32/CE, incorpore dans le droit européen ces dispositions, mais se différencie sur plusieurs points du régime international :

- la limite de 0,50 % est prévue de manière ferme pour le 1er janvier 2020 dans les eaux territoriales, les zones économiques et exclusives, et les zones de contrôle de la pollution des Etats membres situées en dehors des SECA européennes ;

- les navires à passagers effectuant des services réguliers entre les ports de l'UE en dehors des SECA sont tenus d'utiliser un carburant avec une teneur en soufre plafonnée à 1,50 %

jusqu'au 1er janvier 2020 (et ce depuis le 11 août 2006 comme spécifié dans la directive 2005/33/CE modifiant la directive 1999/32/CE) ;

- les navires à quai plus de deux heures dans les ports de l'UE doivent utiliser un combustible avec une teneur en soufre limitée à 0,10 % (et ce depuis le 1er janvier 2010 comme spécifié dans la directive 2005/33/CE).

Figure 15 - Carte des zones SECA

Les types de carburant

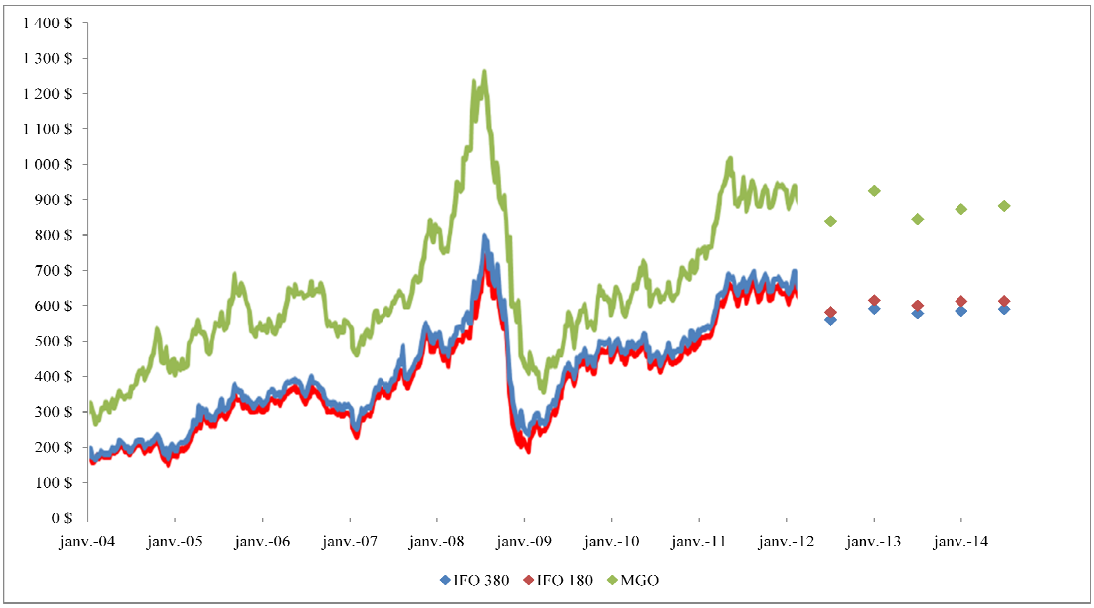
Nous avons déjà évoqué dans le chapitre 1 (§ 2.1.2) les particularités des carburants utilisés par les navires. Les limites de 1,50 % et de 1,00 % de teneur en soufre peuvent être satisfaites avec de l'IFO de qualité LS380 et LS180. Une limite inférieure à 1,00 % suppose en principe d'utiliser des distillats (MDO ou MGO). Une teneur en soufre de 0,10 % ne peut en revanche être atteinte qu'avec du MGO. Il est techniquement possible d'ôter le soufre contenu dans le fuel lourd jusqu'à atteindre une teneur inférieure à 0,10 %, mais, selon les raffineurs, la production d'un tel produit requiert des investissements et des coûts de fabrication ne permettant pas sa rentabilité économique.

Les distillats sont sensiblement plus chers que les IFO car ils constituent une gamme de produits à valeur ajoutée du raffinage. La figure 16 représente l'évolution des prix de l'IFO et du MGO sur le marché de Rotterdam[76] entre 2004 et 2014. On observe la volatilité des prix qui en l'espace de dix ans ont oscillé entre 150 et 800 dollars par tonne d'IFO et entre 300 et 1 200 dollars par tonne de MGO. La différence de prix entre l'IFO et le MGO n'est pas fixe : entre

[76] Le cours des soutes varie légèrement d'un port de soutage à l'autre. Rotterdam est le principal port de soutage européen.

2004 et 2014, le prix du MGO a été entre 30 % et 200 % supérieur à celui de l'IFO (cf. figure 17).

Figure 16 - Evolution des cours des carburants marins (Rotterdam) (prix constant 2011)



Sources : Platt's oilgram Bunkerwire pour la courbe des prix entre janvier 2004 et janvier 2012, Bunkerworld pour les valeurs ponctuelles des prix entre janvier 2012 et juillet 2014.

Figure 17 - Evolution de la différence de prix entre l'IFO et le MGO en valeur et en pourcentage

Sources : Platt's oilgram Bunkerwire pour la courbe des prix entre janvier 2004 et janvier 2012, Bunkerworld pour les valeurs ponctuelles des prix entre janvier 2012 et juillet 2014.

Entre 2011 et 2014, les prix ont connu une certaine stabilité, avec des valeurs autour de 600 dollars la tonne d'IFO et de 900 dollars la tonne de MGO. L'évolution des prix des différents carburants est en partie corrélée à celle du pétrole brut et dépend également de l'offre et de la demande des différents types de produits pétroliers. La disponibilité et les prix des produits pétroliers sont liés les uns aux autres, le raffinage étant un système de production jointe. Cette interdépendance est accentuée pour les produits d'une même gamme. Ainsi, une augmentation de la demande de distillats par le transport maritime pourrait exercer une tension sur cette famille de produits dont sont aussi issus le gazole routier et agricole, le kérosène et le fioul domestique. Cette tension pourrait contribuer à une hausse du prix du MGO, voire à des difficultés d'approvisionnement.

L'usage du distillat présente des avantages sur le plan technique. La combustion est améliorée et la maintenance est réduite, réduisant la charge de travail à bord. En outre, le distillat produit beaucoup moins de boues d'hydrocarbures (*sludge*), résidus générés par le traitement du fuel avant sa combustion, ce qui réduit les coûts de dépôt de ces déchets dans les installations portuaires. Lorsque le navire effectue une partie de son voyage en SECA et l'autre partie hors SECA, il doit réaliser un changement de carburant. Des réservoirs séparés doivent être prévus à cet effet. La procédure de changement de carburant est un peu délicate et prend plusieurs heures. Elle doit donc être commencée avant que le navire entre en SECA, et implique sur le plan opérationnel de gérer les différences de température entre les carburants.

Les dispositifs équivalents

L'Annexe VI de MARPOL et la directive 2012/33/UE autorisent les opérateurs à utiliser des méthodes alternatives permettant d'atteindre des réductions d'émission de SO_x au moins équivalentes à celles qui seraient obtenues avec un carburant à moindre teneur en soufre. Trois techniques peuvent être envisagées : l'emploi d'épurateurs de fumées (*scrubbers*), l'utilisation de gaz naturel liquéfié (GNL) et le recours aux biocarburants.

Les scrubbers sont des dispositifs installés en sortie de cheminée qui absorbent et neutralisent certains gaz toxiques des fumées d'échappement. Ils sont utilisés depuis longtemps dans les industries terrestres et se sont vus adaptés depuis quelques années pour les navires par les équipementiers maritimes. Il existe deux catégories de scrubbers : les scrubbers humides et les scrubbers secs. Le principe des scrubbers humides est de pulvériser une solution alcaline sur les gaz d'échappement qui va neutraliser les émissions de SO_x par des réactions chimiques. Plusieurs types de scrubbers humides sont proposés sur le marché : les scrubbers à boucle

ouverte qui utilisent comme solution alcaline l'eau de mer (celle-ci est prélevée à la mer puis rejetée une fois utilisée dans le scrubber), les scrubbers à boucle fermée qui utilisent comme solution alcaline de l'eau douce additionnée de soude caustique, et les scrubbers hybrides qui peuvent fonctionner en boucle ouverte et en boucle fermée. Les scrubbers secs utilisent quant à eux des granulés d'hydroxyde de calcium pour la désulfuration des fumées. L'absorption des SO_x conduit à la formation de sulfate de calcium (gypse). Les scrubbers présentent l'avantage de permettre aux opérateurs de continuer à utiliser de l'IFO, meilleur marché que le MGO, mais leur coût d'achat et d'installation est élevé, auquel s'ajoutent des coûts de traitement des résidus, ainsi que des surcoûts de consommation et de maintenance. D'autres questions techniques ont trait à l'impact de ces équipements sur la stabilité du navire, aux limites d'espace disponible à bord et à la capacité de cette technologie à répondre en continu aux limites sur les émissions de SO_x.

La combustion du gaz naturel liquéfié n'émet quasiment pas de SO_x. Son emploi suppose l'installation d'un moteur fonctionnant au gaz et d'un réservoir cryogénique conduisant à réserver un espace trois fois plus important pour le GNL que pour les carburants classiques (Jouffray et al., 2013). Par conséquent, il est plus aisé d'envisager le GNL pour un navire neuf que de modifier des navires existants. L'usage du GNL nécessite un approvisionnement en GNL dans les ports visités, ce qui implique le développement d'une infrastructure portuaire de distribution aujourd'hui balbutiante en ce domaine.

Les biocarburants ne contenant pas de soufre, leur combustion ne produit pas d'oxydes de soufre (cf. encadré 9 pour une brève description des biocarburants). Les émissions de CO_2 issues de la combustion des biocarburants sont quasiment équivalentes à celles de la combustion du carburant conventionnel, mais elles sont compensées par le CO_2 capté par les matières organiques végétales lors de leur croissance. Il s'agit en effet de CO_2 biogénique issu d'un cycle court du carbone, avec un équilibre entre le stockage du carbone durant la photosynthèse et son rejet durant la combustion du biocarburant, à la différence du carbone fossile qui est issu d'un cycle de très long terme (millions d'années). La combustion de matières constituées de carbone fossile (pétrole) déséquilibre le cycle naturel du carbone en introduisant dans l'atmosphère de grandes quantités de CO_2. Il existe peu de retour d'expérience sur l'usage des biocarburants dans le transport maritime. D'après une étude réalisée pour l'EMSA (Florentinus et al., 2012), les biocarburants sont techniquement compatibles avec les moteurs marins. Les biocarburants sont actuellement plus chers que l'IFO et le MGO, mais leur prix pourrait devenir à terme compétitif

en fonction du développement de leur marché et des incitations réglementaires[77] (Florentinus et al., 2012). Florentinus et al. (2012) notent par ailleurs que la disponibilité des biocarburants ne constitue pas un goulot d'étranglement pour leur usage dans le transport maritime.

Encadré 9 - Les biocarburants

Les biocarburants sont des carburants produits à partir de matières organiques végétales non fossiles renouvelables. On distingue trois générations de biocarburants : les biocarburants de première génération sont issus de ressources agricoles traditionnellement destinées à l'alimentation (les plantes à sucre telles que betterave, céréales, canne à sucre sont utilisées pour produire du bioéthanol, les plantes oléifères telles que colza, tournesol, soja, palme sont utilisées pour produire le biodiesel) ; les biocarburants de deuxième génération sont issus de la lignocellulose ou de la biomasse : bois, feuilles, paille, déchets, résidus agricoles et forestiers ; et ceux de troisième génération sont issus des algues. A la différence des biocarburants de première génération, les biocarburants de deuxième et troisième générations ne sont pas en concurrence avec la production alimentaire mais ils n'ont pas atteint un stade de production industrielle.

1.1.2 Les normes Tier I, II, et III sur les NO_x

L'Annexe VI de MARPOL, révisée en 2008, établit des valeurs limites d'émission de NO_x par kilowattheure en fonction de la vitesse du moteur et suivant un calendrier d'abaissement progressif. Les moteurs doivent être testés et certifiés suivant une procédure détaillée dans un code technique.

La norme Tier I s'applique aux moteurs installés sur les navires construits entre le 1er janvier 2000 et le 1er janvier 2011 (ainsi que sur les moteurs subissant une modification majeure entre le 1er janvier 2000 et le 1er janvier 2011). Une clause de rétroactivité de la norme Tier I pour les moteurs construits entre le 1er janvier 1990 et le 31 décembre 1999 a aussi été introduite lors de la révision de l'Annexe VI. Néanmoins, cette exigence est limitée aux moteurs d'une puissance supérieure à 5000 kW et ne peut s'appliquer que si une méthode approuvée de réduction est commercialement disponible pour le moteur en question et si cette méthode respecte un critère de coût efficacité (ce qui limite le coût de la mise en conformité). La norme Tier II s'applique aux moteurs installés sur les navires construits après le 1er janvier 2011 (ainsi que sur les moteurs subissant une modification majeure à partir du 1er janvier 2011). Les normes Tier I et Tier II sont satisfaites par l'optimisation des processus de combustion par les motoristes.

[77] Par exemple, la directive européenne sur les énergies renouvelables (2009/28/CE) fixe un objectif de 10 % d'énergies renouvelables en 2020 dans la consommation finale de carburants par les transports.

La norme Tier III s'appliquera aux moteurs des navires construits à partir du 1er janvier 2016 opérant dans les zones de contrôle des émissions de NO_x (NECA en anglais pour NO_x emission control area) existantes. Il n'existe aujourd'hui qu'une NECA, constituée de la zone de 200 milles nautiques le long des côtes de l'Amérique du Nord (qui est aussi une SECA). Pour les autres zones qui pourraient être désignées comme NECA à l'OMI, la décision de la date d'entrée en vigueur sera prise au cas par cas. L'atteinte de la norme Tier III implique d'installer des technologies post-combustion ou d'utiliser du GNL (à la différence des normes Tier I et Tier II, la norme Tier III ne peut être satisfaite uniquement par une optimisation de la combustion). La combustion du GNL permet une réduction de 85 % des émissions de NO_x par rapport à celle du fuel. Elle présente donc l'avantage de respecter les limites pour les émissions de SO_x dans les SECA ainsi que la norme Tier III sur les émissions de NO_x. Parmi les technologies post-combustion de réduction des émissions de NO_x, nous pouvons citer la réduction catalytique sélective et la recirculation des gaz d'échappement. La réduction catalytique sélective consiste à injecter de l'urée sur les gaz d'échappement permettant de transformer les NO_x par voie chimique en diazote et en eau. Il s'agit d'une technologie éprouvée, initialement utilisée dans les véhicules routiers et les sources fixes de pollution et qui a été adaptée aux navires. La recirculation des gaz d'échappement consiste à rediriger une partie des gaz d'échappement vers l'air de combustion admis dans le moteur, ce qui permet d'abaisser la teneur en oxygène de l'air admis et d'absorber une partie de l'énergie thermique dégagée par la combustion. Cette technologie présente l'avantage de ne pas nécessiter d'urée mais elle n'est pas encore disponible pour tous les types de moteurs. Enfin, d'autres technologies de réduction des émissions de NO_x existent, telles que les technologies à base d'injection d'eau. Néanmoins, ces technologies ne permettent pas d'atteindre à elles seules la norme Tier III et doivent être combinées à d'autres techniques (MEPC 65/4/7, 2013).

1.1.3 L'EEDI et le SEEMP

En 2011, l'OMI a amendé l'Annexe VI de MARPOL pour y intégrer des instruments visant à réduire les émissions de CO_2 des navires. Le premier instrument consiste à imposer une valeur maximale d'EEDI pour les navires neufs. L'EEDI (Energy Efficiency Design Index) est un indice exprimant la quantité de CO_2 par tonne-mille au stade de la conception des navires. Il a une valeur constante qui ne peut être changée que si la conception du navire est modifiée. Plus la valeur de l'EEDI est faible, meilleur est le rendement énergétique que l'on peut attendre du navire dans des conditions normales d'utilisation en fonction de sa conception.

La mise en œuvre de l'EEDI signifie que les navires construits après le 1er janvier 2013 doivent respecter une valeur minimale d'efficacité énergétique définie à partir d'une ligne de référence qui a été établie pour chaque type de navires auxquels s'applique l'EEDI. Cette ligne de référence correspond à une courbe élaborée à partir des valeurs d'EEDI des navires d'une même catégorie livrés entre le 1er janvier 1999 et le 1er janvier 2009 (cf. figure 18), calculées avec la base de données Fairplay d'IHS.

Les navires construits après le 1er janvier 2013 doivent avoir un EEDI inférieur ou égal à la ligne de référence. Ces normes sont renforcées progressivement, avec un objectif d'une amélioration de 10 % pour les navires construits entre 2015 et 2019 par rapport à la ligne de référence (phase 1), de 15 % ou 20 % (selon le type de navire) pour les navires construits entre 2020 et 2025 (phase 2) et de 30 % pour les navires construits après 2025 (phase 3) (cf. figure 19).

Figure 18 - Exemple de calcul de la ligne de référence d'EEDI pour une catégorie de navire

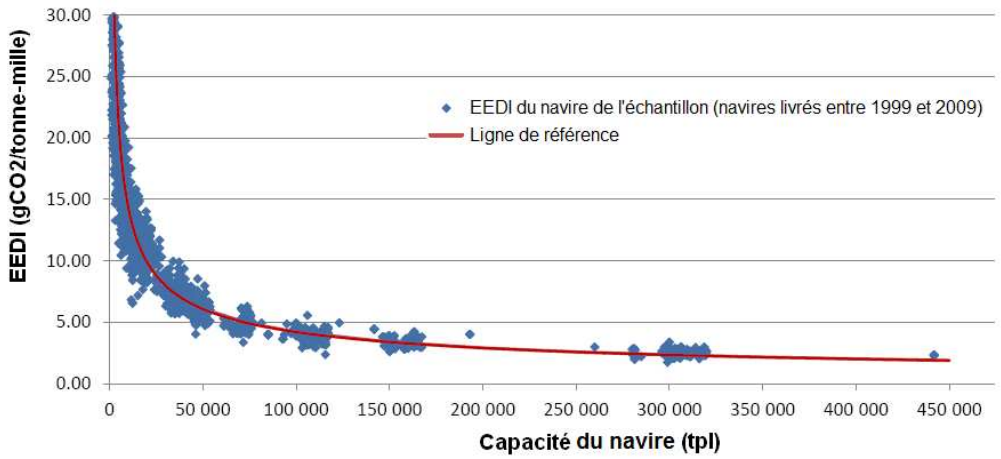
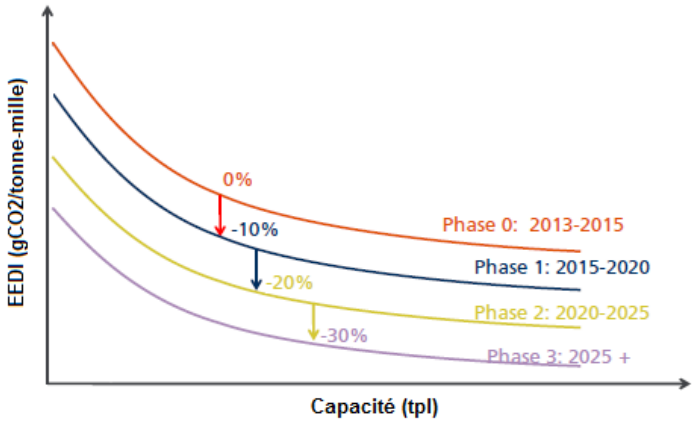


Figure 19 - L'approche par phase de l'EEDI



Lorsque l'EEDI a été adopté en 2011, il ne s'appliquait qu'aux vraquiers, transporteurs de gaz, navires citernes, porte-conteneurs, cargos polyvalents et transporteurs de cargaisons réfrigérées. Les rouliers et paquebots ont été exclus de l'EEDI dans un premier temps, en raison de la difficulté d'établir une ligne de référence commune à ces catégories de navires dont la conception est très variable d'un navire à l'autre. Des travaux supplémentaires ont été nécessaires pour définir les lignes de référence de ces navires, qui ont été inclus dans l'EEDI lors du CPMM 65 en mai 2013.

Les constructeurs navals peuvent agir sur différents leviers pour réduire l'EEDI des navires neufs : la conception, la réduction de la vitesse nominale et la teneur en carbone du carburant. Le tableau 13 propose quelques solutions envisageables pour chaque levier. L'armateur, en tant que commanditaire du navire, reste maître des paramètres sur lesquels le constructeur doit agir pour diminuer l'EEDI. Il pourra par exemple privilégier des améliorations sur la conception s'il souhaite maintenir la vitesse nominale du navire. Ou au contraire, il pourra préférer un abaissement de la vitesse nominale pour ne pas avoir à apporter d'améliorations sur la conception qui pourraient augmenter le prix du navire.

Tableau 13 - Les leviers d'action pour diminuer la valeur d'EEDI d'un navire

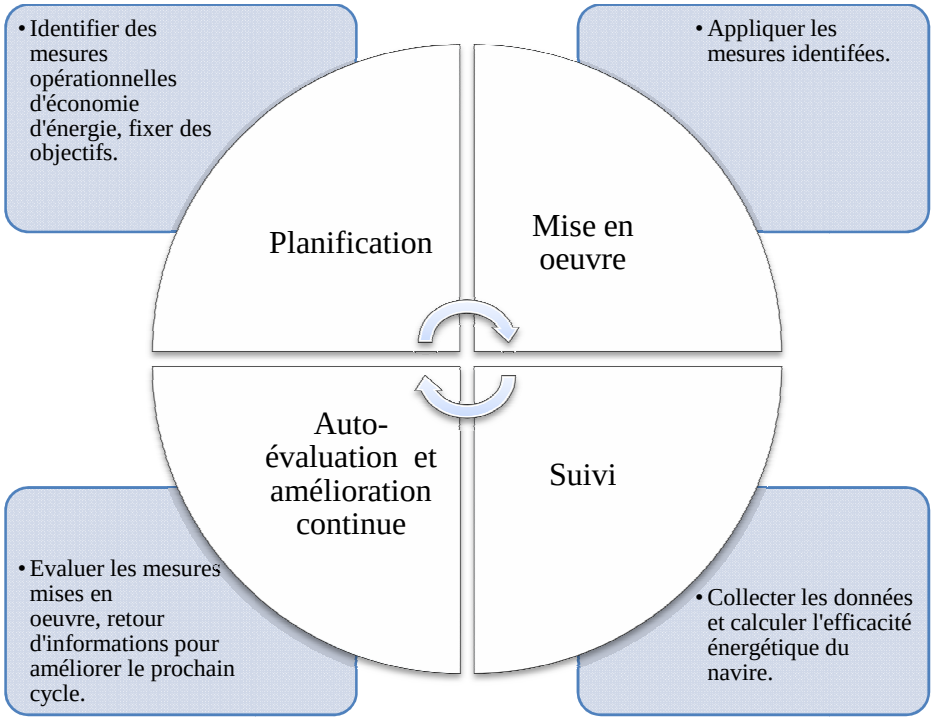
Levier	Solution envisageable	Commentaire
Conception	Augmentation de la capacité du navire	La capacité du navire peut être augmentée grâce à une conception plus compacte et légère de la structure.
	Optimisation de la coque	La résistance à la coque constitue près de 70 % de l'énergie consommée. L'optimisation du design de la coque ou de son revêtement peut permettre d'importants gains en efficacité énergétique, d'autant plus si la ligne de référence a été calculée à partir de navires peu optimisés sur ce plan.
	Optimisation de l'aérodynamisme	En cas de vents contraires forts, la résistance au vent peut contribuer à plus de 10 % de la résistance totale au navire.
	Optimisation du système de propulsion	L'optimisation du sillage peut améliorer l'efficacité de l'hélice, réduire la consommation et limiter les effets indésirables de cavitation de l'hélice (érosion, bruit et vibrations). L'installation de dispositifs de flux directionnels sur la coque ou sur le safran peut également permettre d'accroître l'efficacité du système propulsif.
	Energie éolienne	L'installation de cerf-volant et de voile, en complément des moteurs, réduit la consommation de carburant pour la propulsion du navire.
	Energie solaire	Des cellules photovoltaïques peuvent servir d'appoint en énergie pour les fonctions auxiliaires du navire.
Vitesse	Réduction de la vitesse nominale	Réduire la vitesse nominale du navire se révèle très efficace pour diminuer la consommation et réduire la valeur de l'EEDI d'un navire. Néanmoins, la diminution de vitesse nominale s'accompagne d'une réduction de puissance qui peut aboutir à une sous-motorisation. Les capacités manœuvrières du navire s'en trouvent alors réduites.
Carburant	GNL	La combustion du GNL émet environ 25 % de CO_2 en moins que les carburants classiques.

Source : Lloyd's Register, 2012.

Le deuxième instrument adopté par l'OMI en 2011 est le plan de gestion de l'efficacité énergétique (SEEMP pour *Ship Energy Efficiency Management Plan*), rendu obligatoire pour tous les navires à compter du 1er janvier 2013. Il s'agit d'un outil de gestion devant permettre aux compagnies maritimes d'améliorer l'efficacité énergétique de leurs navires sur le plan opérationnel. Le SEEMP doit être établi par le propriétaire ou l'exploitant du navire. Cet instrument repose sur quatre étapes : la planification, la mise en œuvre, le suivi, puis l'auto-évaluation et l'amélioration (cf. figure 20). Ces quatre étapes sont typiques des systèmes de management et connues sous le nom de cycle PDCA : Plan (planifier), Do (agir), Check (vérifier), Act (réagir). La planification consiste à identifier et recenser les mesures opérationnelles spécifiques au navire pour améliorer son efficacité énergétique (optimisation de

la vitesse, routage météorologique, entretien de la coque, par exemple) et à fixer un objectif d'amélioration. La définition de cet objectif relève de la compagnie et peut prendre n'importe quelle forme (objectif sur la consommation annuelle de carburant ou sur l'EEOI[78] par exemple). La mise en œuvre consiste à appliquer les mesures qui auront été identifiées. Une méthode de suivi de l'efficacité énergétique doit être mise en place. Elle peut reposer sur le calcul de l'EEOI ou sur un autre outil de mesure. Enfin, l'auto-évaluation des mesures mises en œuvre constitue la phase finale du cycle de gestion. Cette phase donne lieu à un retour d'informations destiné à la phase de planification du prochain cycle d'amélioration. L'auto-évaluation doit permettre d'évaluer l'efficacité des mesures planifiées et mises en œuvre, de comprendre ce qui n'a pas fonctionné, de mesurer les progrès d'efficacité énergétique du navire, et de mettre au point un meilleur SEEMP pour le cycle suivant. Toutes ces étapes doivent être documentées.

Figure 20 - Le cycle de gestion du SEEMP



Réalisation : M. Doudnikoff.

[78] Pour rappel, l'EEOI (Energy Efficiency Operational Index) est un indice qui exprime les émissions de CO_2 par tonne-mille en temps réel. Contrairement à l'EEDI qui a une valeur constante fixée en fonction de la conception du navire, l'EEOI varie en fonction des conditions d'exploitation du navire.

1.1.4 L'établissement d'un système européen de surveillance, déclaration et vérification des émissions de CO_2 et la collecte de données envisagée à l'OMI

En juin 2013, la Commission européenne a publié une proposition de règlement sur l'établissement d'un système de surveillance, de déclaration et de vérification des émissions de CO_2 du transport maritime (en anglais MRV pour Monitoring, Reporting, Verification). Elle prévoit l'obligation pour les compagnies maritimes d'élaborer un plan de surveillance qui sera utilisé pour mesurer les émissions de CO_2 de chacun de leurs navires d'une jauge brute supérieure à 5000 tjb. La mesure des émissions doit être faite pour chaque voyage ainsi que sur une base annuelle à partir du 1er janvier 2018. Le tableau 14 détaille les données que les compagnies devront relever et déclarer. Le système couvre les émissions de tous les navires marchands et passagers, quel que soit leur pavillon, pour les voyages effectués entre deux ports de l'UE (voyages à l'intérieur de l'UE), entre le dernier port situé en dehors de l'UE et le premier port d'escale dans l'UE (voyages à destination de l'UE), et entre un port de l'UE et le premier port d'escale situé en dehors de l'UE (voyages au départ de l'UE). Les émissions de CO_2 peuvent être estimées soit sur la base de la consommation de carburant et d'un facteur d'émission propre au carburant, soit par une mesure directe des émissions avec un appareil de mesure en sortie de cheminée. La proposition laisse au choix des compagnies la méthode d'estimation.

Chaque année, les compagnies devront déclarer ces données à la Commission européenne au moyen d'un système automatisé. Des vérificateurs accrédités seront ensuite chargés de vérifier que les plans de surveillance et les déclarations d'émission sont conformes aux exigences définies dans le règlement. Les vérificateurs seront chargés de contrôler la crédibilité des données déclarées en les comparant à des estimations établies à partir de données sur le suivi des navires (système AIS, cf. chapitre 1, encadré 1). La proposition de règlement prévoit également la publication annuelle des informations déclarées mais reste peu claire sur les destinataires de la publication (grand public ou Etats membres) et le niveau d'agrégation des données qui seraient publiées. Cette proposition doit encore être examinée par le Parlement et le Conseil avant une adoption prévue pour 2015. La proposition initiale pourra donc être modifiée.

Tableau 14 - Données à relever par les compagnies dans le cadre de la proposition de la Commission européenne sur l'établissement d'un système de MRV des émissions de CO_2 du transport maritime

Surveillance par voyage	Surveillance annuelle
· Les ports de départ et d'arrivée, les dates et heures de départ et d'arrivée · La quantité consommée et le facteur d'émission de chaque type de combustible, au total et séparément pour le combustible consommé à l'intérieur et en dehors des zones de contrôle des émissions · Le CO_2 émis pour le voyage · La distance parcourue · Le temps passé en mer · Le nombre de passagers pour les navires à passagers · La cargaison de marchandises exprimée en tonne et en mètre cube · Le transport effectué (égal au produit de la distance parcourue par la cargaison)	· La quantité consommée et le facteur d'émission de chaque type de combustible, au total et séparément pour le combustible consommé à l'intérieur et en dehors des zones de contrôle des émissions · Le CO_2 total émis · Les émissions de CO_2 agrégées résultant de tous les voyages effectués entre des ports relevant de la juridiction d'un État membre · Les émissions de CO_2 agrégées résultant de tous les voyages effectués au départ de ports relevant de la juridiction d'un État membre · Les émissions de CO_2 agrégées résultant de tous les voyages effectués à destination de ports relevant de la juridiction d'un État membre · Les émissions de CO_2 qui se sont produites alors que le navire était à quai dans des ports relevant de la juridiction d'un État membre · La distance totale parcourue · Le temps total passé en mer · Le transport total effectué · L'efficacité énergétique moyenne

Source : Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil concernant la surveillance, la déclaration et la vérification des émissions de dioxyde de carbone du secteur des transports maritimes et modifiant le règlement (UE) n° 525/2013.

Du côté de l'OMI, les Etats-Unis ont fait une proposition pour instaurer un système de collecte de données sur l'efficacité énergétique de la flotte au niveau mondial. Selon la proposition (MEPC 65/4/19), l'armateur ou l'opérateur devrait soumettre annuellement pour chacun de ses navires la consommation d'énergie exprimée en joule ainsi que le nombre d'heures de service et les informations sur l'identité du navire à un système centralisé. Les données seraient vérifiées par l'Etat du pavillon. Les termes de cette proposition font actuellement l'objet de débats, notamment en ce qui concerne les données à collecter.

1.1.5 Vers un instrument de marché du carbone européen ou mondial ?

Les instruments de collecte de données sur les émissions ou l'efficacité énergétique de la flotte que nous avons évoqués (système de surveillance, de déclaration et de vérification européen et système mondial de collecte de données) ont pour objectif commun de constituer une étape préliminaire à un futur instrument visant à réduire les émissions du transport maritime. Cet instrument pourrait prendre la forme d'un instrument de marché, ou de normes sur les émissions ou l'efficacité énergétique. Si les discussions portent aujourd'hui avant tout sur les modalités de la collecte des données et moins sur son évolution vers une mesure contraignante, nous proposons ici quelques hypothèses sur la forme que pourrait prendre un futur instrument de réduction des émissions de CO_2 au niveau européen et au niveau international.

Au niveau européen, la Commission a fait réaliser une étude d'impact en 2013 (Ricardo-AEA, 2013) afin d'évaluer différents instruments de réduction des émissions du transport maritime. Quatre instruments ont été étudiés et pourraient être envisagés pour succéder au système européen de surveillance, de déclaration et de vérification. Ces instruments sont : des échanges de permis d'émission, une taxe carbone, un fonds de compensation et des normes de réductions obligatoires de CO_2.

Concernant les permis d'émission, plusieurs variantes ont été envisagées : un système fermé, c'est à dire qu'un certain nombre de permis est distribué pour le secteur du transport maritime et l'échange de ces permis reste interne au secteur ; et un système ouvert dans lequel les permis d'émission distribués pour le transport maritime sont liés à d'autres systèmes d'échanges de quotas, comme l'EU ETS. Les compagnies maritimes peuvent donc acheter des permis auprès d'autres secteurs que le transport maritime. L'avantage du système ouvert est que les réductions d'émission ont lieu dans les secteurs où elles sont les moins chères à réaliser (cette option serait donc meilleure en terme d'efficacité-coût), mais le risque est d'aboutir à de faibles réductions dans le transport maritime. L'avantage d'un système fermé est d'avoir une certitude plus forte sur le niveau de réduction qui sera réalisé dans le transport maritime, mais avec le risque d'avoir un prix d'échange des permis plus élevé que dans un système ouvert. L'attribution des permis constitue elle aussi un enjeu de taille pour le régulateur et les compagnies maritimes. Elle peut se réaliser de plusieurs manières : sur la base des émissions antérieures (*grandfathering*), par une mise aux enchères, ou une combinaison des deux. La première méthode consiste à distribuer gratuitement des permis aux émetteurs en fonction de leur contribution aux émissions sur une période de référence donnée. Cette méthode nécessite des données précises et fiables sur les émissions de la période de référence, ce que permet le système

européen de surveillance, de déclaration et de vérification des émissions de CO_2 du transport maritime. Elle est l'option la moins coûteuse et donc la plus acceptable pour les industries. Néanmoins, elle favorise les gros émetteurs et ne valorise pas les efforts de réduction réalisés avant la mise en œuvre du système. Les quotas peuvent également être vendus aux enchères par les autorités régulatrices. Cette option a l'avantage de donner un signal-prix immédiat sur le marché, et les revenus générés par les ventes aux enchères peuvent être réutilisés par le régulateur pour le financement d'actions de lutte contre le changement climatique[79]. Son inconvénient est d'imposer un certain poids financier pour le secteur. Une manière d'atténuer ce poids est de distribuer une partie des permis gratuitement et l'autre aux enchères.

Concernant l'option taxe, elle pourrait être appliquée aux fournisseurs de carburant sur la base du carburant vendu (cette taxe serait ensuite répercutée sur les compagnies maritimes par le fournisseur) ou directement aux compagnies maritimes sur la base de leurs émissions de CO_2. L'inconvénient majeur de la première option est d'inciter les compagnies maritimes à acheter leur carburant en dehors de l'UE, ce qui provoquerait d'importantes fuites de carbone[80]. La deuxième option implique pour les compagnies maritimes de payer une taxe sur toutes leurs émissions générées dans le périmètre de l'instrument (qui serait le même que celui du MRV européen).

Le troisième instrument envisagé est un fonds de compensation. Le principe de cet instrument est d'alimenter un fonds via une taxe sur les émissions de CO_2 des compagnies maritimes, de fixer un objectif de réduction et de compenser les émissions dépassant cet objectif grâce aux revenus du fonds, soit en finançant des investissements pour réduire les émissions au sein du transport maritime, soit en achetant des crédits carbone (ce qui revient à financer des réductions dans d'autres secteurs pour compenser les émissions excédentaires du transport maritime).

Enfin, le dernier instrument envisagé repose sur des normes établissant des réductions obligatoires de CO_2 par navire. Deux options peuvent être considérées : la définition d'un certain niveau d'émission par navire sans flexibilité pour atteindre ce niveau (il s'agit donc d'une norme de type « command-and-control », cf. chapitre 2, encadré 8), ou la possibilité pour les navires

[79] La mise en place d'un instrument de marché peut ainsi permettre simultanément deux bénéfices pour la collectivité : le premier est la réduction des émissions découlant de l'effet incitatif du signal-prix des permis, le deuxième provient des ressources budgétaires générées par la mise aux enchères des permis et qui peuvent elles-mêmes servir à financer des mesures de réduction ou être réinjectées d'une autre manière dans l'économie. Ces deux avantages sont connus sous le nom de double dividende.

[80] Une fuite de carbone est la situation dans laquelle une politique climatique régionale conduit les entreprises à délocaliser leurs activités dans des endroits non soumis à de telles contraintes, ce qui est pénalisant à la fois sur le plan économique pour le pays d'origine et sur le plan de l'environnement.

dont les émissions sont en dessous de ce niveau de vendre leur excédent d'émissions sous forme de crédits carbone à des navires pour lesquels il est plus difficile d'atteindre ce niveau (cette deuxième option s'apparente à une norme avec mécanisme de flexibilité, elle constitue un instrument hybride). La ligne de référence peut être définie de plusieurs manières : elle peut reposer sur les émissions absolues du navire sur une période de référence, ou sur les émissions de CO_2 par unité d'activité du navire (émissions relatives). A la différence des permis d'émission, cet instrument n'aboutit pas forcément à une réduction absolue des émissions du secteur des transports maritimes. Dans le cas d'une ligne de référence reposant sur les émissions absolues du navire, l'instrument garantit des réductions absolues pour chaque navire, mais les émissions totales du secteur peuvent augmenter si le nombre de navires augmente. Dans le cas d'une ligne de référence reposant sur les émissions de CO_2 par unité d'activité, les émissions seront réduites par unité d'activité mais leur total pourra augmenter si l'activité de transport maritime augmente. L'instrument ne garantit donc pas l'atteinte d'un certain niveau d'émission pour le transport maritime, mais n'entrave pas la croissance du secteur.

Au niveau de l'OMI, différents instruments pouvant succéder à un système de collecte de données ont été considérés lors des CPMM 65 et 66 (MEPC 65/4/30, MEPC 65/4/19, MEPC 66/4/6). Ces instruments sont des déclinaisons de normes établissant des objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique pour chaque navire, incluant ou non des mécanismes de flexibilité.

Les incertitudes restent fortes aujourd'hui sur la forme que pourrait prendre un futur instrument de réduction des émissions de CO_2 du transport maritime et le périmètre de cet instrument (européen ou international). Au niveau de l'OMI, la question de la conciliation des principes de responsabilités communes mais différenciées et d'absence de traitement plus favorable reste un point de blocage (cf. chapitre 2). L'évolution des négociations internationales influera sur la position européenne. Un échec des négociations internationales encouragera l'UE à mettre en place un instrument de réduction européen.

1.2 Typologie des instruments

Après avoir présenté les différents instruments de politique de réduction des émissions du transport maritime, nous proposons de recourir à une typologie pour classifier ces instruments de manière générique et analyser leurs effets. Plusieurs typologies ont été proposées par les approches génériques de l'analyse des instruments de politiques publiques. Par exemple, la typologie devenue classique de Lowi (1972) repose sur le critère du degré de coercition exercé

par l'instrument, celle de Vedung (1998) distingue le « bâton » (instrument réglementaire), la « carotte » (instrument économique) et le sermon (instrument d'information). Ces approches nous semblent néanmoins trop générales pour caractériser de manière fine les instruments de réduction des émissions du transport maritime. C'est pourquoi, nous construisons notre propre typologie suivant une démarche inductive et empirique.

La construction de notre typologie se fonde sur les instruments utilisés pour limiter les externalités négatives du transport maritime dans les domaines de la sécurité et de l'environnement, et s'adressant directement aux armateurs et opérateurs. Nous excluons donc les instruments de mise en œuvre comme le contrôle de l'Etat du port, les instruments de politiques relatifs au pavillon (fiscalité, règles sur la composition de l'équipage et les conditions de travail, etc.), les instruments utilisés par les régulateurs publics pour intervenir sur les marchés (afin d'éviter les ententes, d'empêcher la formation de monopoles ou de quasi-monopoles, de protéger ou d'encourager certains marchés, etc.), ainsi que les instruments légaux relatifs aux indemnisations et à la responsabilité. La typologie ainsi élaborée est ensuite utilisée pour classifier les différents instruments de réduction des émissions du transport maritime.

1.2.1 Elaboration d'une typologie

Nous proposons une typologie des instruments utilisés pour la réduction des externalités du transport maritime, en distinguant les approches traditionnelles des approches qui ont émergé ces dernières années. Cinq aspects des formats instrumentaux sont déclinés : la manière de modifier le comportement des assujettis, le rapport à la technologie, la portée d'application, le périmètre géographique et le rapport à l'information.

De quelle manière l'instrument vise-t-il à modifier les comportements ?

Traditionnellement, les instruments adoptés par l'OMI correspondent à une démarche réglementaire prescriptive : des exigences techniques sont prescrites concernant la conception du navire et/ou son exploitation. Cette approche présente l'avantage d'être facile à suivre pour un constructeur ou un opérateur, simple à vérifier pour un tiers, et relativement aisée à imposer pour le régulateur (Chantelauve, 2006). Elle permet en outre une application uniforme des normes, laissant le moins de marge d'interprétation, afin d'éviter que la concurrence entre les navires ne tire l'application des règles vers le bas (Lefebvre-Chalain, 2010). Les limites de cette approche proviennent de sa rigidité, de sa faible réactivité par rapport à l'évolution des progrès techniques et de la nécessité d'amender continuellement les normes (Chantelauve, 2006).

Ces limites ont conduit à l'élaboration de nouvelles approches dites en fonction d'objectifs (*goal-based* en anglais). Alors que la réglementation prescriptive détermine les moyens pour atteindre un certain niveau de sécurité ou de dépollution, la réglementation « goal-based » fixe un objectif de sécurité ou de dépollution et laisse aux armateurs une flexibilité concernant les moyens d'atteindre cet objectif. Par exemple, le chapitre II-2 de la Convention sur la sauvegarde de la vie humaine en mer (Convention SOLAS), révisé en 2000, définit des méthodes de conception et des dispositifs pour la protection contre l'incendie tout en autorisant les alternatives qui rempliraient les mêmes objectifs. Cela a constitué un changement majeur de philosophie par rapport à la version précédent la révision qui était purement prescriptive et n'autorisait pas les alternatives (Hoppe, 2006).

Une autre catégorie d'instrument s'inspire des systèmes de management de la qualité. A la suite du naufrage du ferry Herald of Free Enterprise en 1987, l'application stricte de normes prescriptives est apparue insuffisante. Le Code ISM (International Safety Management) a été introduit pour améliorer la gestion de la sécurité par les compagnies. Ses principales exigences pour les compagnies sont l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique de sécurité et de protection de l'environnement, l'édiction de procédures définissant les responsabilités, les pouvoirs et les relations du personnel sur la sécurité, la désignation d'une personne à terre en relation directe avec la direction de l'entreprise et le personnel à bord, l'établissement de procédures permettant de faire face à toutes les situations d'urgence susceptibles de survenir, la gestion d'un retour d'expérience, la certification périodique de l'entreprise et du navire, et la mise en place de modifications éventuelles dans une logique d'amélioration continue. Le Code ISM s'appuie ainsi sur la documentation des procédures liée à des exigences d'auditabilité, et met l'accent sur le progrès dans une logique d'apprentissage organisationnel. Si cette approche fournit un cadre structuré pour la gestion de la sécurité, son écueil est de pouvoir être facilement réduite à un simple exercice procédural pour les compagnies récalcitrantes à s'engager dans la démarche.

Le rapport à la technologie

La réglementation « goal-based » (cf. paragraphe précédent) peut être assortie d'une réglementation dite « technology-forcing », c'est-à-dire que les objectifs fixés ne sont pas atteignables par les technologies existantes et vont de cette manière accélérer le progrès technologique. Il s'agit d'une autre évolution instrumentale par rapport à l'usage qui prévalait jusqu'à la fin des années 1990 d'élaborer des réglementations prescriptives basées sur les technologies ou meilleures pratiques existantes (« technology-following » en anglais) (Van

Leeuwen, 2010). Par exemple, la Convention internationale relative au contrôle des systèmes antisalissures nuisibles sur les navires, adoptée en 2001, prévoit l'interdiction du tributylétain (TBT) dans les peintures antifouling. Lorsque cette convention a été adoptée, il n'existait pas de peintures sans TBT. En 2004, la Convention internationale sur la gestion des eaux de ballast et des sédiments des navires est adoptée et prévoit des limites sur la proportion d'organismes par mètre cube d'eau de ballast, suivant une approche « goal-based ». Ces limites imposent la mise au point de nouveaux procédés de traitement des eaux de ballast, non existants lors de l'adoption de la convention, stimulant ainsi la recherche. Néanmoins, cela a freiné l'adhésion des Etats à cette convention, celle-ci n'étant toujours pas entrée en vigueur dix ans après son adoption.

La portée d'application de l'instrument

Concernant la portée d'application des instruments, une *grandfather clause* (ou clause d'exemption) est généralement appliquée. Il s'agit d'une clause de non-rétroactivité qui prévoit que les règles impactant la structure des navires ne s'appliquent qu'aux navires construits à la date d'entrée en vigueur de la convention ou postérieurement à cette date. Ce principe limite donc l'application des modifications importantes en matière de construction aux navires neufs uniquement (Boisson, 1998). La *grandfather clause* trouve sa justification sur un plan économique et par le souci d'apporter une sécurité aux investissements effectués dans le secteur maritime. Certaines modifications pourraient en effet remettre en cause la conception initiale du navire et rendre bon nombre de navires existants non rentables par les coûts imposés pour leur mise en conformité. En outre, en l'absence de cette clause, il serait difficile d'obtenir un consensus sur des mesures réglementaires améliorant significativement la sécurité ou l'environnement (Boisson, 1998). Cette clause s'est vue néanmoins être remise en question face au vieillissement de la flotte et à la survenance d'accidents. Des changements ont été apportés à partir de 1992 aux Conventions SOLAS et MARPOL afin de rendre obligatoires certaines modifications importantes aussi bien aux navires neufs qu'aux navires existants (Boisson, 1998). Ainsi, en 1992, l'Annexe I de la Convention MARPOL a été amendée pour y inclure l'obligation d'équiper les navires citernes d'une double coque ou d'un dispositif équivalent suivant un calendrier tenant compte de l'année de construction des navires. Cette obligation fait suite au naufrage de l'Exxon Valdez à l'origine d'une marée noire de grande ampleur en 1989 sur les côtes de l'Alaska. La Convention SOLAS a elle aussi été amendée en 1992 pour rendre obligatoires des règles de stabilité après avarie sur les navires rouliers à passagers existants suivant un phasage de onze ans en fonction du degré de proximité de leur conception initiale avec les nouveaux standards. Cet amendement fait lui aussi suite à des accidents maritimes

(catastrophes du ferry Herald of Free Enterprise en 1987 et du Scandinavian Star en 1988) (MarineLink.com, n.d.), démontrant bien à nouveau l'influence des accidents médiatisés sur la réactivité des normes. Si la clause du grand-père concerne les modifications touchant à la structure du navire, nous élargissons le concept de rétroactivité à toute mesure impliquant des coûts importants de mise en conformité pour la flotte existante.

Différenciation géographique versus uniformisation des règles

Concernant la dimension géographique des instruments, nous avons déjà évoqué la volonté d'uniformisation des règles sur la sécurité et l'environnement qui a conduit à la constitution d'un cadre international pour la régulation du transport maritime. Il s'agissait d'éviter une fragmentation de la réglementation avec l'incertitude et la complexité que cela peut impliquer pour les navires opérant sur le marché international (Boisson, 1998). Cela suppose une approche universelle s'appliquant a priori partout de la même manière. A côté de cette volonté générale d'uniformisation, des travaux ont été engagés à l'OMI pour prendre en compte la spécificité de certains espaces. La Convention MARPOL a ainsi introduit le concept de zone spéciale. Les zones marines particulièrement vulnérables constituent une autre application de la « stratégie régionale » de l'OMI (Lefebvre-Chalain, 2010). Ce concept offre un régime complet de protection d'un espace marin mais son application n'est pas contraignante (à la différence des zones spéciales). Cette différenciation géographique des règles, ou régionalisation, est fondée sur une action de protection des espaces au niveau international. On rencontre un autre type de régionalisation provenant d'action unilatérale nationale ou régionale. L'exemple type est l'Oil Pollution Act de 1990, mesure unilatérale des Etats-Unis imposant une construction à double coque pour les pétroliers faisant escale dans les ports américains quel que soit leur pavillon.

Le rapport à l'information

Le développement des technologies de communication a permis l'émergence d'outils de suivi des navires. L'identification internationale d'un navire, matérialisée par la numérotation OMI a été rendue obligatoire en 1996 (elle était volontaire depuis 1987). Ce système a constitué une première étape pour appuyer la mise en place d'outils de surveillance des trafics. Le système AIS fournit en continu des informations sur la position, l'identité, la destination et la vitesse d'un navire aux navires environnants dans un rayon de 30 milles nautiques. L'équipement des navires a été rendu obligatoire à partir de 2002. Le système d'identification et de suivi à grande distance (LRIT pour long-range identification and tracking) prévu dans la Convention SOLAS est un dispositif transmettant quatre fois par jour l'identification et la position des navires par

satellite à un centre de gestion des données. Compte tenu de la sensibilité commerciale des données, son fonctionnement est strictement encadré sur la collecte, le stockage et la diffusion des renseignements. Le système suppose l'installation à bord d'un matériel spécifique permettant la transmission des données LRIT. Ces nouveaux instruments, dont la progressivité dépend exclusivement de la disponibilité des technologies, introduisent la notion de partage de l'information et de nouvelles règles de transparence au sein d'une communauté maritime qui, comme le relève Boisson (1998), « cultive depuis des siècles le goût du secret et le respect de la confidentialité ».

A partir de la démarche inductive et empirique que nous venons de mener, le tableau 15 propose une typologie des formats instrumentaux utilisés pour la réduction des externalités du transport maritime, en distinguant les approches traditionnelles des nouvelles approches que l'on a pu observer ces dernières années.

Tableau 15 - Typologie des formats d'instrument des politiques visant à réduire les externalités du transport maritime

	Formats traditionnels	**Formats des nouvelles approches**
De quelle manière l'instrument vise-t-il à modifier les comportements	· Prescriptif	· « Goal-based » · Management de la qualité
Rapport à la technologie	· « Technology-following »	· « Technology-forcing »
Portée de l'instrument	· Non rétroactivité (grandfather clause)	· Rétroactivité
Périmètre géographique	· Uniformité au niveau mondial	· Régionalisation
Rapport à l'information	· Confidentialité	· Partage de l'information

1.2.2 Classification des instruments de réduction des émissions du transport maritime

A partir de cette typologie, il s'agit à présent de classifier les instruments de réduction des émissions du transport maritime et de déterminer s'ils s'inscrivent plutôt dans la tradition instrumentale de l'OMI ou s'ils sont innovants dans leur format.

Tout d'abord, l'Annexe VI de MARPOL et la directive européenne 2012/33/UE plafonnent la teneur en soufre des carburants marins tout en laissant la possibilité aux armateurs d'utiliser des méthodes alternatives menant à des réductions au moins équivalentes. En ce sens, il s'agit d'une approche « goal-based » ouvrant les choix de conformité pour atteindre des objectifs de réduction d'émission fixés à partir de la teneur en soufre du carburant. Avec la désignation de zones spéciales de réduction d'émission, l'instrument introduit une différenciation réglementaire en fonction de la géographie. La directive 2012/33/UE accentue davantage la différenciation géographique en établissant des limites plus strictes dans les ports européens hors SECA. En outre, en fixant de manière ferme la date de 2020 pour le passage à 0,5 % dans les eaux européennes, l'UE prend le risque d'aboutir à trois limites différentes de teneur en soufre dans le cas où l'OMI déciderait de retarder l'application du 0,5 % : 0,1 % en SECA, 0,5 % dans les eaux européennes, et 3,5 % ailleurs. Enfin, les limites de teneur en soufre s'appliquent pour tous les navires, neufs et existants, impliquant une rétroactivité de l'instrument. Concernant son rapport à la technologie, l'instrument se situe entre « technology-following » et « technology-forcing » dans la mesure où les carburants à moindre teneur en soufre sont disponibles et n'impliquent pas de modifications importantes du navire. Néanmoins, leur disponibilité à grande échelle pour le transport maritime exige une adaptation conséquente de la part des raffineries et modifie sensiblement la configuration du marché des carburants marins. En outre, lors de l'adoption de l'Annexe VI révisée en 2008, les dispositifs alternatifs de type scrubbers existaient pour les industries terrestres, mais étaient encore à l'état de prototype pour une application au transport maritime. En ce sens, la possibilité d'utiliser l'option scrubber implique un « forçage » technologique. La technologie de la propulsion des navires au GNL était existante lors de l'adoption de l'Annexe VI mais son usage demeurait limité aux navires méthaniers[81] et à quelques ferrys[82]. En outre, l'usage du GNL pour la combustion des navires requiert une logistique importante à terre. Au delà de l'aspect technologique, l'Annexe VI de MARPOL et la directive européenne participent à une reconfiguration du marché des carburants marins entraînant des réorganisations structurelles importantes.

Les normes Tier sur les NO_x fixent des valeurs limites d'émission par kilowattheure, et constituent donc une approche « goal-based ». Si les normes Tier I et Tier II sont satisfaites par l'optimisation des processus de combustion, la norme Tier III en revanche implique l'installation d'une technologie dédiée à la réduction du NO_x, au choix parmi plusieurs existantes (réduction

[81] Lors de son transport par les navires méthaniers, le gaz naturel liquéfié s'évapore naturellement malgré l'isolation des cuves. Ces pertes sont récupérées afin d'alimenter les moteurs en remplacement du carburant classique ou en complément.

[82] Le premier navire non méthanier à propulsion GNL, un ferry pour un fjord norvégien, a été construit en 2000 (Jouffray et al., 2013).

catalytique sélective, recirculation des gaz d'échappement, propulsion au GNL, etc.). Au moment de leur adoption, les méthodes d'optimisation de la combustion pour les normes Tier I et Tier II, et la technologie réduction catalytique sélective pour la norme Tier III étaient connues[83]. En ce sens, ces normes sont « technology-following », mais encouragent en parallèle une amélioration de ces techniques de dépollution et le développement de nouvelles. La norme Tier I, initialement non rétroactive, a été étendue aux moteurs construits entre 1990 et 2000 sous conditions de disponibilité de méthodes approuvées de réduction et de respect d'un critère coût efficacité. En ce sens, elle est partiellement rétroactive. Les normes Tier II et Tier III en revanche sont non rétroactives. Les normes Tier I et Tier II s'appliquent de manière uniforme au niveau mondial, tandis que la norme Tier III est limitée aux zones NECA.

L'EEDI, en fixant des objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique nominale des navires tout en laissant la liberté aux constructeurs des moyens techniques pour les atteindre, s'inscrit clairement dans l'approche « goal-based ». Ne s'appliquant qu'aux navires neufs, cet instrument est non rétroactif. L'EEDI permet de promouvoir l'innovation technique pour améliorer l'efficacité énergétique au stade de la conception des navires. Le niveau d'exigence évoluant vers plus de sévérité, l'incitation est continue pour améliorer tous les éléments techniques impactant l'efficacité énergétique du navire. Néanmoins, cette incitation est tempérée par le fait que l'abaissement de la vitesse nominale du navire peut permettre d'atteindre l'indice requis sans nécessairement s'accompagner d'amélioration technique. Il s'agit donc plutôt d'incitation au progrès technique que de forçage technologique à proprement parler.

Le SEEMP s'apparente par son format aux instruments de management de la qualité, même si Johnson et al., (2013) ont montré qu'il était dépourvu de certains concepts que l'on trouve dans d'autres systèmes de management comme le code ISM (« *such as requiring a company policy and a management representative ; a management commitment to providing resources corresponding to responsabilities ; clear requirements for procedures for monitoring as well as goal settings ; and procedures for acting on non-conformities, for internal audit, and for management reviews* »). L'absence de ces exigences peut, selon ces auteurs, compromettre sérieusement le succès de l'instrument. L'instrument, par sa portée, est rétroactif, mais vise à fournir un cadre pour la compagnie afin qu'elle améliore l'efficacité énergétique de ses navires sur le plan opérationnel dans une démarche d'amélioration continue. L'instrument n'implique

[83] Hyvättinen et Hildén (2004) expliquent que le motoriste Wärtsilä a commencé à s'intéresser aux méthodes de réduction des émissions de NO_x de ses moteurs marins dès le milieu des années 1980, « influenced by the rise of environmental issues within other fields that either contributed to strategic thinking within the company or provided direct incentives to develop new technology ».

donc pas d'investissements importants pour la flotte existante et peut permettre à la compagnie de réaliser des économies de carburant.

Le projet européen de surveillance, de déclaration et de vérification des émissions de CO_2 des navires, et la proposition de système de collecte de données international s'inscrivent tous deux dans l'idée de partage de l'information et de transparence des armateurs sur leurs émissions vis-à-vis du régulateur. La possibilité de rendre publiques ces données est envisagée. Néanmoins, cette éventualité peut porter atteinte au secret commercial. Dans le cas d'une publication, l'instrument ajoute une logique d'atteinte à la réputation dans sa manière de modifier les comportements. L'instrument s'appliquerait à tous les navires de son périmètre (européen ou mondial), impliquant sa rétroactivité. Néanmoins, la mesure des émissions n'implique pas forcément pour l'armateur d'équiper son navire d'un instrument de mesure. En effet, le projet de règlement européen et la proposition de système de collecte de données international permettent l'utilisation de données déjà existantes à bord des navires. Notamment, le système européen autorise la méthode des notes de livraison de soutes, qui repose sur la quantité et le type de combustible tels qu'ils figurent dans la note de livraison de soute[84], complétés par des inventaires manuels périodiques des soutes. Le relevé du niveau de fuel dans le réservoir en début et en fin d'un voyage compris dans le périmètre de l'instrument, combiné à l'information sur la quantité de fuel ravitaillée pendant le voyage (contenue dans la note de livraison de soute) permet de calculer la quantité de carburant que le navire a consommé pendant le voyage. La seule exigence de cette méthode est donc le relevé régulier par le personnel de bord de la quantité de carburant contenue dans le réservoir. Les autres méthodes reposent sur l'utilisation de débitmètres (qui à la différence du relevé manuel permettent une mesure en continue de la quantité de carburant consommée) ou d'appareil de mesure directe des émissions dans les cheminées.

Enfin, dans le cas hypothétique de l'aboutissement d'un instrument de marché pour les émissions de CO_2 du transport maritime, la modification des comportements passerait par l'envoi d'un signal-prix aux agents économiques pour qu'ils prennent en compte les effets externes de leur activité. Il s'agit donc d'une logique tout à fait différente de celles que nous avons établies précédemment (format prescriptif, goal-based ou management de la qualité). L'instrument s'appliquerait à tous les navires, impliquant une rétroactivité. L'armateur devrait arbitrer entre les coûts de réduction des émissions de sa flotte (par des mesures techniques et/ou

[84] La note de livraison de soute est un document fourni à l'opérateur par le fournisseur de carburant spécifiant la quantité et la qualité du carburant vendu. La note de livraison de soutes doit être conservée à bord dans un endroit où elle soit facilement accessible aux fins d'inspection. Elle doit être conservée pendant une période de trois ans à compter de la livraison du fuel-oil à bord. Il s'agit d'une exigence de l'Annexe VI de MARPOL (Règle 18 sur la disponibilité et la qualité du carburant).

opérationnelles, voire même une réduction de son activité) et le prix du permis sur le marché (ou du crédit carbone dans un système de compensation ou de taux de la taxe dans le cas d'une taxe carbone). Un tel instrument nécessite un système de mesure, de report et de surveillance des émissions, et donc un partage de l'information avec le régulateur.

A partir de ces analyses, le tableau 16 propose une classification générique de chaque instrument suivant la typologie élaborée précédemment. Il ressort de cette classification que les instruments de réduction des émissions présentent un grand nombre d'éléments s'inscrivant dans les nouvelles approches de la politique maritime en matière de sécurité et d'environnement : absence de prescriptions, rétroactivité, différenciation géographique de certaines mesures, partage d'informations avec le régulateur (voire avec le public). Certains instruments présentent même des aspects inédits dans l'instrumentation maritime : l'incitation soutenue et continue à l'amélioration (ce qui donne une efficacité « dynamique » au système de régulation), et dans le cas hypothétique de l'aboutissement d'un instrument de marché, la modification des comportements par un signal-prix. Les politiques de réduction des émissions du transport maritime donnent ainsi lieu à des changements par l'accumulation d'éléments nouveaux voire inédits dans leur format instrumental. Qu'impliquent ces formats d'instrument pour les armateurs ?

Tableau 16 - Classification générique des instruments de réduction des émissions du transport maritime

Instrument	De quelle manière l'instrument vise-t-il à modifier les comportements ?	Rapport à la technologie	Portée d'application	Périmètre géographique	Rapport à l'information
Limitation de la teneur en soufre des carburants ou méthodes équivalentes (Annexe VI de MARPOL et directive 2012/33/UE)	Goal-based	Technology-forcing sur l'option scrubber Pour les autres options (distillat, GNL) technology-following mais réorganisations structurelles majeures	Rétroactif	SECA, ports européens, hors SECA	Sans objet
Tier I (Annexe VI de MARPOL)	Goal-based	Technology-following	Rétroactif si justifié économiquement	Uniformité au niveau mondial	Sans objet
Tier II (Annexe VI de MARPOL)	Goal-based	Technology-following	Non rétroactif	Uniformité au niveau mondial	Sans objet
Tier III (Annexe VI de MARPOL)	Goal-based	Technology-following	Non rétroactif	NECA	Sans objet
EEDI (Annexe VI de MARPOL)	Goal-based	Incitation au progrès technique	Non rétroactif	Uniformité au niveau mondial	Sans objet
SEEMP (Annexe VI de MARPOL)	Management de la qualité	Sans objet	Sans objet	Uniformité au niveau mondial	Sans objet
MRV européen (proposition de règlement européen)	Sans objet	Sans objet	Rétroactif mais sans impact majeur sur le navire	Périmètre européen	Partage de l'information
Système de collecte de données international (soumission des Etats-Unis à l'OMI)	Sans objet	Sans objet	Rétroactif mais sans impact majeur sur le navire	Uniformité au niveau mondial	Partage de l'information
Instrument de marché européen (hypothèse)	Signal-prix	Incitation au progrès technique et opérationnel	Rétroactif	Périmètre européen	Partage de l'information
Normes internationales sur l'efficacité énergétique (hypothèse)	Goal-based en l'absence d'inclusion de mécanismes de flexibilité Signal-prix si inclusion de mécanismes de flexibilité	Incitation au progrès technique et opérationnel	Rétroactif	Uniformité au niveau mondial	Partage de l'information

En jaune : format s'inscrivant dans les approches traditionnelles ;
en orange : format s'inscrivant dans les nouvelles approches ;
en rouge : format inédit.

1.3 Implications des formats instrumentaux pour les armateurs

1.3.1 Formats « goal-based » et signal-prix : des instruments qui ouvrent les choix

Le tableau 16 met en évidence que la plupart des instruments de réduction des émissions du transport maritime revêtent un format « goal-based », c'est-à-dire qu'ils fixent un objectif de dépollution en intensité et laissent aux armateurs une flexibilité concernant les moyens d'atteindre cet objectif. Les instruments de marché laissent aussi une marge de manœuvre aux armateurs par le choix qu'ils offrent entre d'une part réduire leurs émissions ou payer des quotas/taxes/crédits carbone, et d'autre part sur les moyens de réduire leurs émissions.

Ces instruments ne constituent donc pas des contraintes inamovibles dictant exactement et précisément le comportement des organisations assujetties. Leurs formats n'imposent pas un type de réponse particulier, et l'existence d'un certain nombre de méthodes pour répondre aux exigences laisse des marges de manœuvre aux compagnies maritimes. S'il faut admettre que les instruments contraignent pour partie les choix des compagnies, leur format leur laisse parallèlement des degrés de liberté. Il faut souligner que ce constat ne va pas de soi. De manière générale, la réglementation est en effet traditionnellement considérée comme un système inflexible de normes, représentant le stade ultime des pressions sociétales contraignant les organisations (Demil, 1998). Ce constat se vérifie dans la réglementation du transport maritime par le format prescriptif traditionnellement utilisé, qui se traduit par une absence de marge de manœuvre pour les compagnies et une uniformité de leurs comportements face à la réglementation (en excluant les cas de non-respect).

Les limitations sur la teneur en soufre ou les méthodes de réduction équivalentes, la norme Tier III, l'EEDI, l'instrument de marché européen, les normes internationales sur l'efficacité énergétique impliquent donc pour les compagnies maritimes d'opérer des choix entre de multiples alternatives, incluant de nombreuses dimensions, aussi bien économiques, techniques qu'opérationnelles.

1.3.2 Rétroactivité des instruments : une large portée des politiques

Certains instruments de réduction des émissions du transport maritime sont rétroactifs avec potentiellement des coûts importants : il s'agit de la limitation de la teneur en soufre des carburants et des méthodes de réduction équivalentes, de l'instrument de marché européen et des normes internationales sur l'efficacité énergétique. Cette rétroactivité implique un champ

d'application large des politiques : celles-ci ne s'appliquent pas seulement aux navires neufs mais à l'ensemble de la flotte concomitamment. Alors que la non-rétroactivité se traduit par une diffusion lente et progressive des nouvelles mesures dans la flotte qui peut prendre plusieurs décennies en raison de la longue durée de vie des navires, la suppression de la clause du grand-père implique une adaptation plus ou moins abrupte de toute la flotte. Cela est susceptible de remettre en cause la conception initiale de certains navires ou le modèle économique de certains services. Dans un contexte où la stabilité de la réglementation est inférieure au rythme de renouvellement du capital productif, cela peut compromettre la sécurité des investissements effectués, car les décisions prises à un certain moment par un armateur sur les caractéristiques de ses navires sont susceptibles d'être rendues un jour caduques par un nouveau contexte réglementaire.

1.3.3 Différenciation géographique des réglementations : une plus grande complexité et de possibles distorsions

Certains instruments établissent des règles différentes selon le périmètre géographique où se situe le navire. C'est le cas de la limitation de la teneur en soufre dans les zones SECA et dans les ports de l'UE, la norme Tier III dans les zones NECA, le MRV et l'instrument de marché européen. Cela a pour première conséquence de complexifier les opérations maritimes, en particulier pour la flotte exerçant une partie de son activité dans un périmètre et l'autre partie en dehors. La multiplication des périmètres ajoute à la complexité. L'existence de périmètres de régulation différents peut aussi avoir un impact sur l'affrètement et la revente du navire. Par exemple, un navire fonctionnant au GNL effectuant son activité dans une SECA pourrait être difficile à affréter ou à revendre sur des marchés maritimes en dehors de ces zones. En outre, certains trafics maritimes pourraient être détournés pour éviter ces périmètres.

Une autre conséquence de la différenciation géographique des réglementations est l'introduction de distorsions dans les marchés maritimes. Les compagnies maritimes ayant une activité importante dans les zones où la réglementation est la plus contraignante et coûteuse pourraient être défavorisées par rapport aux autres compagnies. Ce désavantage concurrentiel reste néanmoins limité à l'échelle des compagnies d'un même secteur maritime car les secteurs maritimes sont cloisonnés et se concurrencent peu entre eux. Une distorsion pourrait également apparaître dans les conditions de concurrence entre les modes de transport. Par exemple, l'augmentation des coûts du transport maritime de courte distance opérant dans les zones SECA pourrait diminuer la compétitivité du mode maritime au profit des modes de transport terrestres, se traduisant par un report modal de certains trafics vers la route et le rail.

1.3.4 Information et technologies : un nouveau rapport vis-à-vis des équipementiers et du régulateur

La possibilité d'utiliser la technologie scrubber comme méthode alternative au carburant à basse teneur en soufre implique un « forçage technologique » dans la mesure où cette technologie n'existait qu'à l'état de prototype lors de l'adoption de l'Annexe VI révisée en 2008. D'autres instruments (EEDI, instrument de marché européen, et normes internationales sur l'efficacité énergétique) dont le niveau d'exigence est évolutif dans le temps, envoient des incitations continues pour améliorer l'efficacité énergétique du navire. Les innovations étant réalisées par les concepteurs d'équipement (et non par les compagnies maritimes), cette situation crée une dépendance des compagnies à l'égard des équipementiers qui contrôlent le rythme de développement des nouvelles technologies.

Enfin, certains instruments impliquent un partage de l'information sur les émissions de CO_2 ou sur l'efficacité énergétique des navires avec le régulateur (MRV européen, proposition de système de collecte de données international, projets d'instrument de marché européen et de normes internationales sur l'efficacité énergétique), voire avec le public si l'information est publiée. Les armateurs ne peuvent ainsi plus mener leur activité sans avoir de comptes à rendre sur leurs émissions. Cette obligation de transparence réduit l'asymétrie d'information entre le régulateur et le réglementé.

Par leur rapport à la technologie et à l'information, certains instruments modifient ainsi les relations des armements vis-à-vis des équipementiers et du régulateur.

2. Les articulations des politiques

Nous venons de considérer la logique interne de chaque instrument de politique. Il s'agit à présent de mener une réflexion sur l'articulation des politiques, c'est-à-dire de les considérer de manière systémique. Nous avons souligné dans le chapitre 2 que les politiques de réduction des émissions de SO_x, de NO_x et de CO_2 ont fait l'objet de deux processus d'élaboration distincts. Peu de réflexions ont été menées lors de ces processus sur l'articulation entre les politiques. La compatibilité et la cohérence constituent des aspects importants mais, semble-t-il, négligés des processus de production des politiques de réduction des émissions du transport maritime. C'est pourquoi, nous cherchons à évaluer leur degré de congruence (sous-section 2.1). L'existence de

plusieurs niveaux de gouvernance peut accentuer les problèmes d'articulation. En conséquence, nous nous intéressons également à l'articulation « verticale » des politiques (sous-section 2.2). Enfin, nous verrons comment l'UE s'attache à rechercher des points de convergence entre les politiques environnementales du transport maritime et d'autres politiques sectorielles européennes (sous-section 2.3). Il s'agit d'une réflexion nécessaire car c'est l'articulation des politiques qui apporte une réponse globale à des problèmes eux-mêmes interreliés.

2.1 L'articulation entre les politiques de réduction des émissions du transport maritime

2.1.1 De l'approche réductionniste dans le traitement des externalités

De manière générale, les externalités négatives du transport sont souvent considérées comme une collection de nuisances isolées et indépendantes, ce qui peut poser des problèmes de cohérence dans leur traitement (Héran, 2011). Il est en effet plus facile de résoudre les problèmes en les décomposant et en traitant une par une leurs composantes. Héran (2011) explique que cette logique réductionniste correspond à une conception rationnelle de résolution des problèmes théorisée par Descartes dans le *Discours de la méthode* (1637), consistant à « diviser chacune des difficultés que j'examinerais en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre ». Si la segmentation des différentes parties d'un problème relève du bon sens et constitue une première étape analytique instructive, elle peut aboutir à des contradictions en l'absence d'intégration des résultats, car les composantes du problème sont généralement liées entre elles (Héran, 2011).

La logique réductionniste se vérifie notamment pour les émissions de polluants de l'air et de GES qui sont, en général, étudiées séparément (Cabantous et al., 2010) et dont les politiques de réduction sont souvent conçues de manière segmentée. Comme le chapitre 2 l'a mis en évidence, les processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime n'ont pas échappé à ce cloisonnement. Même si certains Etats et l'ICS (International Chamber of Shipping) ont appelé au développement d'une approche holistique prenant en compte à la fois les émissions de SO_x, NO_x, PM et CO_2, ce positionnement ne l'a pas emporté en raison de la complexité d'une telle approche (van Leeuwen, 2008) (le mot complexité vient d'ailleurs du latin complexus qui signifie « ce qui est tissé ensemble dans un enchevêtrement »).

Pollution de l'air et changements climatiques sont deux phénomènes présentant des effets et des dynamiques spatio-temporelles très différents (cf. chapitre 1, § 2.2.4), ce qui peut justifier à première vue une approche disjointe. D'autant plus que la perception de leur urgence n'est pas la même : la pollution de l'air, par son impact à court terme sur la santé humaine semble justifier une réponse immédiate, tandis que le changement climatique est perçu comme un problème de long terme, avec des objectifs de réduction fixés à l'horizon 2050. Néanmoins, les émissions de polluants de l'air et de GES sont issues de la même source : celle de la combustion d'une énergie fossile par les moteurs du navire. Elles constituent donc deux composantes liées du même système. L'approche réductionniste conduit à se concentrer sur les impacts d'une politique donnée sur l'externalité qu'elle cible. Or cette approche occulte les possibles effets que peut avoir cette politique sur d'autres polluants, et à des niveaux autres que la combustion. Ces considérations nous invitent à nous intéresser aux interactions pouvant découler des politiques de réduction des émissions du transport maritime.

2.1.2 Prendre en compte les émissions du cycle de vie

Nous partons du constat que les quatre options permettant de répondre à l'Annexe VI de MARPOL et à la directive 2012/33/UE sur les émissions de SO_x ont toutes un impact sur les émissions de GES :

- le distillat requiert plus d'énergie pour sa production que l'IFO. Les émissions de GES « amont » (ou émissions du « puits au réservoir ») de ce carburant sont donc supérieures à celles de l'IFO. Néanmoins, le facteur d'émission de la combustion du distillat (en gCO_2/kWh) est légèrement inférieur à celui de l'IFO, ce qui se traduit par des émissions de CO_2 inférieures lors de la combustion (émissions « du réservoir à la roue ») ;

- les scrubbers nécessitent pour leur fonctionnement un surcroît de consommation (et donc d'émission de CO_2) estimé entre 1 et 3 % de la puissance de sortie du moteur pour les scrubbers à boucle ouverte, et de 0,5 % pour les scrubbers à boucle fermée (Brynolf et al., 2014) ;

- le GNL présente l'avantage de réduire à la fois les émissions de SO_x, de NO_x et de particules. Il émet également moins de CO_2 que l'IFO lors de la combustion. Néanmoins, il ne faut pas oublier les émissions amont issues de l'extraction du gaz naturel, de sa liquéfaction, de son stockage et de son transport. En outre, du méthane non brûlé peut être libéré. Or le méthane est un puissant gaz à effet de serre ayant un potentiel de réchauffement global vingt-huit fois supérieur à celui du CO_2. Les émanations de méthane peuvent provenir de fuites lors des opérations d'approvisionnement en GNL des navires, d'une combustion incomplète du gaz, ou

de fuites par des crevasses dans la chambre de combustion. Le niveau d'émanation de méthane varie selon les technologies de moteurs ;

- enfin, concernant les biocarburants, si l'absorption de CO_2 lors la croissance des matières végétales compense les émissions de CO_2 issues de la combustion, l'activité de production des matières premières et l'étape industrielle de leur transformation ne sont pas neutres en termes d'émissions.

Signalons également que la réduction catalytique sélective, l'une des technologies permettant d'atteindre la norme Tier III sur les émissions de NO_x, peut émettre de l'ammoniac si le dosage de l'urée dans le dispositif n'est pas adéquat. Les émissions d'ammoniac participent aux phénomènes d'acidification, d'eutrophisation et se transforment en particules secondaires néfastes pour la santé (Brynolf et al., 2014).

Ces différents effets peuvent être quantifiés par une analyse du cycle de vie (ACV) qui consiste à évaluer les impacts environnementaux d'un produit sur la totalité de son cycle de vie. L'ACV permet de prendre en compte le transfert possible d'un impact environnemental d'une phase du cycle de vie vers une autre, ou encore le transfert d'un impact environnemental vers un autre en fonction des alternatives. Brynolf et al. (2014) proposent une comparaison des ACV de l'IFO (scénario de référence) et de trois méthodes de conformité dans les zones ECA[85] : de l'IFO combiné à une réduction catalytique sélective (en supposant un dosage de l'urée adéquat) et un scrubber en boucle ouverte ; du MGO combiné à une réduction catalytique sélective ; et du GNL en faisant trois hypothèses sur l'ampleur des émanations de méthane (a. pas d'émanation de méthane, b. émanation moyenne de méthane à 4,4 %, c. forte émanation de méthane à 8 %). Le tableau 17 illustre les résultats de cette ACV.

[85] Les zones ECA (Emission Control Area) sont les zones qui sont à la fois SECA et NECA. Aujourd'hui, la seule ECA existante est la zone de 200 milles nautiques longeant les côtes de l'Amériques du Nord.

Tableau 17 - Analyse du cycle de vie de l'IFO (scénario de référence), 1) de l'IFO combiné à un scrubber et une réduction catalytique sélective, 2) du MGO combiné à une réduction catalytique sélective, 3) du GNL

Impact sur le réchauffement climatique	Emissions du cycle de vie hors combustion	Emissions de la combustion	Total émissions du cycle de vie
IFO (scénario de référence)	0,10	0,90	1
1) IFO + scrubber + RCS	0,10	0,94	1,04
2) MGO + RCS	0,20	0,87	1,07
3.a) GNL sans émanation de méthane	0,11	0,62	0,73
3.b) GNL émanation moyenne de méthane	0,11	0,86	0,97
3.c) GNL forte émanation de méthane	0,11	1,07	1,18

Impact sur l'acidification	Emissions du cycle de vie hors combustion	Emissions de la combustion	Total émissions du cycle de vie
IFO (scénario de référence)	0,03	0,96	1
1) IFO + scrubber + RCS	0,03	0,09	0,12
2) MGO + RCS	0,03	0,09	0,12
3) GNL	0,01	0,04	0,05

Impact sur l'eutrophisation	Emissions du cycle de vie hors combustion	Emissions de la combustion	Total émissions du cycle de vie
IFO (scénario de référence)	0,01	0,98	1
1) IFO + scrubber + RCS	0,01	0,17	0,18
2) MGO + RCS	0,01	0,17	0,18
3) GNL	0,00	0,05	0,05

Impact sur les PM	Emissions du cycle de vie hors combustion	Emissions de la combustion	Total émissions du cycle de vie
IFO (scénario de référence)	0,03	0,96	1
1) IFO + scrubber + RCS	0,03	0,19	0,22
2) MGO + RCS	0,03	0,05	0,08
3) GNL	0,01	0,02	0,03

Adapté de Brynolf et al., 2014.

Le tableau 17 met en évidence que ce sont les émissions de la combustion qui contribuent le plus aux impacts du cycle de vie. Les trois méthodes permettent un impact considérablement réduit sur les particules, l'acidification et l'eutrophisation par rapport à l'IFO. Néanmoins, leur

impact climatique est mitigé. A la question controversée de savoir s'il vaut mieux retirer le soufre dans les raffineries (option MGO) ou dans le navire (option scrubber), l'ACV montre que ces deux options sont quasiment équivalentes pour ce qui est de l'impact climatique et qu'elles conduisent toutes deux à une légère augmentation des émissions de GES par rapport à l'IFO. L'impact climatique du GNL est fortement dépendant de l'ampleur des émanations de méthane. Une absence d'émanation de méthane conduit à une réduction des émissions de GES de 27 % par rapport à l'IFO. En revanche, des émanations de méthane non contrôlées pourraient augmenter jusqu'à environ 20 % les émissions de GES de l'option GNL par rapport à l'IFO. Ces résultats soulignent l'importance de la maîtrise des émanations de méthane, une question qui fait l'objet de peu d'attention de la part des régulateurs. Les motoristes travaillent néanmoins à la réduction des émanations de méthane, car elles détériorent à la fois le rendement du moteur et son bilan environnemental (Bengtsson, 2011).

L'analyse du cycle de vie des biocarburants, c'est-à-dire de la production des matières premières jusqu'à leur combustion, n'est pas nulle et doit être comparée à celle des carburants fossiles. Bengtsson (2011) propose une ACV de plusieurs types de biocarburants pouvant être utilisés par les navires, comparée à celles de l'IFO, du MGO et du GNL. Elle met en évidence que si la production et la transformation des divers biocarburants est plus émettrice en GES que celles des carburants fossiles[86] (émissions du puits au réservoir), les biocarburants ont dans l'ensemble un meilleur bilan climatique que les carburants marins fossiles en raison de leur court cycle de vie du carbone. Des remarques similaires peuvent être formulées pour la contribution à l'acidification et aux émissions de particules. En revanche, la plupart des biocarburants présentent une contribution au phénomène d'eutrophisation supérieure à celle des carburants fossiles en raison des émissions d'ammoniac issues de l'agriculture. Les biocarburants ont également d'autres impacts environnementaux et sociaux. La durabilité des biocarburants de première génération est controversée en matière de protection de la biodiversité, de consommation d'eau et d'engrais, de compétition avec les matières alimentaires, et de changements d'affectation des sols qui peuvent perturber le maintien de la teneur en carbone des sols (CGDD, 2013). Les carburants de deuxième et troisième génération ont des impacts moindres par rapport aux carburants de première génération, mais ils sont encore au stade de recherche et développement. Ainsi, si les biocarburants présentent des avantages en termes d'émissions de GES et de SO_x, c'est au détriment d'autres catégories d'impact environnemental. Cette situation pourrait être remédiée à long terme par le développement des carburants de deuxième et troisième générations.

[86] L'activité de production des biocarburants est en effet plus conséquente que la transformation du pétrole en carburant.

Les instruments de réduction des émissions de GES du transport maritime adoptés et envisagés (EEDI, SEEMP, MRV et instrument de marché) ne ciblent que le CO_2 émis lors de la phase de combustion du carburant. Ils ne prennent pas en compte les autres GES comme le méthane, ni les émissions du cycle de vie complet. Les potentielles augmentations des émissions de GES induites par les méthodes de conformité aux politiques de réduction de SO_x et de NO_x ne seront donc pas totalement couvertes par les politiques de réduction des émissions de GES du transport maritime.

2.1.3 Un risque de *lock-in* technologique

Une conséquence possible de ne pas inclure de considération sur les émissions de GES dans les politiques de réduction des polluants de l'air est de rendre plus difficile de futures réductions du GES. Gilbert (2014) souligne le risque de *lock-in* (verrouillage) technologique résultant des politiques de réduction des émissions de SO_x qui pourrait compromettre à long terme la mise en œuvre de technologies de rupture seules à même de décarboner le transport maritime. En effet, certaines technologies peuvent paraître bénéfiques à la fois en termes de compétitivité et de préservation de l'environnement sur le court terme, mais conduisent les firmes à adopter une trajectoire technologique verrouillée, qui se révèle sous-optimale sur le long terme et éloignée des « sentiers de soutenabilité » (Faucheux et Nicolaï, 1998). Dans le cas des politiques de réduction des émissions du transport maritime, la focalisation initiale sur la pollution de l'air entraîne l'adoption de technologies environnementales en bout de chaîne (scrubber, réduction catalytique sélective), qui déplacent plus les problèmes environnementaux qu'elles ne les éliminent (déchets plutôt que fumées toxiques), ou une substitution vers des carburants plus propres (MGO, GNL) mais qui ne rompent pas la dépendance du transport maritime aux énergies fossiles. Ces solutions s'apparentent à des améliorations incrémentales. Elles ne relèvent pas d'innovations radicales constituant des ruptures dans l'évolution des technologies. Or selon Faucheux et Nicolaï (1998), ce sont bien les ruptures technologiques environnementales qui permettent une transformation du système productif[87], « en amorçant une nouvelle trajectoire technologique qui finit par coïncider avec une trajectoire de développement durable ». Faucheux et Nicolaï (1998) notent que cette distinction relève d'un dilemme entre court terme et long terme. Le développement d'innovations intégrées radicales prend du temps. Or, il est souvent nécessaire d'agir à court terme car c'est la santé des populations et la préservation de l'environnement de l'acidification qui sont en jeu. Les politiques publiques

[87] Le transport est bien une opération productive car il s'agit d'une opération matérielle modifiant les caractéristiques physiques des produits (leurs coordonnées spatio-temporelles) et qui implique de la main-d'œuvre, des équipements et des consommations intermédiaires significatives (Savy, 2007).

amènent alors les firmes à adopter des technologies immédiatement disponibles. Le risque est alors de piéger le système dans une solution non optimale et de rendre plus difficile sur le long terme la diffusion des technologies de rupture. Dans le cas du transport maritime, de telles technologies de rupture pourraient être par exemple la pile à combustible à hydrogène ou les biocarburants de deuxième et troisième génération. Il ne faut pas non plus tomber dans l'écueil d'attendre indéfiniment la solution optimale car « there will always be more advanced future technologies worth waiting for » (Hillman, 2008). Une solution pour faire face à ce dilemme consiste à développer les diverses catégories de technologies environnementales de manière complémentaire et suffisamment flexible pour atténuer les problèmes parfois irréversibles de la transition (Faucheux et Nicolaï, 1998). Par exemple, dans le cas du transport maritime, Gilbert (2014) suggère : « the vessels should, as a minimum, seek to satisfy the sulphur regulation in the short-term but ensure that such measures do not limit the potential for low carbon technologies in the longer-term. As an example, to ensure that LNG infrastructure is capable of storing either biogas or hydrogen in the future". Notons que la réduction des émissions du transport maritime ne passe pas uniquement par des mesures technologiques, mais également par des mesures opérationnelles, telles que la réduction de la vitesse. De telles mesures présentent un grand potentiel de réduction et peuvent atténuer les problèmes d'irréversibilité des transitions technologiques.

2.1.4 Interactions entre politiques de réduction du SO_x et émissions de PM

Comme évoqué dans le chapitre 2, il n'existe pas de politique visant à réduire directement les émissions de particules. Durant la révision de l'Annexe VI, il a été considéré que les émissions de PM étaient réduites indirectement par la politique de réduction des émissions de soufre et qu'il n'y avait pas besoin d'une politique spécifique (chapitre 2, § 2.2.3). Si le distillat aboutit à des émissions de PM réduites par rapport à l'IFO, Winnes et Fridell (2009) ont montré que la qualité du carburant n'a pas d'impact sur les émissions de PM de petite taille (inférieures à 2,5 µm). Or les petites particules sont les plus néfastes pour la santé[88]. La taille des particules constitue donc aussi un élément à prendre en compte. Notons également que les scrubbers réduisent les émissions de PM mais que leur impact précis (sur la quantité totale de PM réduite et sur les particules de petite taille) est incertain, comme le relève Brynolf et al. (2014).

[88] Les particules les plus fines ont la capacité de pénétrer dans l'appareil respiratoire plus profondément que les particules plus larges, d'où leur dangerosité.

2.1.5 Des synergies non exploitées

Si aucune technologie d'atténuation des émissions de polluants de l'air ne permet de réduction significative des émissions de GES (à l'exception du GNL en l'absence d'émanation de méthane et des biocarburants), il est important de souligner que la plupart des méthodes de réduction des émissions de CO_2 s'accompagnent de réductions conjointes des émissions de polluants de l'air. En effet, la réduction des émissions de CO_2 passe essentiellement par une diminution de la quantité de carburant consommé, ce qui permet également une réduction de la pollution de l'air. Cet effet des politiques climatiques sur la pollution de l'air est connu sous le nom de co-bénéfice et demeure souvent ignoré (Bollen et al., 2009).

Les politiques de réduction des émissions du transport maritime établissent différentes limites pour chaque polluant selon une approche goal-based (cf. tableau 16). Pour le NO_x, la limite porte sur la quantité d'émission de NO_x par énergie (exprimée en g/kWh) ; pour le SO_x, la limite porte sur la teneur en soufre du carburant (exprimée en masse de soufre par masse de carburant) ; pour le CO_2, la limite porte sur la quantité d'émission de CO_2 par tonne-milles (EEDI). Concernant les NO_x et les SO_x, la réglementation permet l'atteinte des objectifs de réduction uniquement par des méthodes ciblant spécifiquement les émissions de SO_x et de NO_x (laissées au choix de l'armateur), mais ne permet pas la réalisation de ces objectifs via une amélioration de l'efficacité énergétique (qui pourrait être combinée avec les méthodes ciblant spécifiquement les émissions de SO_x et de NO_x). Par ailleurs, l'usage d'unités différentes pour la définition des objectifs de réduction des différents polluants ne permet pas de croiser les méthodes de réduction. Les synergies pouvant découler des méthodes de réduction agissant sur l'efficacité énergétique ne peuvent donc pas être exploitées.

En outre, la formule de calcul de l'EEDI repose sur la teneur en carbone du fuel utilisé, ce qui ne permet pas de distinguer le carbone biogénique de court cycle des biocarburants du carbone de long cycle des carburants fossiles. La teneur en carbone des biocarburants étant légèrement supérieure à celle des carburants conventionnels, l'EEDI découragerait donc leur usage (Florentinus et al., 2012).

Pour conclure, les politiques de réduction des émissions du transport maritime ne sont pas à proprement parler incohérentes ni incompatibles entre elles. Néanmoins, peu d'attention a été portée à leurs interactions (aussi bien positives que négatives), et par conséquent, leur combinaison n'a pas été optimisée.

2.2 Les articulations entre niveaux institutionnels

Les politiques de réduction des émissions du transport maritime font intervenir plusieurs niveaux institutionnels, impliquant des phénomènes de diffusion, au sens de processus vertical allant d'institutions internationales ou supranationales vers des niveaux nationaux ou infra-nationaux. Les normes et instruments se diffusent ainsi progressivement depuis un niveau central jusqu'aux échelons secondaires, tout en étant adaptées à chaque étape du processus. Cette adaptation peut se faire sans difficulté majeure, mais peut aussi révéler des incompatibilités car la densité réglementaire s'accroit à mesure que l'on s'approche du niveau le plus bas. Nous avons identifié deux situations révélant des difficultés d'articulation entre niveaux institutionnels : les scrubbers qui sont autorisés par MARPOL et la directive 2012/33/UE mais dont l'utilisation pourrait se heurter à des réglementations nationales ou locales concernant les rejets autorisés dans la mer, et le GNL dont la réglementation, encore en construction, est très fragmentée entre des organismes divers.

2.2.1 Le cas des scrubbers

L'OMI a établi en 2009 des critères sur les eaux rejetées par les scrubbers fonctionnant en boucle ouverte (directives de 2009 sur les dispositifs d'épuration des gaz d'échappement, MEPC 59/24/Add.1). Ces critères concernent le pH (qui ne doit pas être inférieur à 6,5), la teneur en hydrocarbures aromatiques polycycliques, la turbidité et les nitrates. Ces critères pourraient ne pas respecter certaines règles nationales ou locales sur les rejets autorisés dans la mer[89]. Des navires équipés de scrubbers dont les eaux de lavage respecteraient les critères fixés par l'OMI, pourraient se trouver en infraction dans certains ports, avec le risque d'encourir une amende et/ou l'immobilisation du navire pour pollution locale (associé à une atteinte à la réputation de l'armateur). L'incompatibilité entre les critères fixés par l'OMI et certaines règlementations nationales et locales implique donc pour l'armateur un risque d'investir dans le « mauvais » scrubber. Ceci peut aussi se répercuter dans le taux d'affrètement du navire ou lors de sa revente. En outre, l'absence d'harmonisation de ces différentes règlementations, d'un pays à l'autre et d'un port à l'autre, complexifie la lisibilité réglementaire.

De nombreux armateurs craignent que certains ports renforcent leurs critères de rejet, voire les interdisent[90]. Bloor et al. (2013) évoquent également la crainte de certains armateurs

[89] Il s'agit par exemple de règles élaborées dans le cadre de la directive européenne cadre sur l'eau (2000/60/CE), du réseau Natura 2000 et de la directive cadre stratégie pour le milieu marin (2008/56/CE).

[90] Source : entretiens réalisés avec les armateurs.

que les Etats de la mer Baltique interdisent les rejets d'eau de lavage des scrubbers à boucle ouverte en raison de la contribution de ces rejets à l'acidification de la mer Baltique. Ces possibilités d'interdictions ou de renforcements futurs des règles sur les rejets d'eau de lavage des scrubbers à boucle ouverte entretiennent une incertitude réglementaire. Pour un opérateur souhaitant investir dans un scrubber à boucle ouverte, il est primordial de savoir s'il pourra utiliser ou non son scrubber dans tous les ports où son navire fera escale. L'absence de certitude réglementaire rend la décision d'investissement dans un scrubber plus difficile à prendre. Une façon de se prémunir de cette incertitude réglementaire, et du risque associé d'amende ou d'immobilisation en cas de non-conformité, est de prévoir une solution de rechange. Cette solution peut être de transporter à bord du distillat, en plus de l'IFO utilisé pour le scrubber, ce qui implique de prévoir un réservoir de stockage, de la tuyauterie supplémentaire, une perte d'espace de charge utile et une augmentation des coûts de carburant. Une autre solution consiste à choisir un scrubber hybride pouvant fonctionner en boucle ouverte là où les rejets sont autorisés et en boucle fermée là où ils ne le sont pas. Ces deux solutions sont plus coûteuses qu'un scrubber à boucle ouverte. L'incertitude sur la compatibilité entre des règles établies au niveau international renforcées au niveau européen et des règles nationales ou locales, induit donc des coûts supplémentaires pour s'en prémunir.

2.2.2 Le cas du GNL

Le GNL constitue une nouvelle énergie pour le transport maritime. Un cadre réglementaire existe pour les installations de GNL à terre et le transport maritime de GNL, mais pour le GNL en tant que carburant marin, la réglementation est en construction. L'OMI est en train d'élaborer un recueil international des règles de sécurité applicables aux navires qui utilisent du gaz ou d'autres combustibles à faible point éclair (International Code of Safety for Ships using Gases or Other Low Flashpoint Fuels ou IGF Code). Dans l'attente de la rédaction et de l'approbation d'un code particulier, l'OMI a édicté des directives intérimaires sur la sécurité des installations de moteur à gaz naturel à bord des navires (Résolution MSC.285(86) adoptée le 1er juin 2009). Ces règles ne concernent que le navire et ne couvrent pas tous les aspects de l'utilisation du GNL comme carburant pour le transport maritime, tels que les procédures de soutage et la formation des équipages. Un grand nombre de chantiers réglementaires ont été ouverts à divers niveaux ces dernières années pour remplir les lacunes de la réglementation. Parmi ces chantiers, nous pouvons citer (Jouffray et al., 2013) :

- les travaux de normalisation de différentes opérations concernant le GNL entrepris par l'ISO depuis 2011,

- les travaux du groupe de travail sur le GNL de l'International Association of Ports and Harbours (IAPH) pilotés par le port d'Anvers,

- les travaux sur la conception de petits et moyens terminaux de GNL avec les installations de soutage correspondantes réalisés par l'Association mondiale pour des infrastructures de transport maritimes et fluviales,

- les travaux réalisés par la Commission européenne et l'EMSA (European Maritime Safety Agency) visant à adopter des règles et standards communs à l'échelle de l'UE sur la distribution et le soutage du GNL aux navires,

- les travaux menés au niveau français par un groupe de travail formé de la Direction générale de la prévention des risques du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie et de l'Association française du gaz pour étudier l'installation dans les ports de stations satellites de GNL compatibles avec la directive SEVESO II.

Comme le soulignent Jouffray et al. (2013), le foisonnement des travaux réglementaires en cours à différents niveaux, la diversité des organismes et institutions internationales ou professionnelles impliqués, nécessitent une maîtrise de l'ensemble des travaux menés et des efforts de coordination pour éviter des redondances, des incohérences, voire des incompatibilités. Il s'agit d'une condition nécessaire au développement du GNL comme carburant marin.

2.3 L'articulation des politiques sectorielles européennes

Muller (2014) souligne qu'il est très difficile pour l'action publique d'échapper à une logique sectorielle : « Expression de la division du travail gouvernemental, la sectorisation est liée au fait que la constitution d'un savoir efficace pour traiter un problème passe par la mobilisation d'experts, eux-mêmes spécialisés, qui revendiquent nécessairement un monopole du discours légitime dans le domaine concerné ». Si la sectorisation permet de mettre en œuvre des savoirs et savoirs-faires efficaces, elle ne permet pas de prendre en compte le caractère global des problèmes qui sont en général multiformes, multi-causaux, et qui transgressent les spécialisations (Muller, 2014). Ce paradoxe n'est pas sans rappeler la dialectique entre logique réductionniste et approche systémique que nous avons évoquée précédemment. La sectorisation peut être dépassée par la mise en place de politiques *intersectorielles* (consistant à faire collaborer les acteurs des différents secteurs) ou *transsectorielles* (s'intégrant dans l'ensemble

des secteurs existants) (Muller, 2014), ou encore par l'établissement de « passerelles » entre les instruments des différentes politiques.

Le niveau européen est un niveau pertinent pour identifier les tentatives d'articulation des politiques sectorielles avec les politiques de réduction des émissions du transport maritime. La cohérence et l'intégration des politiques sont en effet l'un des principes directeurs du Livre blanc de la gouvernance européenne et de la stratégie de l'Union européenne en faveur du développement durable.

2.3.1 Le forum européen du transport maritime durable : la constitution d'un espace d'échanges intersectoriel

En 2012, la Commission européenne a accompagné sa proposition de révision de la directive 2005/33/CE (cf. chapitre 2, § 2.3.1) d'une « boîte à outils » (« *Pollutant emission reduction from maritime transport and the sustainable waterborne transport toolbox* »). Ce document propose des mesures d'accompagnement à court terme destinées à réduire les coûts de mise en conformité aux nouvelles normes, afin de « réduire au maximum les retombées défavorables possibles » de la directive. Ces mesures d'accompagnement visent à répondre de manière plus globale et plus intégrée aux problématiques environnementales du secteur du transport maritime de l'UE, en mobilisant des instruments immédiatement disponibles. Par exemple, la toolbox évoque la possibilité d'utiliser les fonds du réseau transeuropéen de transport (RTE-T) (cf. encadré 10) pour financer les infrastructures liées à ces nouvelles normes telles que les postes d'avitaillement en GNL ou les dispositifs portuaires de réception des déchets des scrubbers. Le programme Marco Polo (cf. encadré 10) pour l'année 2011 a priorisé l'octroi de ses financements aux services maritimes mettant en œuvre des technologies innovantes de réduction des émissions des navires. Le taux de réponse du secteur à l'appel à projets de 2011 a cependant été très limité. Par ailleurs, la toolbox évoque la possibilité pour les opérateurs de recourir aux aides d'Etat à la protection de l'environnement (cf. encadré 10). Les États membres qui souhaitent apporter un soutien aux opérateurs affectés par la directive 2012/33/UE peuvent accorder des aides nationales pour l'acquisition de nouveaux navires ou la modernisation des navires existants conformes aux nouvelles limites sur la teneur en soufre avant leur entrée en vigueur. Le contexte de déficit budgétaire de la plupart des Etats membres a rendu l'application de cette possibilité limitée. Seule la Finlande a apporté un soutien de ce type en faveur de l'adaptation anticipée à la directive.

Les mesures de court terme de la toolbox disposent donc de peu de moyens et leurs conditions d'emploi s'avèrent très limitées. Outre ces mesures de court terme, la toolbox évoque également la mise en place d'une plateforme d'échanges réunissant les différentes parties prenantes publiques et privées. En novembre 2013, la Commission a lancé le Forum européen du transport maritime durable rassemblant des organisations publiques et privées et des représentants des Etats membres. Cette structure vise à mettre en place une coopération et une coordination entre les acteurs publics et privés du secteur maritime et les différents services concernés de la Commission (DG MOVE, DG ENV). Ce forum s'efforce notamment d'examiner dans quelle mesure les instruments de politique existants peuvent être adaptés pour faciliter la conversion du transport maritime. Il s'agit d'aller au-delà des mesures de court terme de la toolbox, en ouvrant des voies nouvelles au travers de différents outils de financements à mobiliser.

2.3.2 L'adaptation des outils existants

Les travaux menés dans le cadre du forum ont identifié plusieurs outils de financement pouvant être mobilisés pour la transition environnementale du transport maritime. Ces outils sont : les financements du RTE-T, les aides d'Etat, le programme Horizon 2020, les fonds FEDER, le programme Life+ (cf. encadré 10), et les prêts de la banque européenne d'investissement. Il s'agit donc de faire converger la politique soufre avec des outils de la politique européenne des transports, de la recherche et de l'innovation, de l'environnement, et du développement régional. Si des possibilités sont ouvertes, elles s'accompagnent d'impasses. En effet, l'usage et la combinaison de ces différents financements peuvent se révéler obscurs, et les conditions d'éligibilité restrictives.

Certains de ces outils se voient adaptés, selon les marges de manœuvre à disposition, pour pouvoir accompagner l'application de la directive. Par exemple, le régime d'aides d'Etat finlandais pour l'adaptation des navires à la directive 2012/33/UE, initialement approuvé en décembre 2011, a été modifié en janvier 2013 pour reporter d'un an l'échéance de clôture du régime, ouvrant jusqu'à fin 2014 la possibilité pour les opérateurs de bénéficier des aides pour le *retrofit* de leurs navires. Par ailleurs, l'agence RTE-T a ouvert ses critères d'éligibilité à l'adaptation des navires à la directive pour le dernier appel à projets de l'enveloppe 2007-2013. A l'origine, le programme RTE-T est consacré au financement d'infrastructures, ce qui exclut les financements de projets portant sur les navires et les superstructures (comme les navires souteurs de GNL). La fusion en 2013 du programme Marco Polo et du RTE-T dans le nouveau mécanisme pour l'interconnexion en Europe a permis l'ouverture des financements du RTE-T

aux navires et aux superstructures. Cet élargissement prend en compte la complémentarité des différents éléments du système maritime (infrastructures portuaires, superstructures et navires). Les compagnies maritimes se sont vues ainsi ouverte la possibilité de présenter des projets de *retrofit* de leurs navires à l'agence RTE-T. Par ailleurs, cette possibilité, qui était initialement limitée à des projets pilotes innovants, a été ouverte aux flottes entières. Certaines compagnies maritimes ont pu ainsi bénéficier en 2014 de financements pour des projets d'installation de scrubbers et de conversion de navires au GNL[91]. La doctrine d'emploi des fonds du RTE-T, traditionnellement dévolus aux infrastructures, se voit ainsi peu à peu modifiée pour intégrer les problématiques environnementales spécifiques aux navires. Les conditions d'usage des fonds ne sont néanmoins pas tout à fait claires, car la Commission se réserve une marge d'appréciation des projets. Elle n'est pas dans une logique de « guichet » où les armateurs rempliraient certaines conditions bien définies et obtiendraient automatiquement des fonds, mais bien dans une logique de promotion. Cette prudence est justifiée car il ne s'agit pas d'assister les opérateurs, mais de créer des effets de levier pour un secteur qui doit parvenir à réaliser par lui-même sa mue environnementale, conformément à la tradition libérale européenne.

Encadré 10 - RTE-T, Marco Polo, les aides d'Etat, le programme Horizon 2020, FEDER, Life+

Le réseau transeuropéen de transport est un élément central de la politique européenne des transports. Il appartient aux réseaux transeuropéens (RTE), qui concernent également l'énergie et les télécommunications. Les RTE visent à assurer l'interconnexion et l'interopérabilité des réseaux nationaux et l'accès à ces réseaux. L'UE n'a pas de compétence exclusive pour la conception, le financement et la construction des infrastructures, les États membres restant les principaux responsables en la matière. Le programme européen RTE-T apporte cependant une contribution déterminante au développement de ces réseaux en soutenant financièrement les infrastructures d'intérêt communautaire. En 2013, le mécanisme pour l'interconnexion en Europe a été créé (règlement n° 1316/2013) intégrant les RTE.

Le programme Marco Polo est un instrument de financement européen visant à l'amélioration de l'efficience du transport de marchandises. Il soutient le démarrage de projets de transfert modal de la route vers les modes ferroviaire, fluvial et maritime, afin de réduire les externalités propres au mode routier (congestion, pollution, etc.). Le programme a été intégré dans le mécanisme pour l'interconnexion en Europe en 2013.

Les aides d'État sont interdites par les traités européens car elles sont susceptibles de fausser la concurrence au sein du marché intérieur. Néanmoins, certaines aides sont autorisées, lorsqu'elles sont justifiées par des objectifs d'intérêt commun et qu'elles ne faussent pas la concurrence dans une mesure contraire à l'intérêt général. Un contrôle des aides d'État est opéré par la Commission européenne. Des lignes directrices sont notamment définies pour les aides d'Etat à la protection de l'environnement et les aides d'Etat à la recherche et au développement.

[91] Source : Entretien à la Direction des Affaires Maritimes en 2014.

Horizon 2020 est un programme de recherche et d'innovation de l'Union européenne. Il est doté de 79 milliards d'euros pour la période de 2014-2020. Il finance des projets interdisciplinaires ouvrant des voies vers les technologies futures et émergentes permettant de répondre aux grands défis économiques et sociétaux de l'UE, comme les transports verts, les énergies propres, la lutte contre les changements climatiques, etc.

Le FEDER ou Fonds Européen de Développement Economique et Régional vise à renforcer la cohésion économique et sociale au sein de l'Union européenne en corrigeant les déséquilibres régionaux.

Le programme LIFE+ finance des projets qui contribuent au développement et à la mise en œuvre de la politique environnementale. Ce programme facilite notamment l'intégration des questions environnementales dans les autres politiques. Les projets présentés doivent présenter un caractère novateur.

2.3.3 La directive carburants de substitution

Le déploiement du GNL comme carburant marin est confronté au paradoxe dit « de l'œuf et la poule », c'est-à-dire que les armateurs ne vont pas s'équiper de navire fonctionnant au GNL en l'absence d'une infrastructure d'avitaillement, et réciproquement, les ports ne mettront pas en place cette infrastructure s'ils ne sont pas sûrs d'avoir la demande suffisante pour justifier les investissements requis. Afin de briser ce cercle et faciliter l'application de la directive 2012/33/UE, la Commission a intégré en 2013 dans sa proposition de directive sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants de substitution, l'obligation pour les ports du réseau central européen[92] de s'équiper en infrastructures de distribution de GNL avant 2020. Cette directive a pour objectif d'amoindrir la dépendance des transports à l'égard du pétrole et de limiter les émissions de GES qu'ils génèrent, en rendant obligatoire la mise en place d'une infrastructure pour des carburants alternatifs (électricité, hydrogène et gaz naturel). En intégrant les infrastructures portuaires d'approvisionnement en GNL dans cette directive, la Commission s'efforce de croiser sa politique climatique et énergétique dans les transports, et sa politique sur les émissions de polluants de l'air du transport maritime. On observe donc une recherche de convergence, au sens de rapprochement entre les politiques publiques.

Si la proposition initiale de la Commission fixe la date de 2020 pour l'équipement des ports du réseau central en points de ravitaillement en GNL (en cohérence avec la date du passage à la limite de teneur en soufre à 0,5 % de la directive 2012/33/UE), l'examen de la proposition par le Conseil et le Parlement a abouti à un report de cette échéance à 2025. Le décalage entre

[92] Le réseau central européen est constitué des liaisons et des nœuds les plus importants du réseau RTE-T (cf. encadré 10), prioritaires en matière d'investissements de l'UE dans les transports. Le réseau global couvre l'ensemble de l'UE. Le réseau central et le réseau global constituent les deux niveaux du RTE-T.

les dates de la directive 2012/33/UE (2015 pour le 0,1 % dans les SECA, et 2020 pour le 0,5 % dans les eaux européennes) et la date de 2025 pour le déploiement d'une infrastructure GNL dans les ports a été critiqué par l'ECSA (European Community Shipowners' Associations) et Armateurs de France qui dénoncent « le deux poids, deux mesures entre les armateurs d'un côté, les ports européens de l'autre » (Mer et Marine, 26/03/2014). En outre, seuls les ports du réseau central sont concernés par la directive, c'est-à-dire les grands ports réalisant des tonnages importants et accueillant majoritairement du transport maritime de longue distance. Or le GNL est surtout pertinent à court et moyen terme pour les navires passant du temps dans les zones SECA, c'est-à-dire le transport maritime de courte distance. Les ports accueillant ce type de trafic, comme le port de Roscoff, n'ont pas d'obligation de soutage GNL. Il y a donc un décalage entre les besoins du marché et les exigences de la directive. Néanmoins, les ports du réseau global (qui couvre l'ensemble des ports de l'UE) peuvent prétendre aux financements RTE-T pour s'équiper en points de ravitaillement en GNL, car ces projets entrent dans le cadre des projets transversaux de développement des carburants alternatifs du RTE-T.

2.4 Conclusion

A travers notre analyse des articulations inter polluants, inter niveaux et inter sectoriels, s'esquisse la nature de la logique réglementaire : c'est une logique d'accumulation et de sédimentation. Sans être véritablement incohérentes ou conflictuelles, les politiques ne constituent pas un système parfait d'instruments qui intègrerait optimalement leur capacité de renforcement réciproque. Dès lors, les armateurs, en tant qu'acteurs « sur le terrain », doivent dépasser dans l'action l'incertitude et la complexité pouvant résulter de cette absence de réel emboîtement.

3. Une analyse des anticipations

Traditionnellement, les politiques, en tant que structures normatives gouvernant les comportements des acteurs, fournissent un cadre stable d'anticipation qui réduit l'incertitude. Néanmoins, en situation d'univers controversé, l'action publique doit faire face à une gestion du temps tiraillée par des rythmes différenciés : le rythme des phénomènes environnementaux en jeu, le rythme de progression des connaissances scientifiques, le rythme de la négociation

politique, le rythme des progrès technologiques, le rythme de renouvellement du capital productif et du développement des infrastructures (Godard, 1993), auxquels on peut ajouter les rapports au temps différenciés des polluants (enjeu de court terme de la pollution de l'air versus enjeu de long terme des gaz à effet de serre) et les différences entre les agendas et priorités politiques des différents niveaux institutionnels (notamment entre l'UE et l'OMI).

Nous rappelons dans cette section que les processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime se caractérisent aujourd'hui par une absence de clôture définitive, puis nous discutons des implications pour les armateurs de l'absence de cadre stable d'anticipation.

3.1 Une absence de clôture définitive des processus politiques

3.1.1 L'incertitude sur les calendriers de mise en œuvre et les contours de certaines mesures

Le chapitre 2 a mis en avant l'inachèvement des processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime (chapitre 2, sous-section 2.3 et 3.4) : la date d'entrée en vigueur de la limite de 0,5 % sur la teneur en soufre des carburants reste à décider, de nouvelles SECA ou NECA pourront être désignées (notamment une NECA en mer Baltique) et le calendrier d'application des nouvelles NECA sera à déterminer. Les contours d'un mécanisme de réduction des émissions de CO_2 des navires existants demeurent à définir tant au niveau européen qu'au niveau international.

A cela s'ajoute une incertitude « périphérique », c'est-à-dire une incertitude ne concernant pas directement les politiques de réduction des émissions du transport maritime, mais touchant aux règles entourant la mise en application de ces politiques par les armateurs. Cela concerne les règles sur les rejets des scrubbers qui pourraient être renforcées au niveau national ou local, la réglementation sur l'utilisation du GNL comme carburant marin qui est en cours de définition dans une diversité d'organisations, et les conditions d'octroi des fonds d'aides européennes qui ont connu des évolutions récentes et pourraient en connaître d'autres.

3.1.2 De nouvelles problématisations amenant de nouvelles exigences réglementaires ?

Au delà des incertitudes sur les calendriers de mise en œuvre et les contours de certaines mesures, le renforcement des politiques existantes, ainsi que la prise en compte d'autres polluants sont tout à fait envisageables, de par la nature des problèmes en jeu. En effet, la connaissance scientifique ne permet pas une représentation stabilisée et contrôlée des phénomènes liés aux émissions du transport maritime. L'évolution des connaissances pourrait amorcer de nouvelles problématisations, modifiant la manière dont un problème est initialement construit et conditionnant en partie les manières de le considérer. Une fois construit scientifiquement, un problème doit ensuite accéder à la conscience collective au travers d'une médiation et de réélaborations par les experts et les administrations. Nous avons pu observer ce phénomène lors du processus d'élaboration de la politique de réduction des émissions de SO_x : initialement considéré comme un problème d'acidification, le problème est requalifié en problème de santé publique dans les années 2000 après qu'un lien ait été établi par des études scientifiques avec les émissions de particules (sulfate) et leur impact sur la santé des populations vivant à proximité des côtes. Cette requalification a été déterminante pour la révision de l'Annexe VI de MARPOL qui a abouti à une réduction drastique de la teneur en soufre des carburants. A l'aune des connaissances actuelles, de tels processus de « re-problématisation » sont envisageables pour les émissions de NO_x, de PM et de CO_2. En effet :

- lors de la révision de l'Annexe VI de MARPOL, les émissions de PM ont été « problématisées » comme un problème de SO_x, les connaissances scientifiques disponibles faisant état d'un lien de cause à effet entre les deux polluants. Le problème a été considéré comme réglé via la politique de réduction des émissions de SO_x. Néanmoins, le développement de connaissances sur l'effet de la réduction de la teneur en soufre des carburants sur la taille des particules réduites, ou encore de l'impact des scrubbers sur les PM (cf. § 2.1.4) pourrait invalider des liens précédemment établis, conduisant à définir une politique spécifique sur les émissions de PM ;

- les émissions de NO_x ont fait l'objet de moins d'attention que les émissions de SO_x lors des processus d'élaboration des politiques sur les polluants de l'air. En outre, à la différence des émissions de SO_x (et prochainement de CO_2 avec le règlement MRV), elles n'ont pas été intégrées dans le droit européen par une directive ou un règlement. Pourtant, le transport maritime est à l'origine de 15,2 % des émissions mondiales de NO_x (contre 9,6 % des émissions de SO_x, cf. chapitre 1, § 2.2.1) et ces émissions ont des effets sur la santé, le climat et l'environnement (cf. chapitre 1, § 2.2.4). Dès lors, elles pourraient un jour faire l'objet d'un

regain d'attention, qui pourrait se traduire, par exemple, par une généralisation de la norme Tier III à toute la flotte ;

- nous avons déjà évoqué l'incertitude entourant la quantité de CO_2 résultant du transport maritime (cf. chapitre 1, § 2.2.1). La sophistication des méthodes de modélisation utilisant de nouvelles données sur l'activité des navires et la mise en œuvre de systèmes de collecte de données européen (MRV) ou mondial devrait à terme résorber cette incertitude. On peut imaginer qu'une surestimation des estimations actuelles pourrait rendre moins prégnant l'enjeu de leur réduction, et qu'au contraire, une sous-estimation pourrait amener à redéfinir le sens donné à ce problème et la manière de le traiter.

Outre les potentielles requalifications de problèmes déjà identifiés, la progression des connaissances scientifiques pourrait faire émerger de nouveaux problèmes. On peut penser aux émissions de noir de carbone qui n'attirent l'attention de la communauté scientifique que depuis quelques années. Ces émissions ont un effet à la fois sur la santé car elles ont les propriétés physiques des particules, et sur le climat car elles diminuent le pouvoir réflectif de la neige en s'y déposant ce qui a un effet chauffant local qui contribue à accélérer la fonte des neiges et de la glace en Arctique. De manière générale, les connaissances relatives à ces émissions et à leurs effets restent à approfondir. La contribution du transport maritime à ces émissions est hautement incertaine. Elle pourrait devenir de plus en plus préoccupante si de nouvelles routes maritimes passant par l'Arctique se développaient, notamment sous l'effet de la fonte des glaces.

Soulignons que la réceptivité du niveau européen sur les questions de pollution de l'air et de gaz à effet de serre renforce la probabilité de voir émerger de nouvelles problématisations des émissions du transport maritime, au gré de l'évolution des connaissances scientifiques et de leur accès et réappropriation par les institutions européennes.

Soulignons également que la logique réductionniste qui prévaut dans les politiques de réduction des émissions du transport maritime (cf. § 2.1.1) renforce elle aussi la probabilité de voir émerger de nouvelles problématisations pour corriger les éventuelles défaillances d'une telle approche. Par exemple, des actions correctrices pourraient être mises en œuvre pour prendre en compte l'effet des politiques actuelles sur l'ensemble du cycle de vie, ou pour limiter l'impact d'une motorisation GNL sur les émissions de méthane.

3.2 Les implications pour les armateurs : anticiper les anticipations des autres

3.2.1 Anticiper l'évolution des politiques : intégrer de la flexibilité dans les décisions

En l'absence de clôture définitive des processus politiques sur les émissions du transport maritime, les opérateurs doivent faire face à une incertitude sur les calendriers de mise en œuvre et les contours de certains instruments. Ils sont également susceptibles d'être soumis à de nouvelles exigences réglementaires sur leurs émissions au gré de l'évolution des modes de perception des problèmes.

Cela a pour conséquences d'empêcher la stabilisation de leur environnement et de réduire la sécurité de leurs investissements. Il est important pour les opérateurs de pouvoir choisir leurs investissements en fonction de réglementations stables, mêmes si les connaissances scientifiques sur lesquelles elles reposent ne sont pas stabilisées (Bensedrine, 1998). Les armateurs pourraient avoir intérêt à exercer une pression pour clôturer le débat sinon sur le plan scientifique, du moins sur le plan politique (Bensedrine, 1998), en négociant par exemple des clauses de non-rétroactivité sur les nouveaux instruments. S'il est pertinent pour les opérateurs de prévoir l'issue politique des problèmes plus que leur issue sur le plan scientifique, il faut souligner que cette issue politique ne doit pas être considérée comme une clôture définitive du problème. Tant que l'incertitude scientifique subsiste ou qu'il existe une possibilité de reprise de la polémique, l'entreprise n'est pas à l'abri d'une nouvelle déstabilisation de son environnement. Elle doit dès lors assurer un degré de flexibilité à ses investissements plus ou moins large en fonction de la probabilité de réouverture des débats (Bensedrine, 1998). Plus largement, il devient pertinent pour l'entreprise de définir une stratégie globale et anticipatrice, de manière à ne pas prendre au coup par coup les vagues successives de la négociation politique.

Concrètement, cela signifie la prise en compte d'éléments tels que le degré d'amortissement de l'appareil de production, la compatibilité des méthodes de réduction entre elles, ou la disponibilité future de nouvelles technologies. Une difficulté majeure de la réduction des émissions du transport maritime réside dans la longue durée de vie des navires. L'installation de nouvelles technologies de réduction sur de nouveaux navires est bien plus aisée qu'un *retrofit* des navires existants. En outre, pour décider d'un investissement sur un navire existant, il faut tenir compte de la durée de vie restante du navire qui conditionne la viabilité économique de l'investissement. La compatibilité et les interactions entre les différentes méthodes de réduction constituent aussi un élément important. Certaines méthodes de réduction sont incompatibles entre elles, ce qui implique que l'installation d'une méthode à un moment

donné pourrait compromettre la mise en œuvre d'une autre méthode à un moment ultérieur. D'autres méthodes interagissent entre elles, ce qui peut avoir un effet sur les émissions (la réduction totale d'émissions des deux méthodes combinées n'est pas égale à la somme de leur potentiel de réduction respectif) et les coûts (les coûts d'installation d'une méthode peuvent être par exemple supérieurs en présence d'autres méthodes déjà à bord). Balland (2012) propose un intéressant modèle d'aide à la décision pour déterminer quelle combinaison de méthodes de réduction installer en fonction de leur compatibilité et interaction, et quand le faire en fonction d'objectifs de réduction évoluant dans le temps. La gestion du temps dans la sélection des méthodes de réduction est essentielle pour anticiper l'arrivée de nouvelles réglementations, mais également d'autres aspects comme l'évolution du prix des carburants et la disponibilité de nouvelles technologies.

3.2.2 Anticiper l'évolution des préférences des chargeurs

Outre l'évolution des politiques publiques, il peut être pertinent pour les armateurs d'anticiper l'évolution des préférences des chargeurs. Ces préférences peuvent en effet être amenées à changer pour privilégier un transport maritime moins émetteur, et ce sous l'influence de plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs, nous avons identifié : la constitution depuis quelques années d'une gouvernance privée ayant trait aux questions environnementales du transport maritime se matérialisant par des initiatives volontaires, et l'arrivée d'instruments de politique rendant publiques des données sur les émissions des navires (par exemple, l'information CO_2 des prestations de transport rendue obligatoire en France depuis 2013, et le projet de MRV européen qui pourrait rendre publiques les données sur les émissions reportées par les armateurs). La circulation d'informations sur les émissions des navires vise en effet à orienter les chargeurs vers les compagnies les plus performantes. La demande des chargeurs est elle-même influencée par la demande des consommateurs pour l'affichage environnemental des produits (CGDD, 2012). L'établissement d'une gouvernance privée ayant trait aux questions environnementales du transport maritime correspond à des engagements volontaires pris par les entreprises sur la base de systèmes de certification, en parallèle des règles légales produites par les institutions publiques. Par exemple, le Clean Cargo Group est un système mis en place par Business for Social Responsability, une organisation à but non lucratif, réunissant des transporteurs maritimes de conteneurs et des chargeurs, et proposant aux armateurs membres une procédure de calcul et de publication en interne de leurs émissions. Les armateurs peuvent de la sorte comparer entre eux leurs émissions à partir d'une méthodologie harmonisée et les chargeurs peuvent orienter leur choix vers les compagnies les moins émettrices. Pour certains

chargeurs, la participation des compagnies maritimes à ce type d'initiative est un critère déterminant dans leur choix du transporteur[93]. Si aujourd'hui ces initiatives ne constituent pas en elles-mêmes une incitation suffisante pour les entreprises à améliorer leurs performances environnementales au-delà de ce qu'elles font dans une recherche d'économie de carburant, et relèvent principalement d'une stratégie d'image et de communication, elles permettent d'engager l'entreprise dans une démarche de certification. En outre, elles peuvent contribuer à augmenter la sensibilité environnementale des chargeurs à plus long terme, au fur et à mesure de leur « institutionnalisation » (Wuisan et al., 2012). Dès lors, la réduction des émissions des navires pourrait à l'avenir être source d'avantages compétitifs, en réponse aux pressions des chargeurs qui font eux-mêmes face à une pression des consommateurs, sous l'influence des représentations sociales de ce qui constitue une consommation acceptable.

Au-delà de leur anticipation de l'évolution des règles de droit qui présentent un caractère coercitif, les armateurs doivent également tenir compte de l'évolution de la demande vers un transport maritime plus « vert », qui sous un aspect plus diffus, pourrait s'avérer décisive, en transformant les « contraintes environnementales » en avantage concurrentiel.

[93] Source : entretien avec CMA CGM en 2014.

Conclusion : une appréhension des politiques qui revêt une dimension stratégique pour les armateurs

Ce chapitre a proposé une analyse en trois dimensions des politiques de réduction des émissions du transport maritime : la dimension interne (par l'étude des différents instruments de politique), la dimension systémique (par l'examen des articulations entre politiques), et la dimension temporelle (par l'analyse des anticipations). Il s'est attaché à montrer ce qu'impliquaient ces dimensions pour les armateurs.

Notre recherche a mis en évidence que les différents instruments adoptés ou envisagés pour la réduction des émissions du transport maritime se caractérisent par un grand nombre d'éléments nouveaux dans leurs formats. Ces éléments ne sont pas tous inédits dans l'instrumentation maritime relative à l'environnement et à la sécurité, mais se détachent clairement des formats traditionnels par leur absence de prescriptions (par exemple, les limites sur la teneur en soufre des carburants, les normes Tier I, II et III, et l'EEDI constituent des réglementations non pas sur les moyens utilisés mais sur des objectifs), leur rétroactivité (notamment pour les limites sur la teneur en soufre et un éventuel instrument de marché du carbone), l'existence de périmètres géographiques (zones SECA, ports de l'UE, zones NECA, périmètre européen pour le MRV et un potentiel instrument de marché du carbone), et le partage d'informations avec le régulateur.

Notre analyse des articulations inter polluants, inter niveaux et inter sectorielles des politiques a révélé des emboîtements non optimaux. Sans être à proprement parler incohérentes, les politiques ne constituent pas un système parfait d'instruments qui intègrerait leur capacité de renforcement réciproque et exclurait leurs interactions négatives.

Enfin, la construction des politiques de réduction des émissions du transport maritime est inachevée. Les calendriers de mises en œuvre peuvent être remis en question, les contours de certains instruments restent à déterminer, et l'évolution des modes de perception des problèmes est susceptible d'induire de nouveaux instruments ou un renforcement des existants, générant de l'incertitude.

Une politique est indissociable de modes d'appropriation par les acteurs qui en sont la cible. Pour les armateurs, ces différents aspects des politiques ont des implications qui dépassent leur prise en compte habituelle des politiques en matière de sécurité et d'environnement. Les armateurs doivent en effet effectuer des choix entre de nombreuses alternatives, qui peuvent

concerner toute leur flotte (lorsque l'instrument est rétroactif), ce qui peut remettre en cause des investissements passés. Les armateurs doivent tenir compte de la compatibilité de ces choix avec les autres politiques, ainsi que leur compatibilité avec l'évolution envisageable des politiques. Ces choix sont également contraints par la géographie, en raison de l'existence de différents périmètres de régulation. Ils comportent des risques financiers (par l'importance des investissements à réaliser), des risques techniques (certaines technologies bénéficiant de peu de retour d'expérience), et des risques politiques (en raison du risque de leur incompatibilité avec des règles locales ou avec l'évolution futures des politiques). Ceci renvoie à la problématique du risque « inversé » (Roqueplo, 1988)[94], c'est-à-dire le risque pour l'industrie maritime résultant des mesures envisagées pour pallier au risque écologique direct lui-même constitué par les émissions du transport maritime.

Les politiques de réduction des émissions du transport maritime peuvent donc réduire la capacité des compagnies à rentabiliser des investissements passés, remettre en cause leurs marchés existants, et altérer leurs projets de développement dans certains segments. Elles les obligent à réaliser des choix comportant des risques tout en intégrant de la flexibilité. Il s'agit de situations présentant des enjeux stratégiques importants pour les compagnies maritimes, d'une ampleur inhabituelle dans ce secteur. Si Philippe Boisson évoquait déjà en 1998 « la problématique des normes » tenant à la frénésie normative dans le domaine de la sécurité maritime qui conduit à une réglementation de plus en plus volumineuse et complexe, ainsi que les surcoûts croissants en découlant (Boisson, 1998)[95], l'appropriation de ces normes par les armateurs n'induisait pas, en principe, de décisions stratégiques puisque les moyens étaient prescrits par le régulateur, impliquant une uniformité de leurs comportements face à la réglementation, et la sécurité de leurs investissements était garantie par la clause du grand-père. Les politiques de réduction des émissions du transport maritime modifient donc les modalités d'appropriation des politiques par les armateurs car elles comportent une dimension stratégique inédite dans leur appréhension.

[94] Roqueplo (1988) avance la notion de *risque inversé* en analysant la manière dont ont été reçues par l'industrie les mesures de lutte contre le dépérissement des forêts dans les années 1980. Pour les industriels, le risque d'environnement ne résulte pas de la dégradation de l'environnement mais des mesures politiques prises pour y remédier.

[95] Françoise Odier évoque elle aussi le problème du « développement arithmétique du nombre de textes » entraînant instabilité et surcoûts pour les opérateurs (Odier, 1998a).

Conclusion de la partie 1

Les émissions résultant de l'activité de transport maritime posent des difficultés spécifiques en matière d'élaboration de politiques publiques. Ces difficultés proviennent de la nature internationale des transports maritimes qui implique le développement d'une approche de réduction sectorielle, du caractère invisible et peu médiatique des émissions générées, et de leur proximité avec le modèle de l'« univers controversé » de Godard (1993) qui remet en cause le recours à l'analyse économique comme aide à la décision publique.

Ces difficultés alimentent la complexité des processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime. Les acteurs doivent s'affranchir de perceptions initiales concevant le transport maritime comme un mode de transport efficace, peu émetteur, et dont les rejets polluants sont sans effet car émis en mer. Le choix des instruments de réduction est guidé par la perception qu'ont les acteurs des problèmes, elle-même influencée par des connaissances scientifiques évolutives, et résulte d'un délicat exercice de conciliation des intérêts divergents des Etats à l'OMI. Par ailleurs, le niveau européen et le niveau international s'influencent mutuellement dans ces processus. Les difficultés rencontrées au niveau international poussent l'UE à s'impliquer dans la régulation des émissions du transport maritime (en parallèle de processus internes d'agrégation de nouveaux champs de compétences dans le périmètre de l'UE), et en retour, la possibilité d'une action européenne unilatérale et la coordination des Etats membres exercent une influence sur l'OMI. Même si de nombreux points communs apparaissent dans l'analyse, les politiques de réduction des émissions de polluants de l'air d'un côté, et de GES de l'autre, résultent de deux processus d'élaboration distincts et autonomes.

Les politiques publiques étant indissociables de leurs modes d'appropriation par les acteurs qui en sont la cible, le troisième chapitre s'est intéressé à ce qu'impliquaient pour les compagnies maritimes les formats des instruments de politiques, la nature de leurs interactions, et les anticipations qu'elles génèrent. Les formats des instruments de politiques se caractérisent principalement par leur absence de prescriptions, l'existence de périmètres géographiques, et la rétroactivité de certaines normes. Les différentes politiques ne sont pas à proprement parler

incohérentes entre elles mais n'excluent pas pour autant toute interaction négative. Enfin, en l'absence de clôture définitive des processus politiques sur les émissions du transport maritime, les armateurs sont confrontés à une incertitude sur les calendriers de mise en œuvre et les contours de certains instruments. Ils sont également susceptibles d'être soumis à de nouvelles exigences réglementaires sur leurs émissions au gré de l'évolution des modes de perception des problèmes par le régulateur.

Les politiques de réduction des émissions du transport maritime rompent ainsi avec certaines traditions réglementaires consistant à prescrire les moyens (approche prescriptive), uniquement pour les navires neufs (clause du grand-père) et de manière uniforme. Par les choix complexes qu'elles imposent, les politiques de réduction des émissions du transport maritime comportent une dimension stratégique inédite dans leur prise en compte par les armements. Elles donnent ainsi lieu à des possibilités diverses de comportements stratégiques des compagnies maritimes, objet de la deuxième partie de thèse.

Partie 2

Les choix stratégiques des armateurs de lignes régulières face aux politiques de réduction des émissions du transport maritime : vers une modification de l'offre ?

Après avoir exposé les enjeux politiques de la réduction des émissions du transport maritime et esquissé les modalités d'appropriation des politiques par les armateurs, cette deuxième partie s'intéresse spécifiquement aux enjeux de transport. Les choix stratégiques que doivent effectuer les compagnies maritimes peuvent-ils se traduire par des réorganisations des lignes maritimes ? Plus largement, une politique d'environnement peut-elle modifier l'offre de transport maritime ?

La démarche adoptée est la suivante. Nous développons tout d'abord une méthodologie générale d'étude des choix stratégiques des armateurs confrontés aux politiques de réduction des émissions du transport maritime (chapitre 4). Cette méthodologie est ensuite appliquée à deux marchés maritimes de la ligne régulière retenus comme études de cas de la thèse : le transport roulier transmanche (chapitre 5) et le transport maritime conteneurisé international entre l'Europe et l'Asie (chapitre 6). L'impossibilité d'aborder le transport maritime de lignes régulières dans son ensemble nous amène en effet à traiter les choix stratégiques des compagnies et leurs impacts sur l'offre de transport par des études de cas. Le développement d'une méthodologie générale permet de disposer d'un cadre analytique applicable à tous les marchés maritimes.

Le marché du transport maritime roulier est marqué par une concurrence géographique entre les lignes longues de la Manche Ouest et les lignes courtes du détroit du Pas de Calais, et par une concurrence modale entre les services maritimes et les services ferroviaires du tunnel sous la Manche. Cette concurrence est structurante pour ce marché. A travers l'étude de différents comportements stratégiques des armateurs face aux politiques de réduction des émissions, nous explorons comment ces politiques pourraient agir sur cet équilibre concurrentiel

et remodeler l’offre sur ce marché. Les armements du transport conteneurisé international entre l’Europe et l’Asie sont quant à eux en mesure de limiter l’exposition de leurs services aux périmètres des politiques de réduction des émissions par des réorganisations d’escales. Nous cherchons à déterminer dans quelle mesure cette possibilité permet de limiter les surcoûts résultant des politiques environnementales par rapport à d’autres stratégies (comme des investissements dans des technologies de réduction ou l’abaissement de la vitesse du navire) et leur pertinence au regard des autres contraintes de marché.

Chapitre 4

Développement d'une approche méthodologique d'analyse du choix stratégique

Nous avons mis en avant dans le chapitre précédent que la prise en compte des politiques de réduction des émissions du transport maritime revêt une dimension stratégique pour les armateurs. Ce chapitre a pour objectif d'établir une méthodologie permettant d'appréhender les comportements stratégiques des compagnies maritimes confrontées aux politiques de réduction de leurs émissions. Nous revenons sur la notion de stratégie, et précisons l'approche que nous en retenons. La stratégie est ici définie sous l'angle de la décision, et les types de choix stratégiques s'offrant aux armateurs pour répondre aux changements de leur environnement réglementaire sont déclinés. Puis, partant d'une description du processus d'élaboration du choix stratégique et d'une revue de la littérature, nous proposons une méthodologie d'analyse du choix stratégique ciblée sur la structure de coûts des services maritimes. Un modèle de coûts, des scénarios réglementaires et des projections des prix des carburants sont proposés. Enfin, nous abordons les études de cas retenues pour l'application de notre méthodologie, objet des chapitres suivants.

1. Le choix stratégique des armateurs

1.1 Une approche de la stratégie sous l'angle de la décision

Nous avons, en conclusions du chapitre 3 et de la partie 1, employé le terme de stratégie pour qualifier l'appropriation des politiques de réduction des émissions du transport maritime par les compagnies maritimes. Il s'agit à présent de préciser l'approche que nous retenons de la stratégie. Comme le soulignent Cavagnol et Roulle (2013), il n'existe pas de vision totalement claire et uniforme sur ce qu'est la stratégie. Dans les modèles classiques stratégiques proposés

par les sciences de gestion, la stratégie est envisagée comme la construction par la firme d'un avantage concurrentiel durable et se fonde sur la différenciation des firmes les unes par rapport aux autres. Les travaux de Porter se développent autour de la façon dont la firme peut obtenir un avantage concurrentiel en maîtrisant mieux que ses concurrents les forces structurant son environnement concurrentiel (Porter, 1979). Alors que Porter met l'accent sur le secteur d'activité pour en déduire les conditions de la compétitivité de la firme, l'approche par les ressources de la firme s'intéresse plus aux spécificités internes de l'entreprise : ressources et compétences constituent des avantages concurrentiels permettant à l'entreprise de se singulariser. Les ressources peuvent être définies comme les actifs tangibles et intangibles (équipement productif, savoir-faire, brevet, etc.), tandis que les compétences désignent la capacité à déployer certaines de ces ressources. Une ressource, ou une combinaison de ressources, est stratégique si elle permet à la firme d'acquérir un avantage concurrentiel durable. Barney (1991) a montré que l'avantage concurrentiel d'une ressource provient de la valeur qu'elle permet de créer pour l'entreprise et de sa rareté, sa détention permettant de développer un avantage concurrentiel unique. La capacité des firmes à conserver leur avantage concurrentiel dépend de l'inimitabilité et de la non-substituabilité de leurs ressources. En effet, si les ressources constituant l'avantage concurrentiel sont substituables ou imitables, les concurrents utiliseront les substituts ou se livreront à l'imitation, conduisant inexorablement à une convergence concurrentielle et à la perte de l'avantage.

Nous ne retenons pas cette approche de la stratégie comme la recherche par la firme d'un avantage concurrentiel durable. Nous privilégions la stratégie sous l'angle de la décision. Pour Mintzberg (1982), les décisions stratégiques sont des décisions ayant un impact important pour l'entreprise, à la différence des décisions opératoires et managériales. Elles peuvent être suscitées par un changement dans l'environnement ou par une initiative des dirigeants de la firme. La décision stratégique relève d'une prise de risque, c'est-à-dire d'un choix pour lequel les conséquences possibles et leur probabilité d'occurrence sont mal connues[96] (Baird et Thomas, 1985).

C'est donc dans une vision plus large de la stratégie, comme décision déterminante pour l'entreprise et n'impliquant pas forcément de recherche d'avantage concurrentiel durable, que

[96] Baird et Thomas (1985) soulignent avec justesse qu'une confusion est souvent opérée en stratégie entre le risque et l'incertitude. En théorie, le risque désigne une situation où la probabilité d'occurrence et les conséquences d'un événement sont connues, tandis qu'en situation d'incertitude une telle quantification des probabilités n'est pas possible (Knight, 1921). En pratique, les décideurs connaissent rarement toutes les conséquences possibles des choix qui s'offrent à eux ni les probabilités de leur occurrence. C'est pourquoi, Baird et Thomas (1985) proposent une définition large de la prise de risque stratégique : « It is defined as corporate strategic moves that cause returns to vary, that involve venturing into the unknown, and that may result in corporate ruin—moves for which the outcomes and probabilities may be only partially known ».

nous nous situons. La décision stratégique est suscitée par un changement dans l'environnement réglementaire de la firme (changement que nous avons présenté en chapitre 3). Cette approche de la stratégie s'adapte bien selon nous à l'étude des comportements des compagnies maritimes confrontées aux politiques de réduction des émissions du transport maritime pour plusieurs raisons. La première est que les aspects les plus contraignants de ces politiques n'ont pas encore été mis en œuvre (notamment la limite sur le teneur en soufre des carburants de 0,1 % en SECA à partir de 2015, la limite de 0,5 % hors SECA en 2020 ou 2025, la norme Tier III en NECA à partir de 2016, l'instrument de marché du carbone envisagé). Les stratégies des compagnies ne peuvent donc être analysées de manière rétrospective, ce qui ne permet pas d'observer la constitution ou non d'avantage concurrentiel par certaines compagnies maritimes. En revanche, une approche mettant l'accent sur la décision stratégique permet d'explorer, de manière prospective, les choix s'offrant aux compagnies. La seconde raison est que nous faisons l'hypothèse que toutes les compagnies maritimes concurrentes d'un même secteur ont accès aux mêmes options de réduction de leurs émissions. Cette hypothèse trouve sa justification dans le fait qu'a priori, les différentes options peuvent être adoptées par toutes les compagnies d'un même secteur. En particulier, les technologies de réduction sont d'accès libre car les innovations sont réalisées par les concepteurs d'équipement (et non par les compagnies maritimes). Ces options ne peuvent donc en théorie être à l'origine d'un avantage concurrentiel, les firmes concurrentes étant supposées pouvoir profiter des mêmes leviers (même si les ressources financières des firmes peuvent être un facteur limitant dans l'accès aux technologies). Le choix stratégique est donc envisagé avec pour principal objectif de permettre à la firme de s'adapter à son environnement réglementaire à moindre coût et de « rester dans la course », plutôt que de se différencier et d'acquérir un avantage concurrentiel (même si l'encadré 11 montre qu'il est possible d'obtenir un avantage concurrentiel en réalisant le bon choix au bon moment). Notre analyse des choix s'applique pour toutes les firmes sur un même marché : nous ne prenons pas en compte les spécificités internes des firmes qui pourraient expliquer des comportements différenciés. Nous faisons l'hypothèse d'une absence de recherche de différenciation par rapport aux concurrents ; le choix est guidé avant tout par le critère de la réduction des coûts.

Encadré 11 - Remarques sur la constitution d'avantages concurrentiels

Les firmes qui réaliseront les « bons » choix (choix autorisés par le format de la réglementation qui laisse des degrés de liberté, cf. chapitre 3) pourront tirer un avantage concurrentiel si les autres firmes réalisent des choix moins efficients et difficilement réversibles. Outre le bon choix, un avantage concurrentiel peut également naître du moment choisi par la firme pour adopter ce choix, en particulier s'il est irréversible (c'est notamment le cas de la plupart des options technologiques). Il pourrait par exemple être judicieux d'adopter en premier lieu une solution moins efficiente mais réversible (par exemple, utiliser du MGO en SECA en 2015), avant de se tourner vers des solutions irréversibles (comme installer un scrubber). Une adoption tardive peut en effet permettre à la firme de bénéficier d'externalités positives au travers du processus d'amélioration des performances et de réduction des coûts des nouvelles technologies (en laissant aux adopteurs précoces le soin de tester et subir les désagréments potentiels des nouvelles technologies), d'attendre une nouvelle génération d'équipements ou encore une résorption de l'incertitude réglementaire ou macroéconomique (prix des carburants, situation du marché, etc.). Une adoption précoce peut en revanche permettre à la firme de prendre de l'avance en terme d'apprentissage, d'acquérir un avantage de coût durable, d'améliorer son image auprès des clients, d'éviter les délais d'attente en cale sèche chez les équipementiers, etc.

Se pose également la question d'agir avant ou après l'édiction définitive des textes réglementaires. Demil (1998), dans une étude empirique portant sur le traitement des déchets dans le secteur hospitalier, examine s'il vaut mieux être un « pionnier » et anticiper l'évolution des réglementations ou au contraire adopter la position de « suiveur » en agissant à la date butoir imposée. Alors que la littérature sur le pionnier met en avant les performances supérieures de ce dernier, l'étude de cas de Demil (1998) suggère qu'aucune de ces stratégies ne se révèle la meilleure. L'avantage du pionnier réside dans sa capacité à être potentiellement créateur de normes et dans l'amélioration de son image, mais les performances financières des suiveurs s'avèrent meilleures. Dans le cas du transport maritime, l'option GNL adoptée en vue de se conformer à la réglementation sur les émissions de SO_x (donc selon une logique de suiveur) pourrait aussi permettre d'être pionnier sur d'autres polluants en anticipant des réglementations à venir sur les émissions de NO_x, de CO_2 et de PM.

1.2 Définition des types de choix stratégiques et de leurs options

Plusieurs types de choix stratégiques s'offrent aux compagnies maritimes pour répondre à l'environnement réglementaire que nous avons décrit dans le chapitre 3. Nous avons identifié quatre types de choix stratégiques envisageables pour les armateurs : le choix de non-conformité (fraude), l'élaboration ou la participation à une stratégie politique, le choix de mesures techniques sur le navire, et le choix de mesures organisationnelles sur les lignes maritimes. Dans chacun de ses choix, il existe différentes options envisageables. Les choix et les options peuvent être combinés.

1.2.1 Le choix de la non-conformité

Le choix de ne pas respecter la réglementation est entièrement dépendant de la qualité de sa mise en œuvre (ou du moins de la perception de celle-ci par les armateurs) et des sanctions prévues en cas de non-conformité, qui pour être dissuasives, doivent être au moins égales au coût de la conformité ou s'accompagner d'une atteinte à la réputation. Comme nous l'avons déjà précisé dans le chapitre 2 (sous-section 1.1), nous n'examinons pas la mise en œuvre des politiques de réduction des émissions, car tous les aspects de l'application des politiques à venir (méthode de contrôle, sanctions, intensité des contrôles, etc.) n'ont pas encore été définis et seront différents d'un Etat à l'autre. Néanmoins, la phase de la mise en œuvre est essentielle pour assurer l'atteinte des objectifs d'une politique publique. Il existe notamment à court terme une forte incitation financière pour les armateurs à continuer à utiliser de l'IFO après 2015 dans les zones SECA, en raison du différentiel de coût entre l'IFO et le MGO (cf. chapitre 3, § 1.1.1).

Si les décisions sont prises au niveau international à l'OMI et au niveau européen, la mise en œuvre des politiques de réduction des émissions est du ressort des Etats, qui peuvent agir en tant qu'Etat du pavillon ou Etat du port. Par conséquent, les modalités de la mise en œuvre peuvent être très variables d'un Etat à l'autre. L'analyse de la mise en œuvre des limites sur la teneur en soufre des carburants de l'Annexe VI de MARPOL sur la période 2010-2012 proposée par Bloor et al. (2013) est éclairante à plusieurs égards. Ces auteurs ont souligné les différences de pratiques de contrôle de l'Etat du port d'un Etat européen à l'autre. Deux méthodes de contrôle sont utilisées : l'examen des documents de bord relatifs au carburant (livre de bord pour vérifier les opérations de changement de carburant et bons de livraison des combustibles de soute indiquant la teneur en soufre des carburants livrés au navire) et l'analyse d'échantillons de carburants pour vérifier que le navire utilise bien du carburant à la teneur en soufre requise. L'étude souligne que seuls 500 échantillons environ sont analysés par an, principalement par quelques Etats du nord de l'Europe (Suède, Pays-Bas, Allemagne, Danemark), ce qui représente une part minime du total des navires accostant dans les ports européens. Il est donc difficile de savoir si les limites sur la teneur en soufre des carburants sont bien respectées. Les méthodes d'analyse des échantillons diffèrent elles aussi d'un Etat à l'autre. Par exemple, les inspecteurs de l'Etat du port néerlandais utilisent des kits d'analyse leur permettant de connaître la teneur en soufre du carburant en trois heures, tandis qu'en Suède, l'échantillon est envoyé en laboratoire et le résultat de l'analyse est connu après que le navire ait déjà quitté le port, ce qui pose problème pour l'application des sanctions. L'examen des documents de bord est plus fréquent que l'analyse des échantillons lors des inspections, mais Bloor et al. (2013) soulignent que ces documents n'ont pas été conçus à l'origine pour avoir une valeur juridique et qu'ils peuvent être

facilement falsifiés. En outre, la mise en œuvre se heurte à l'impossibilité de vérifier la conformité des navires transitant dans les eaux territoriales des Etats membres sans escale dans un port européen.

De nouvelles méthodes de contrôle se développent fondées sur la télédétection (i.e. des techniques de mesure à distance), telles que des technologies optiques (laser, caméra UV) et des appareils renifleurs fixes ou sur drone capables de mesurer les émissions de SO_x des gaz d'échappement des navires. Le Danemark a prévu de tester des drones et d'installer des systèmes renifleurs sur le pont du Grand Belt, lieu de passage des navires pour la Baltique (Lloyd's list, 03/06/2014), et l'Allemagne prévoit d'équiper ses ports de capteurs (Shipping Tribune / Bloomberg 06/06/2014). Le développement de ces technologies de détection devrait avoir un effet dissuasif sur le comportement de non-conformité, même si leur déploiement ainsi que le montant des sanctions prévues en cas de fraude, devraient être très inégal d'un Etat à l'autre. Outre les sanctions, la publication des résultats des inspections de l'Etat du port constitue elle aussi une forte incitation à respecter les limites sur la teneur en soufre des carburants, en raison de l'atteinte à la réputation que pourrait avoir un comportement de fraude, en particulier pour les compagnies ayant fait de la qualité environnementale un argument commercial.

Les autres politiques de réduction des émissions du transport maritime devraient donner lieu à moins d'incitations ou de possibilités de fraude. En effet, la mise en œuvre des normes Tier sur les NO_x, l'EEDI et le SEEMP s'appuie sur la certification par l'Etat du pavillon, puis sur le contrôle des documents de certification et l'examen du navire par l'Etat du port. Quant au système de collecte de données sur les émissions de CO_2 envisagé, celui-ci s'appuierait sur les documents de bord relatifs au carburant. Même si ces documents sont aisément falsifiables, l'incitation à la fraude est faible en raison de l'absence de contrainte de réduction des émissions de cet instrument et de la vérification de la cohérence des données déclarées. La mise en œuvre d'un système avec des obligations de réduction des émissions de CO_2 devrait en revanche être plus complexe.

Même si la mise en œuvre des politiques comportera vraisemblablement des failles (notamment en raison de l'hétérogénéité des pratiques d'un pays à l'autre), nous faisons l'hypothèse que celle-ci sera de qualité suffisante pour dissuader les armateurs de ne pas respecter la réglementation. Par conséquent, nous n'examinons pas le choix de la non-conformité dans la suite de notre analyse.

1.2.2 Le choix d'une stratégie politique

Les stratégies politiques désignent l'organisation par les firmes d'activités d'influence des décisions publiques afin de limiter certaines pressions réglementaires ou de profiter d'opportunités réglementaires. Les stratégies politiques émergent dès lors qu'un processus réglementaire apparaît et qu'il se révèle menaçant pour une ou des entreprises dont il est susceptible de modifier les conditions d'activités ou de concurrence (Nioche et Tarondeau, 1998). Les activités d'influence peuvent revêtir plusieurs formes (Attarça, 2002) : le *lobbying* désigne les actions d'influence directes vis-à-vis des pouvoirs publics à l'occasion de rencontres formelles ou informelles ; la constitution de coalition durable (i.e. non liée à une décision) ou ad hoc (i.e. liée à la prise d'une décision publique particulière) consiste à mettre en place des structures collectives d'influence rassemblant des acteurs aux intérêts communs ; la communication politique vise à faire pression sur les pouvoirs publics en médiatisant les enjeux d'une décision publique pour mobiliser en sa faveur l'opinion publique ; les activités juridiques consistent à contester devant les tribunaux la légalité d'une décision publique ou à retarder son application.

Si les théories de l'économie publique conçoivent la réglementation comme une réponse à la demande collective de correction des défaillances du marché (la puissance publique étant uniquement guidée par l'intérêt collectif et imperméable aux stratégies politiques des firmes), la théorie de la capture réglementaire énoncée par Stigler (1971) envisage la réglementation comme le résultat des relations entre les industriels et le législateur au détriment de l'intérêt général. La réalité est évidemment plus complexe que ces deux visions théoriques opposées de la finalité de la réglementation. Les autorités publiques ne disposent souvent pas des ressources informationnelles nécessaires à la conduite autonome du processus réglementaire et les entreprises constituent pour elles des partenaires obligés (Nioche et Tarondeau, 1998). La révélation de l'information est biaisée, mais la pluralité des sources et la différence des biais suivant les intérêts représentés, permettent à la puissance publique d'enrichir son information. Comme évoqué dans le chapitre 2, les armateurs, représentés par des organisations professionnelles, participent aux travaux de l'OMI en tant que membres observateurs. Les armateurs sont également invités à participer au processus réglementaire européen, comme par exemple à l'occasion du Forum européen du transport maritime durable, structure d'échanges ad hoc entre acteurs publics et privés (cf. chapitre 3, § 2.3.1). En outre, les pouvoirs publics ne souhaitent généralement pas entraver le bon fonctionnement des entreprises, et peuvent s'engager dans des pratiques d'accommodation (Nioche et Tarondeau, 1998). Par exemple, l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis (Environmental Protection Agency) a

validé pour certaines compagnies des périodes d'exemption à l'utilisation de carburants à 0,1 % à partir de 2015, sur la base de leur engagement sur des plans de transition au GNL de leur flotte (exemple de la compagnie TOTE), ou sur une moyenne de teneur en soufre inférieure à 0,1 % pour l'ensemble de leur flotte[97] (exemple de la compagnie Royal Caribbean Ltd.) (EPA, 2012).

Du côté des firmes, leur immixtion dans la sphère politique est souvent perçue avec suspicion par l'opinion publique, et les pouvoirs publics se méfient de certains arguments en y voyant un point de vue biaisé par des intérêts économiques (Bensedrine, 1998). En conséquence, les firmes doivent être attentives à assurer leur crédibilité. Dans ce contexte, le financement d'études peut permettre à l'entreprise d'intervenir de manière crédible dans le processus politique, en lui permettant de développer des informations pertinentes et utiles à la prise de décision politique. Ceci se vérifie en particulier en situation d'incertitude sur la notion d'intérêt général, lorsque les décideurs publics ne sont pas en mesure de définir sans ambiguïté les critères et les conditions de l'intérêt collectif (Nioche et Tarondeau, 1998). A titre d'illustration, l'ECSA (European Community Shipowners' associations) a financé une étude en 2009 réalisée par l'ITMMA (Institute of Transport and Maritime Management Antwerp) qui a relevé la forte potentialité d'un report modal de la mer vers la route provoqué par la hausse du prix des soutes en SECA à partir de 2015. La hausse des coûts externes engendrée par ce report modal pourrait excéder la diminution des coûts externes liée à la baisse des émissions de SO_x du transport maritime de courte distance, l'Annexe VI se traduisant ainsi par un bilan négatif sur le plan des externalités (ITMMA, 2010). La UK Chamber of Shipping, association professionnelle des armateurs britanniques, a de son côté financé en 2013 une étude réalisée par le consultant AMEC qui a mis en avant les effets sociaux de l'Annexe VI de MARPOL avec la perte attendue de 2 000 emplois provoquée par les fermetures de services maritimes au Royaume-Uni (AMEC, 2013). En remettant en question la contribution de l'Annexe VI de MARPOL et de la directive 2012/33/UE au bien-être collectif, ces résultats permettent de légitimer la démarche commune entamée par la UK Chamber of Shipping et Armateurs de France, consistant à faire pression sur leur gouvernement respectif pour qu'ils obtiennent de Bruxelles l'aménagement d'une période de transition et des possibilités de dérogation pour continuer à utiliser du fuel lourd jusqu'en 2017 (Journal de la Marine Marchande, 23/06/2014). Cette activité de *lobbying* est néanmoins concurrencée par des pressions contraires exercées par Maersk et la Danish Shipowners' Association qui demandent une stricte application de la réglementation dès le 1er janvier 2015 et

[97] C'est-à-dire que certains navires d'une compagnie peuvent utiliser du carburant avec une teneur en soufre supérieure à 0,1 % si d'autres navires parviennent à des réductions inférieures à 0,1 %, tant que la moyenne de teneur en soufre pour l'ensemble de sa flotte respecte la limite de 0,1 %.

des sanctions dissuasives en cas de non-conformité, afin de maintenir des conditions de concurrence égales pour tous les armateurs (Lloyd's List, 25/02/2014 ; Green port, 24/07/204).

Outre des pressions concurrentes entre des armateurs qui n'ont pas tous les mêmes intérêts, les stratégies politiques sont rendues difficiles par l'imbrication de plusieurs niveaux de décisions dans le processus politique (cf. chapitre 2). Si les armateurs peuvent parvenir à convaincre leur gouvernement national du bien-fondé de leurs revendications, celui-ci n'a pas la possibilité juridique de modifier la réglementation, en raison de la supériorité du droit international et du droit communautaire sur le droit national dans la hiérarchie des normes. Quant à la Commission européenne, elle a développé sa propre stratégie (cf. chapitre 2, § 2.2.1 et § 3.2.3), la rendant peu réceptive aux pressions des armateurs sur un relâchement des règles environnementales.

De par l'existence de stratégies politiques concurrentes entre elles et de la complexité du processus politique, il est difficile d'évaluer les résultats des stratégies politiques. En conséquence, nous ne prenons pas en considération le choix des stratégies politiques dans la suite de notre analyse.

1.2.3 Le choix de mesures techniques sur le navire

Le chapitre 3 a mis en évidence que les politiques de réduction des émissions du transport maritime impliquent pour les armateurs des choix entre un certain nombre d'options techniques (cf. sous-section 1.1, chapitre 3). Le tableau 18 propose un résumé de ces différentes options, que nous avons décrites dans le chapitre 3. Quelques exemples de choix d'options techniques déjà réalisés par des compagnies maritimes sont présentés dans l'encadré 12 pour une illustration concrète.

La mise en œuvre de la plupart des mesures techniques est souvent plus aisée pour les navires neufs que pour les navires existants. Notons que si les options pour réduire les émissions de SO_x et de NO_x sont en nombre limité et peuvent permettre d'importantes réductions de ces émissions à elles seules[98], il n'en va pas de même pour les émissions de CO_2 pour lesquelles il existe un grand nombre de mesures techniques impliquant différentes fonctions du navire (fonctions machine, carène, appareil propulsif, sources d'énergie, maintenance, cf. Stevens et al., 2014) et permettant des réductions de l'ordre de quelques pourcents. C'est l'accumulation de ces différentes mesures, auxquelles on peut ajouter des mesures opérationnelles comme la réduction

[98] Par exemple, l'usage de MGO à 0,1 % permet une réduction de 90 % des émissions de SO_x par rapport à du carburant à 1 % ; la réduction catalytique sélective permet une réduction de 95 % des émissions de NO_x.

de la vitesse, qui va permettre des réductions de CO_2 plus substantielles. En outre, la quantité totale de réduction d'émissions de CO_2 émanant d'une combinaison de mesures est en général inférieure à la somme du potentiel de réduction de chaque mesure prise séparément, en raison d'interaction entre les éléments du système.

Tableau 18 - Tableau synoptique des options techniques en fonction des instruments de réduction

Instrument	Date d'entrée en vigueur	Périmètre	Options techniques
Limites sur la teneur en soufre, Annexe VI de MARPOL, directive 2012/33/UE	2015	SECA	- MGO (0,1 %) - Scrubber - GNL - Biocarburant
Limites sur la teneur en soufre, Annexe VI de MARPOL	2020 ou 2025	Hors SECA	- MDO (0,5 %) - Scrubber - GNL - Biocarburant
Limites sur la teneur en soufre, directive 2012/33/UE	2020	Eaux européennes hors SECA	- MDO (0,5 %) - Scrubber - GNL - Biocarburant
Norme sur les NO_x Tier III (Annexe VI de MARPOL)	2016	Navires neufs en NECA	- Réduction catalytique sélective - GNL - Recirculation des gaz d'échappement
Normes sur l'EEDI (Annexe VI de MARPOL)	2015-2020 (Phase 1) 2020-2025 (Phase 2) 2025 (Phase 3)	Navires neufs	- Conception du navire - Diminution de la vitesse nominale - Carburant à moindre teneur en carbone (GNL)
SEEMP (Annexe VI de MARPOL)	2013	Tous les navires	Pas d'option technique
MRV européen (proposition de règlement européen)	Prévu pour 2018	Voyages intra-UE Voyages à destination de l'UE Voyages au départ de l'UE	Pas d'option technique (éventuellement, installation optionnelle d'un système automatique de mesure des émissions)
Système de collecte de données international (soumission des Etats-Unis à l'OMI)	Non déterminé	Tous les navires	Pas d'option technique (éventuellement, installation optionnelle d'un système automatique de mesure des émissions)
Instrument de marché du carbone européen (hypothèse)	Non déterminé	Voyages intra-UE Voyages à destination de l'UE Voyages au départ de l'UE	- Mesures d'optimisation de la conduite (navires existants) et de la conception (navires neufs) des fonctions machine, hélices, carène - Usage de combustibles à faible teneur en carbone (GNL) - Energies renouvelables en appoint (cerf-volant, panneaux solaires)
Normes internationales sur l'efficacité énergétique (hypothèse)	Non déterminé	Tous les navires	- Mesures d'optimisation de la conduite (navires existants) et de la conception (navires neufs) des fonctions machine, hélices, carène - Usage de combustibles à faible teneur en carbone (GNL) - Energies renouvelables en appoint (cerf-volant, panneaux solaires)

Réalisation : M. Doudnikoff

Encadré 12 - Quelques exemples de choix techniques déjà réalisés par les compagnies maritimes

La compagnie bretonne de ferrys Brittany Ferries a annoncé en 2014 un programme d'adaptation de sa flotte comprenant la pose de scrubbers sur trois de ses navires et une conversion au GNL de trois autres navires (Le marin, 17/09/2014). L'installation de scrubbers nécessite un à deux mois d'arrêt tandis que le retrofit d'un navire au GNL prend entre quatre et cinq mois. Ce plan initial était étalé sur deux ans, entre mi-octobre 2014 et mars 2017, pour éviter un arrêt technique de l'ensemble des services en même temps. Les scrubbers étaient prévus sur les navires les plus anciens de la compagnie. Pour ses autres navires plus récents, Brittany Ferries misait sur le GNL en raison de ses performances environnementales supérieures, lui permettant d'être en avance sur la réduction des émissions de CO_2, NO_x et PM. Elle prévoyait également la commande d'un navire neuf fonctionnant au GNL, le Pegasis. Notons que ces choix techniques ont également soutenu une stratégie politique consistant à faire valoir auprès des pouvoirs publics l'avance environnementale de la compagnie, pour obtenir une période de dérogation de deux ans la dispensant d'utiliser du MGO sur les navires non convertis, le temps d'adapter la flotte. Cette stratégie politique n'a pas été fructueuse, Brittany Ferries n'étant pas parvenue à obtenir une telle dispense. Elle a finalement annoncé en octobre 2014 l'annulation de la commande du Pegasis et son intention d'équipper toute sa flotte de scrubbers.

La compagnie danoise DFDS prévoit aussi d'équiper la majeure partie de sa flotte de scrubbers. Dès 2009, elle a fait installer sur un de ses navires, le Ficaria Seaway, un prototype de scrubber pour tester la technologie, en partenariat avec la Danish Environmental Agency et les équipementiers Alfa Laval et Man Diesel, se plaçant dans une stratégie de pionnier lui permettant d'acquérir de l'expérience. A l'été 2013, DFDS a fait installer des scrubbers sur trois de ses navires, puis sur huit autres en 2014, et prévoit d'équiper dix autres navires après 2015. Les navires non transformables utiliseront du MGO. DFDS estime à 100 millions d'euros l'investissement en scrubbers pour sa flotte (Le Marin, 02/04/2014).

La compagnie suédoise Stena se différencie des autres compagnies par son intérêt pour le méthanol. Le méthanol est un carburant liquide produit à partir de gaz naturel ou de biomasse. Il est utilisé de manière marginale, principalement lors de courses automobiles et par les maquettes de modélisme aérien. Son usage nécessite une transformation du navire, mais celle-ci est plus simple et moins coûteuse qu'une conversion au GNL. D'après Stena, le méthanol permettrait des réductions de SO_x, de CO_2, de NO_x et de PM équivalentes à celles du GNL (Stena, 2013). En 2015, un navire sera converti pour fonctionner au méthanol, et si l'essai s'avère concluant sur le plan opérationnel et économique, Stena prévoit de transformer vingt-cinq navires d'ici à 2018 (Platts, 13/06/2014). Aucune autre compagnie n'envisage cette solution (à l'exception de Canada's Waterfront Shipping, filiale de transport maritime de Methanex, plus gros producteur mondial de méthanol) probablement en raison du manque de visibilité sur ses performances et ses coûts.

D'autres compagnies opérant en SECA ont prévu d'utiliser du MGO. La compagnie North Sea Container Line ne peut équiper ses navires affrétés de scrubbers car le contrat d'affrètement ne le permet pas et considère que l'option GNL est trop coûteuse. Sea Cargo prévoit de compenser les surcoûts résultant de l'utilisation du MGO par des mesures organisationnelles : réduction de la vitesse et horaires modifiés pour une utilisation plus efficace

des navires. Samskip de son côté considère que la technologie scrubber n'est pas mature, que le GNL est trop coûteux pour les navires existants, et n'envisage pas d'acheter de nouveaux navires, mais suit de près le développement de ces alternatives (News Shortsea, 23/09/2014).

Signalons le choix de la flexibilité technique réalisé par la compagnie United Arab Shipping Co, qui a commandé en 2014 seize grands porte-conteneurs fonctionnant au fuel mais avec une conception optimisée pour permettre un retrofit minimal au GNL dans le futur (Lloyd's List, 13/02/2014).

Enfin, l'armateur français Louis Dreyfus Armateurs a fait le choix en 2010 de commander les premiers vraquiers au design innovant B.Delta spécialement conçus pour moins consommer, avec des améliorations sur les moteurs, la forme de la coque et de l'hélice. Si ce choix est dicté en premier lieu par les économies de carburant, il permet aussi de se préparer pour une future politique de réduction des émissions de CO_2.

1.2.4 Le choix de mesures organisationnelles sur les services maritimes

Par choix organisationnel, nous désignons toute modification des caractéristiques des services maritimes pouvant être induite par les politiques de réduction des émissions du transport maritime. Il peut s'agir d'un changement de la vitesse du navire, d'une modification des ports desservis, de fermeture de lignes ou du déploiement de navires plus grands sur un service. A la différence de la plupart des options techniques, ces options sont a priori déployables rapidement et réversibles, ce qui leur donne une plus grande flexibilité.

Comme déjà mentionné dans le chapitre 1 (§ 2.1.3), l'option de l'abaissement de la vitesse du navire est un puissant levier pour réduire la consommation et les émissions, en raison de la relation exponentielle liant vitesse et consommation de carburant. Néanmoins, réduire la vitesse a un effet négatif sur le temps de transit. A quantité constante de marchandises à transporter, diminuer la vitesse implique d'utiliser plus de navires ou d'améliorer leur taux de remplissage. Nous distinguons la diminution de la vitesse commerciale[99], que nous considérons comme une option organisationnelle, de la diminution de la vitesse nominale (c'est-à-dire la vitesse pour laquelle le navire est conçu) que nous avons considérée comme une option technique (cf. § 1.2.3 précédent).

L'option d'agir sur la taille des navires a un impact important sur la consommation par unité de volume transporté en raison des économies d'échelles. Comme évoqué dans le chapitre

[99] Un navire peut fonctionner bien en dessous de sa vitesse nominale sous réserve de régler le moteur. Néanmoins, un navire fonctionne mieux à la vitesse pour laquelle il a été conçu (vitesse nominale), la puissance étant adaptée.

1 (§ 1.2.3), la taille du navire dépend également des conditions nautiques des ports visités, de la capacité des détroits des routes maritimes suivies et des volumes à transporter.

L'option de modifier les ports desservis par un service maritime pourrait être induite par le fait que certains instruments établissent des règles différentes selon le périmètre géographique où navigue le navire (cf. chapitre 3, § 1.3.3). Certains services pourraient être reconfigurés pour éviter ou limiter ces périmètres.

Enfin, certains services maritimes pourraient fermer, en particulier si la compagnie maritime veut consolider son offre sur d'autres services du même marché. Par exemple, la compagnie de roulier danoise DFDS a annoncé en avril 2014 la fermeture de son service historique entre Ejberg au Danemark et Harwich au Royaume-Uni, en raison des surcoûts attendus par le passage à 0,1 % en 2015[100], préférant consolider son service entre Ejberg et Immingham (Lloyd's Loading List 06/05/2014 ; Le Marin 02/04/2014).

1.2.5 Synthèse

Le tableau 19 récapitule les différents choix stratégiques présentés et leurs options associées.

[100] Il s'agit de la raison avancée par la compagnie. Le service perd néanmoins des clients depuis quelques années (Lloyd's Loading List 06/05/2014). Si le passage à 0,1 % constitue indéniablement « le coup de grâce » pour un service déjà affaibli par la crise, la communication autour de la fermeture de cette ligne peut aussi relever d'une stratégie de communication politique (cf. § 1.2.2 sur les stratégies politiques).

Tableau 19 - Tableau synoptique des choix stratégiques et de leurs options associées

Choix stratégiques	Options
Non-conformité	- Non respect des limites sur la teneur en soufre des carburants - Falsification des documents de bord
Stratégie politique	- Lobbying - Constitution de coalition durable ou ad hoc - Communication politique - Activités juridiques
Mesures techniques sur le navire	- MGO - Scrubber - GNL - Biocarburant - Réduction catalytique sélective - Recirculation des gaz d'échappement - Optimisation des fonctions machine, hélices, carène - Energies renouvelables en appoint (cerf-volant, panneaux solaires)
Mesures organisationnelles sur les services maritimes	- Réduction de la vitesse des navires - Modification des ports desservis - Fermeture de services - Changement de la taille du navire

2. Une méthodologie d'analyse du choix stratégique

Après avoir ainsi passé en revue les quatre types de choix stratégiques envisageables par les armateurs et exclu de notre étude les stratégies politiques et la non-conformité (sous une hypothèse de mise en œuvre de qualité suffisante pour éviter les possibilités de fraude), nous nous intéressons à présent à la sélection des options techniques et des options organisationnelles par la firme. Comment seront réalisés les choix stratégiques ? Comment appréhender ces choix ? Dans une première section, nous proposons une description générale du processus d'identification et de sélection des options menant au choix stratégique. Puis, nous présentons comment le choix stratégique des armateurs confrontés aux politiques de réduction de leurs émissions est envisagé dans la littérature. Enfin, à partir de la description générale et en nous situant par rapport à la littérature, nous proposons une méthodologie d'analyse du choix stratégique.

2.1 La réalisation du choix stratégique : les critères de sélection des options

La première étape du choix stratégique consiste d'abord à identifier les options possibles, adaptées à la compagnie maritime ainsi qu'à son environnement. Les différentes options que nous avons identifiées en § 1.2.3 et § 1.2.4 ne conviennent pas toutes à une compagnie, ce qui réduit le champ des choix possibles. L'incompatibilité peut provenir du type de navire, de sa mission, ou de la redondance avec d'autres choix (Balland et al., 2012). Par exemple, certains navires existants ne peuvent être équipés de scrubber ou être convertis pour fonctionner au GNL en raison d'une conception initiale non adaptée pour de telles transformations. Par ailleurs, l'usage du GNL est conditionné par la possibilité d'un approvisionnement en GNL, ce qui peut être complexe dans certains ports. En outre, les solutions organisationnelles que nous avons identifiées ne sont pas adaptées à tous les marchés maritimes. Par exemple, sur certains services de ferry, la vitesse ne peut être réduite sans dégrader la compétitivité.

Une fois identifiées, l'évaluation des options alternatives s'effectue essentiellement sur des critères de coûts, de capacité de la demande à absorber des surcoûts, de prise en compte de l'incertitude, et sur des critères non financiers (Thiétart et Xuereb, 2005 ; Rousos et Lee, 2012).

Critère majeur de la décision, le coût d'une option stratégique s'évalue à partir des coûts fixes (indépendants de l'activité), des coûts variables (fonctions de l'activité), et des bénéfices éventuels (par exemple les économies de carburant). A cela s'ajoute des coûts de transaction liés à la recherche d'information, à la négociation et à la décision[101]. Par définition, ces coûts sont difficiles à évaluer. Il est utile de juger les résultats financiers d'une option par rapport à la situation future en cas d'absence d'action (Thiétart et Xuereb, 2005). Cela permet d'évaluer l'ampleur des surcoûts induits par les politiques environnementales, et de comparer les options entre elles pour déterminer laquelle est la moins coûteuse. Certains surcoûts peuvent être d'une ampleur telle qu'ils conduisent à la fermeture d'un service si l'opérateur n'est pas en mesure de les répercuter sur ses clients. La capacité de la demande à absorber des surcoûts est liée à son élasticité par rapport au prix et à l'intensité concurrentielle du marché. La répercussion des surcoûts dans la tarification du transport maritime se fait généralement par des surcharges.

Nous avons identifié deux types d'incertitude à prendre en compte dans la décision : l'incertitude sur l'évolution des prix de l'énergie et l'incertitude réglementaire. L'évolution des

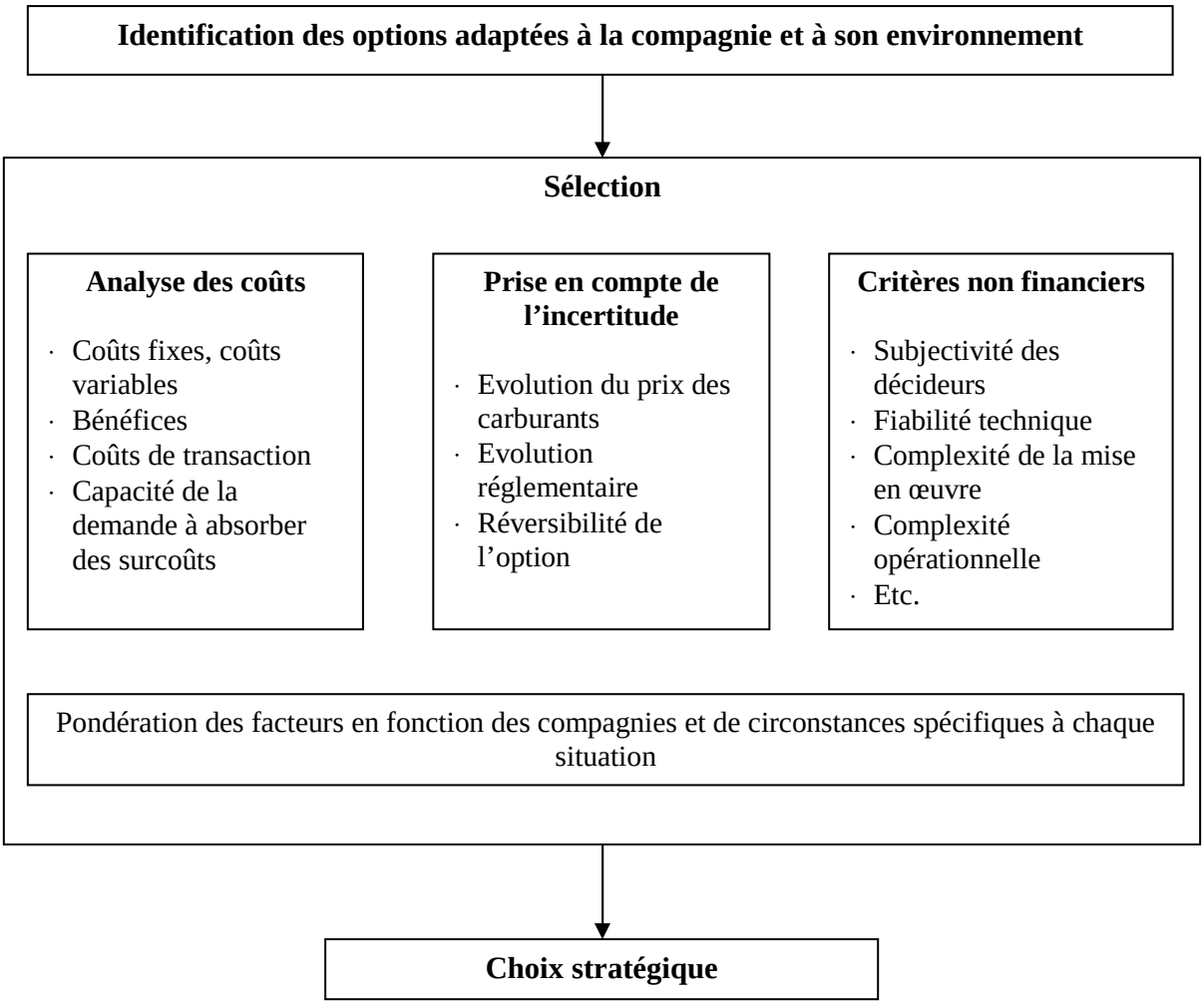
[101] Le président de la compagnie Brittany Ferries, Jean-Marc Roué, évoque par exemple un « boulot monstrueux » à propos de la recherche de financements pour l'achat d'un navire au GNL (Mer et Marine, 17/09/2014). Il s'agit typiquement d'un coût de transaction qui n'est pas reflété dans le bilan financier de l'option stratégique.

prix de l'énergie est quasiment impossible à prévoir, or celle-ci aura un impact direct sur les résultats financiers d'une option. Par exemple, une forte augmentation du prix du gaz pèsera sur les coûts d'une propulsion au GNL, un fort différentiel de prix entre l'IFO et le MGO rendra pertinente l'option scrubber tandis que le contraire pourra l'invalider. L'incertitude réglementaire provient du flou sur les calendriers de mise en œuvre et les contours de certains instruments, en l'absence de clôture définitive des processus politiques sur les émissions du transport maritime (cf. chapitre 2, sous-sections 2.3 et 3.4). L'incertitude réglementaire provient également de règlementations au niveau local pouvant impacter certaines options (exemple de réglementations locales interdisant les rejets à la mer des scrubbers à boucle ouverte) (cf. chapitre 3, § 2.2.1). En présence de telles incertitudes, le caractère réversible d'une option présente un intérêt certain. Il peut en effet être judicieux d'adopter en premier lieu une solution moins efficiente mais réversible (par exemple, utiliser du MGO en SECA en 2015), permettant d'attendre la résorption de l'incertitude réglementaire ou macroéconomique (prix des carburants, situation du marché, etc.), avant de se tourner vers des solutions irréversibles (comme installer un scrubber).

Enfin, des critères non financiers interviennent dans le processus de décision (Rousos et Lee, 2012 ; Balland, et al., 2014 ; Yang et al., 2012 ; Schinas et Stefanakos, 2014). Les facteurs purement économiques sont en effet insuffisants pour évaluer les préférences réelles des décideurs. Des critères subjectifs liés à la personnalité du décideur comme l'intuition, l'expérience, l'aversion au risque jouent un rôle important dans la décision. D'autres critères d'ordre technique interviennent aussi, comme la fiabilité de l'option considérée qui peut être mesurée en terme de maturité technique (Balland et al., 2014) ou de probabilité de défaillance critique (Schinas et Stefanakos, 2014), le temps d'attente chez les équipementiers, la complexité de la mise en œuvre d'une option, sa complexité opérationnelle, etc.

La pondération entre les différents critères relève de chaque compagnie, en fonction de circonstances spécifiques à chaque situation (Thiétart et Xuereb, 2005). La figure 21 propose une représentation du processus d'identification et de sélection des options menant au choix stratégique.

Figure 21 - Processus d'élaboration du choix stratégique



Réalisation : M. Doudnikoff.

2.2 La prise en compte du choix stratégique dans la littérature

Comment est appréhendé le choix stratégique des armateurs vis-à-vis de la réduction des émissions du transport maritime dans la littérature ? Tout d'abord, le choix est généralement étudié par rapport à un polluant donné, et non par rapport à un ensemble de polluants, à l'exception de Balland (2012) qui envisage simultanément la réduction des émissions de SO_x, de NO_x et de CO_2. En outre, la démarche n'est en général pas la même entre la considération des émissions de SO_x et de NO_x d'une part, et celle des émissions de CO_2 d'autre part. Si pour le SO_x et le NO_x, le choix stratégique est envisagé par rapport aux politiques de réduction à venir (passage à 0,1 % en SECA en 2015, Tier III en NECA en 2016), le choix stratégique vis-à-vis de

la réduction des émissions de CO_2 est souvent considéré sous l'angle des économies de carburant plus que sous l'angle de la mise en conformité avec de futures politiques de réduction, dont les contours, rappelons-le, ne sont pas encore définis.

2.2.1 Choix stratégique vis-à-vis de la réduction des émissions de SO_x et de NO_x

Les premières études qui ont porté sur l'impact du passage en SECA en 2015 sur le transport maritime ont analysé uniquement l'option MGO, en raison de l'absence de retour d'expérience sur les autres options au moment de leur réalisation (TML, 2010 ; ISL, 2010 ; ITMMA, 2010 ; Swedish Maritime Administration, 2009). Ces études ont analysé l'impact du passage au MGO sur les coûts et les prix du transport maritime de courte distance en SECA, et ont tenté d'évaluer le report modal vers les modes de transports terrestres pouvant en résulter, se plaçant plus sous la perspective du choix modal des chargeurs que sous celle du choix stratégique des armateurs vis-à-vis de la réduction des émissions de SO_x.

Des études et articles plus récents considèrent les différentes options techniques (MGO, GNL, scrubber) et analysent le choix stratégique sous l'angle des coûts, sur la base de la valeur actuelle nette (VAN) (Germanischer Lloyd, 2013 ; Jiang et al., 2014; Nielsen et Schack, 2012 ; Schinas et Stefanakos, 2014 ; Danish Maritime authority, 2012). Le principe de la VAN est de déterminer la rentabilité d'un investissement à partir de son coût initial, de sa durée de vie, et des coûts et bénéfices futurs actualisés. Appliquée aux options techniques de mise en conformité en SECA à partir de 2015, la VAN est utilisée pour calculer le temps de retour d'investissement d'un scrubber ou d'une propulsion GNL par rapport à l'option consistant à utiliser du MGO (option ne requérant pas d'investissement mais nécessitant un carburant plus cher que l'IFO et le GNL). La formule (1) indique le principe de ce type de calcul. La valeur de la VAN varie en fonction des hypothèses faites sur les différentiels de coûts entre carburant (MGO/IFO pour l'option scrubber, MGO/GNL pour l'option GNL), de la durée de vie restante du navire, et du temps passé en SECA. Pour être acceptée, l'option doit permettre des économies par rapport à l'option MGO au moins équivalentes aux ressources qu'elle a mobilisées (VAN ≥ 0). Le temps de retour sur investissement correspond au nombre d'années nécessaires pour que la VAN devienne positive.

$$VAN = -I + \sum_{p=0}^{p=N} \frac{D}{(1+t)^p} \qquad (1)$$

Avec :
VAN : la valeur actuelle nette de l'option (scrubber ou GNL)
I : l'investissement initial dans l'option (scrubber ou GNL)

t : le taux d'actualisation qui prend en considération le coût des différentes sources de financement et le risque de l'investissement
N : la durée de vie de l'option (scrubber ou GNL) égale au minimum de la durée de vie restante du navire et de la durée de vie de l'investissement
D : la différence de coûts opérationnels annuels entre l'option (scrubber ou GNL) et l'option consistant à utiliser du MGO

D'autres approches fondées sur les coûts existent. Notamment, Schinas et Stefanakos (2012) ont développé un modèle complexe d'allocation optimale des navires et des slots (capacité de transport offerte) pour un opérateur maritime, prenant en compte les surcoûts de navigation en SECA. Acciaro (2014) propose une approche de la décision d'investissement dans la conversion au GNL d'un navire fondée sur les options réelles. Cette démarche permet de prendre en compte à la fois les coûts et l'incertitude. L'analyse par les options réelles vise à valoriser la flexibilité managériale associée à un projet d'investissement, c'est-à-dire la valeur associée à la possibilité pour l'entreprise d'ajuster sa stratégie d'investissement aux évolutions de l'environnement. Appliquées à la décision d'investir dans la conversion au GNL d'un navire, les options réelles envisagent la possibilité pour un armateur de repousser cette décision (et d'utiliser du MGO en attendant), pour que l'incertitude liée aux coûts de capital et au différentiel de prix entre le MGO et le GNL se résorbe (Acciaro, 2014). Les options réelles permettent d'évaluer le compromis entre le coût d'attendre et les bénéfices liés à la diminution de l'incertitude. La méthode est sophistiquée et attrayante, mais les résultats s'avèrent un peu décevants. Acciaro (2014) démontre en effet qu'il est utile d'attendre mais ne permet pas de préciser jusqu'à quand. En outre, le modèle ne prend pas en compte l'option scrubber et n'est pas en mesure de dire s'il vaut mieux attendre pour convertir le navire au GNL ou installer un scrubber maintenant (ou plus tard). Comme l'explique Lautier (2003), le concept des options réelles est séduisant car il pallie l'inconvénient de la VAN qui n'intègre pas la possibilité d'adopter une démarche évolutive dans le comportement d'investissement. Un projet peut ainsi être attractif par les options réelles en dépit d'une VAN négative. Néanmoins, l'outil est complexe et difficile à mettre en œuvre, la fiabilité de ses résultats jugée incertaine, ce qui explique sans doute pourquoi il est peu utilisé par les entreprises[102] (Krychowski, 2007). Les options réelles valent ainsi mieux comme outil de réflexion que comme méthode fiable de valorisation (Lautier, 2003). Appliqué au transport maritime, le concept d'option réelle a le mérite de rappeler que les armateurs disposent de la possibilité d'attendre que les conditions soient meilleures et d'accumuler de l'information (il s'agit de l'option d'attente dans la

[102] Les armateurs, rencontrés en entretiens, auxquels a été posée la question de l'utilisation des options réelles dans la décision d'investissement, ne connaissaient pas cet outil.

classification des options réelles[103]). Les armateurs ont également la possibilité d'investir d'abord sur un navire, et si cet investissement est un succès, de réaliser l'investissement pour le reste de la flotte (option d'investissement séquentiel dans la classification des options réelles). Il s'agit pour l'armateur d'arbitrer entre entreprendre immédiatement un investissement de grande ampleur (sur plusieurs navires à la fois) permettant de bénéficier d'économies d'échelle mais pouvant se révéler coûteux si les performances ont été mal évaluées ou si les conditions du succès ne sont pas réunies (différentiel de coûts entre carburants défavorable), ou initier une séquence d'investissements plus réduits (sur un navire d'abord) permettant d'exercer ou d'abandonner l'option de poursuite de l'investissement au reste de la flotte.

Enfin, certaines approches sont fondées sur des méthodes multicritères, prenant en compte des critères autres que les critères de coûts, comme la probabilité de défaillance technique, la formation du personnel, la durée d'immobilisation du navire, la compatibilité avec d'autres politiques environnementales (Schinas et Stefanakos, 2014), ou la durée de vie de l'équipement, les difficultés opérationnelles, les besoins de maintenance, la perte d'espace sur le navire (Yang et al., 2012). Schinas et Stefanakos (2014) et Yang et al. (2012) proposent une méthode hiérarchique multicritère[104] pour la sélection des techniques de réduction des émissions de SO_x et de NO_x. Si ces démarches ont le mérite d'élargir les critères entrant dans la décision, elles restent soumises à la difficulté d'évaluer et de comparer les critères.

2.2.2 Choix stratégique vis-à-vis de la réduction des émissions de CO_2

La réduction des émissions de CO_2 est envisagée dans un certain nombre de recherches sous l'angle de la comparaison entre les coûts de mise en œuvre d'une mesure de réduction et les bénéfices liés aux économies de carburant, ce qui permet de déterminer l'efficacité-coût de la mesure (Buhaug et al., 2009 ; CE Delft, 2009, 2011 ; Corbett et al., 2009 ; Eide et al., 2009 ; Eide et al., 2011 ; Lindstad et al., 2011, 2012). Il est établi qu'un grand nombre de mesures de réduction, à la fois techniques et opérationnelles, sont rentables, c'est-à-dire que les bénéfices liés aux économies de carburant sont supérieurs aux coûts. La théorie économique néoclassique, sous des hypothèses de rationalité parfaite des agents et de maximisation des profits, prédit que la totalité des mesures rentables doivent être mises en œuvre par les agents économiques sans nécessité d'une intervention de la puissance publique, conduisant à des situations « gagnant

[103] La littérature propose une classification des options réelles en fonction du type de flexibilité qu'elles permettent. On distingue ainsi les options de croissance, les options d'apprentissage, les options d'attente, les options d'investissement séquentiel, etc. Pour une description des différentes options, voir Krychowski (2007), Lautier (2003).

[104] Pour une description des méthodes multicritères, voir Roy (1985).

gagnant » pour l'environnement et les armateurs. Or, la plupart des mesures ne sont pas mises en œuvre en raison de l'existence d'un certain nombre de barrières. Ce phénomène est connu sous le nom de « energy efficiency gap » et a été identifié dans de nombreux secteurs (Jaffe et Stavins, 1994). Plusieurs travaux s'attachent à comprendre les raisons de cet écart entre potentiel théorique de réductions rentables et réductions réellement mises en œuvre dans le transport maritime (Balland et al., 2014 ; Jafarzadeh et Utne, 2014; Johnson et al., 2014 ; Johnson, 2013 ; Maddox, 2012 ; Rehmatulla et al., 2013). Le tableau 20 propose un résumé des principales barrières identifiées dans la littérature.

Tableau 20 - Principales barrières identifiées dans la littérature pour expliquer l'existence d'un « energy efficiency gap » dans le transport maritime

Barrières informationnelles	Barrières économiques	Barrières organisationnelles	Barrières géographiques	Barrières technologiques
- Manque d'informations sur les mesures de réduction - Décalage entre performances théoriques et réelles des mesures - Difficultés à évaluer l'efficacité énergétique	- Accès limité au capital - Problèmes principal-agent dans les contrats de transport et d'affrètement	- Manque de temps - Faible priorité pour les questions énergétiques - Mauvaise communication - Fragmentation des responsabilités sur la gestion énergétique	- Zones de piraterie obligeant à accélérer - Routes avec des conditions météorologiques et nautiques défavorables (vent, courant, etc.)	- Incompatibilité entre les mesures - Complexité de mise en œuvre - Complexité opérationnelle - Fiabilité technique

Sources : Balland et al., 2014 ; Jafarzadeh et Utne, 2014; Johnson et al., 2014 ; Johnson, 2013 ; Maddox, 2012 ; Rehmatulla et al., 2013.

L'analyse du choix stratégique portant sur une combinaison de mesures de réduction des émissions de CO_2 est rendue complexe par l'incompatibilité entre certaines mesures, l'existence de mesures mutuellement exclusives entre elles (par exemple, le slow steaming diminue l'efficacité des mesures réduisant la résistance aux vagues), et l'incertitude sur les effets des interactions entre mesures (Balland, 2012 ; Jafarzadeh et Utne, 2014). Ces écueils sont d'ailleurs illustrés par l'importante incertitude portant sur le potentiel total de réduction des émissions de CO_2 du transport maritime en déployant toutes les mesures connues, estimé entre 25 % et 75 % des émissions actuelles (Buhaug et al., 2009).

Enfin, plutôt que de comparer les coûts et bénéfices des mesures de réduction, signalons que quelques travaux mettent l'accent sur l'impact d'un prix élevé du carburant (Notteboom et

Vernimmen, 2009) ou de permis d'émission (Franc et Sutto, 2014) sur les coûts des services maritimes, et analysent les effets sur la structure de coûts de stratégies organisationnelles comme la réduction de la vitesse, l'augmentation de la taille des navires et la modification des ports desservis (Franc et Sutto, 2014; Notteboom et Vernimmen, 2009). La réduction de la vitesse des navires fait en particulier l'objet d'un grand nombre de travaux, qu'elle soit induite par des politiques de réduction du CO_2 (Cariou et Cheaitou, 2012 ; Corbett et al., 2009 ; Kim et al., 2012), ou uniquement par la recherche de la diminution des coûts (Lindstad et al., 2011; Notteboom et Vernimmen, 2009 ; Ronen, 2010 ; Wang et Meng, 2012 ; Yao et al., 2012). La réduction de la vitesse des navires est en effet l'une des mesures présentant le plus grand potentiel de réduction à moindre coût.

2.3 Méthodologie d'analyse du choix stratégique

Il s'agit à présent de préciser notre approche du choix stratégique des armateurs confrontés aux politiques de réduction des émissions du transport maritime. A la différence de la plupart des travaux évoqués dans la sous-section précédente qui s'intéressent au choix par rapport à un polluant donné, nous appréhendons le choix stratégique par rapport à l'ensemble des politiques de réduction des émissions du transport maritime. Cette prise en compte simultanée permet d'analyser les effets additionnels des politiques. La méthodologie que nous proposons pour analyser le choix stratégique des armateurs part de la description que nous avons faite du processus d'élaboration du choix stratégique dans la sous-section 2.1., résumée dans la figure 21.

2.3.1 Les options examinées

Nous examinons la sélection des options techniques et des options organisationnelles présentées en sous-section 1.2 (§ 1.2.3 et § 1.2.4). Concernant les options techniques liées aux émissions de SO_x, nous prenons en compte l'option MGO, l'option scrubber et l'option GNL. Nous n'examinons pas l'option biocarburant, car nous ne disposons pas de données sur cette option. Concernant les options techniques liées au NO_x, nous considérons l'option GNL et l'option de la réduction catalytique sélective (RCS), en excluant les autres technologies par manque de données. Enfin, nous ne considérons pas les options techniques de réduction des émissions de CO_2 en raison des difficultés à analyser leurs combinaisons que nous avons évoquées dans la sous-section précédente (§ 2.2.2). Pour l'ensemble des polluants, nous

considérons les options organisationnelles identifiées en § 1.2.4 : changement de la vitesse du navire, modification des ports desservis, fermeture de lignes et déploiement de navires plus grands sur un service.

2.3.2 Une analyse de l'impact des options stratégiques sur la structure des coûts

Le calcul de la VAN est une méthode classique et répandue pour l'aide à la décision portant sur un investissement. Elle a été appliquée dans la littérature aux options techniques de réduction des émissions du transport maritime. Néanmoins, cette méthode n'est pas bien adaptée pour les options organisationnelles qui impliquent des modifications des coûts d'un service mais pas nécessairement d'investissement. En outre, le simple calcul de la VAN permet de comparer les options techniques entre elles mais ne permet pas de mettre en perspective leurs coûts avec les autres coûts du service. C'est pourquoi, plutôt qu'un calcul de VAN, nous analysons l'impact des options techniques et organisationnelles sur la structure de coûts des services maritimes, dans la lignée des travaux de Notteboom et Vernimmen (2009) et Franc et Sutto (2014) cités précédemment. Cela permet de traiter simultanément les options techniques et organisationnelles, et de déterminer l'ampleur des surcoûts induits par les politiques de réduction par rapport aux coûts totaux d'un service maritime.

La structure de coûts d'un service maritime est composée (Stopford, 2009) :

- des coûts de capital, liés au financement du navire ;

- des coûts d'exploitation, liés aux dépenses journalières du navire en opération. Ils sont constitués des coûts d'équipage, des coûts d'assurance, des coûts de réparation et de maintenance, et des coûts liés au support administratif et commercial nécessaire à l'exploitation des navires.

- des coûts de voyage, qui sont des coûts variables associés à un voyage spécifique. Ils sont constitués des coûts de soute, des frais de passage portuaire (droits, taxes et services tels que le pilotage, le remorquage et le lamanage) et des péages de canal ;

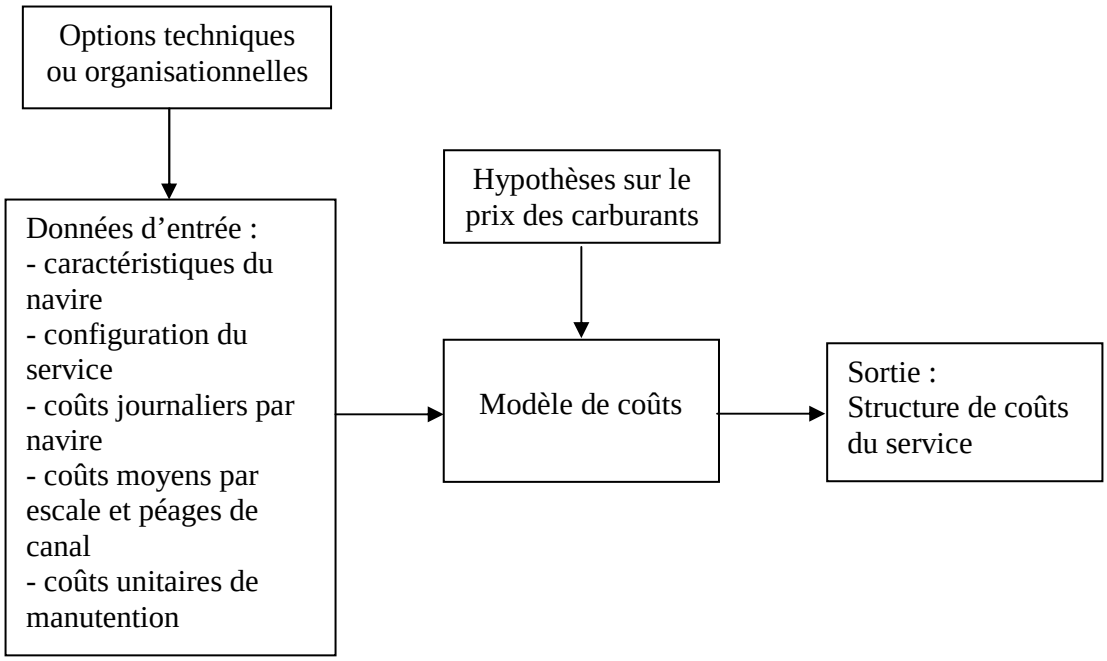
- des coûts de manutention de la marchandise.

Les différentes options que nous considérons auront des impacts différenciés sur la structure de coûts. Ainsi, l'usage de MGO n'induit pas de coût de capital, mais se répercute sur les coûts de voyage du navire par l'augmentation des coûts de soute. L'installation d'un scrubber augmente les coûts de capital, et implique des coûts de voyage provenant d'une légère

surconsommation de carburant pour son fonctionnement et des charges portuaires pour le dépôt des déchets. L'usage de GNL augmente les coûts de capital et impacte les coûts de soute en fonction du prix du GNL. La réduction catalytique sélective implique des coûts de capital et des coûts d'exploitation liés à l'utilisation d'urée. Une réduction de la vitesse se traduit par une moindre consommation et donc des coûts de carburant moins élevés mais nécessite des navires supplémentaires pour maintenir la fréquence des lignes régulières, ce qui implique des surcoûts liés aux navires ajoutés à la ligne. La modification des ports desservis peut impacter les frais portuaires, ainsi que les surcoûts liés à la navigation en SECA et dans un périmètre européen sur les émissions de CO_2. Le déploiement de navires plus grands se traduit par des coûts supérieurs dans leur ensemble, mais permet de diminuer les coûts par unité de transport, sous condition de maintenir un bon remplissage du navire.

L'évaluation des impacts des différentes options sur la structure de coûts sera réalisée à l'aide d'un modèle de coûts sur tableur. Les données d'entrée du modèle sont les caractéristiques du navire (capacité, puissance, vitesse nominale), la configuration du service (distance totale, distance en SECA, nombre d'escales, localisation des escales, durée moyenne d'une escale, vitesse moyenne, remplissage du navire), les coûts journaliers par navire (coûts journaliers de capital, coûts journaliers d'exploitation), les coûts unitaires de manutention, et les coûts moyens liés aux frais portuaires par escale et aux péages de canal. Les données de coûts utilisées sont issues d'un rapport du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDDTL, 2012) s'appuyant sur des données des bases de Drewry et Barry Rogliano Sales (BRS). A partir de ces données d'entrée, d'hypothèses faites sur les prix des carburants, et de calculs intermédiaires réalisés par le modèle (consommation de carburant, temps passé en mer et dans les ports, nombre de navires par service, etc.), on obtient en sortie les coûts totaux du service, composés des coûts de capital, des coûts d'exploitation, des coûts de voyage et des coûts de manutention. L'impact des options examinées sur la structure de coûts est évalué en faisant varier les données d'entrée. La figure 22 résume le principe du modèle.

Figure 22 - Principe du modèle de coûts utilisé pour évaluer l'impact des options sur la structure de coûts



Réalisation : M. Doudnikoff.

Enfin, l'option de fermeture d'un service pourra être envisagée si les surcoûts liés aux options précédentes s'avèrent très élevés et si l'opérateur n'est pas en mesure de répercuter la hausse du coût du transport sur ses clients. C'est pourquoi, outre l'impact des options sur la structure de coûts, la capacité des chargeurs à supporter des hausses de prix du transport maritime sera également considérée.

2.3.3 La prise en compte de l'incertitude : scénarios réglementaires, projection des prix des carburants et test de sensibilité

Comme mentionné en sous-section 2.1, le choix stratégique doit faire face à deux types d'incertitude : une incertitude réglementaire et une incertitude liée à l'évolution des prix des carburants. La construction de scénarios est le moyen le plus usuel pour traduire les évolutions possibles d'un système entre l'état actuel et un horizon temporel plus ou moins étendu. Un scénario ne constitue pas la réalité future, mais est un moyen de la représenter afin d'éclairer l'action présente ou à venir en vue de futurs possibles (Lesourne et Stoffaës, 1997). Nous nous plaçons à l'horizon 2020, qui est un horizon de temps proche mais suffisamment éloigné pour qu'un certain nombre de politiques de réduction aient été mises en œuvre.

Scénarios réglementaires

Nous avons élaboré des scénarios pour traduire les évolutions réglementaires possibles à l'horizon 2020, à partir de la description de l'état actuel des négociations réalisée dans le chapitre 2 :

- le scénario de référence correspond à la situation future avec uniquement les politiques mises en œuvre avant 2015. Il s'agit des limites sur la teneur en soufre des carburants de 3,5 % hors SECA, de 1 % en SECA et de 0,1 % dans les ports de l'UE. Nous ne prenons pas en compte l'EEDI, le SEEMP et la norme Tier II car l'impact de ces politiques sur les coûts des services est négligeable. Ce scénario constitue un point de repère permettant de comparer et d'évaluer les évolutions sous les autres scénarios réglementaires ;

- le scénario 1 correspond à la situation de mise en œuvre de la limite à 0,1 % sur la teneur en soufre des carburants marins en SECA à partir de 2015. Ce scénario reconstitue la réalité réglementaire future à court terme. Comparé aux résultats du scénario de référence, ce scénario permet d'apprécier les seuls effets du passage à 0,1 % en SECA à l'horizon 2020 ;

- le scénario 2 ajoute à la situation du scénario 1 (politique soufre en SECA) l'hypothèse qu'une politique européenne de réduction des émissions de CO_2 du transport maritime sera mise en œuvre en 2020. Cette politique fait suite au système de MRV prévu pour 2018. Il est supposé qu'en l'absence d'accord au niveau de l'OMI, l'UE décide d'agir de manière unilatérale et met en place un instrument de marché pour les émissions du transport maritime, selon le même périmètre que celui du MRV (voyages intra-UE, voyages à destination de l'UE, voyages au départ de l'UE). Nous supposons que le transport maritime est inclus dans le marché européen de permis d'émission (cf. chapitre 2, § 3.2.3 et § 3.4.2). Les compagnies maritimes doivent donc s'acquitter de permis pour leurs émissions entre le dernier port non-européen touché et le premier port européen touché, entre les ports européens, et entre le dernier port européen touché et le premier port non-européen touché. Pour traiter ce scénario, il est nécessaire de disposer de projections sur le prix du carbone de l'EU ETS ;

- le scénario 3 ajoute à la situation du scénario 2 (politique soufre en SECA et instrument de marché européen du carbone) l'hypothèse que le passage à la limite de teneur en soufre de 0,5 % hors SECA aura lieu en 2020, et non en 2025. Il est en effet supposé que l'OMI décide de ne pas retarder la mise en œuvre de cette limite à 2025, pour éviter d'être en décalage avec la directive européenne 2012/33/UE qui a fixé à 2020 le passage à 0,5 % dans les eaux européennes (cf. chapitre 2, § 2.3.1) ;

- le scénario 4 ajoute à la situation du scénario 3 l'hypothèse que la mer Baltique, la mer du Nord et la Manche deviennent des NECA en 2020 et que la norme Tier III sur les émissions de NO_x s'applique à tous les navires circulant dans ces zones (cf. chapitre 2, § 2.3.3).

Le tableau 21 propose un récapitulatif de ces scénarios et de leurs hypothèses associées.

Tableau 21 - Les scénarios considérés et leurs hypothèses

Scénario	Hypothèses
Scénario de référence	Situation future avec uniquement les politiques mises en œuvre avant 2015 : 3,5 % hors SECA, 1 % en SECA, 0,1 % dans les ports européens
Scénario 1	Politique soufre en SECA : 0,1 % en SECA à partir de 2015 (3,5 % hors SECA)
Scénario 2	Scénario 1 + inclusion du transport maritime dans le marché européen de permis d'émission en 2020
Scénario 3	Scénario 2 + passage à 0,5 % de teneur en soufre hors SECA en 2020
Scénario 4	Scénario 3 + application de la norme Tier III pour tous les navires en 2020 en Baltique, Manche et mer du Nord

Projections des prix des carburants et des permis d'émission de l'EU ETS

Il est extrêmement difficile d'anticiper l'évolution des prix des différents carburants, car un grand nombre de variables interviennent dans leur formation. Le prix des carburants marins varie suivant l'évolution du prix du pétrole brut, et selon l'offre et la demande pour chaque type de carburant. Les différences de prix entre carburants ne sont pas constantes, rendant d'autant plus périlleux l'exercice de leur projection.

Afin d'obtenir des projections sur les prix des carburants marins, nous avons d'abord sélectionné des projections sur le prix du pétrole brut et du gaz naturel. Nous avons choisi les projections établies par la Commission européenne dans sa *Feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050* (European Commission, 2011), car ce document propose des projections portant à la fois sur les prix des énergies fossiles et sur le prix des permis d'émission de l'EU ETS. Le prix des permis d'émission de l'EU ETS réagissant au prix des énergies primaires, il était nécessaire de disposer de projections de ces deux variables reposant sur les mêmes hypothèses pour avoir une combinaison prix du pétrole/prix du carbone cohérente. Les projections de la Commission européenne sont élaborées à partir de « scénarios de décarbonisation » faisant varier des paramètres-clés comme les actions climatiques

entreprises aux niveaux mondial et européen, les évolutions des marchés de l'énergie, et les changements technologiques. Nous avons sélectionné les projections du scénario « action fragmentaire, prix de référence des énergies fossiles ». Ce scénario fait l'hypothèse que l'évolution des prix des énergies fossiles reflète des tendances actuelles (il ne s'agit pas d'un scénario de rupture), et que l'UE applique une stratégie de décarbonisation, mais n'est pas suivie par les autres pays. Ces derniers n'honorent que les engagements minimaux de l'Accord de Copenhague jusqu'à 2020 et ne déploient ensuite aucun effort supplémentaire. Ce scénario du contexte général européen et mondial est cohérent avec nos scénarios sur le contexte réglementaire du transport maritime, dans lesquels nous faisons l'hypothèse de la mise en œuvre d'une politique européenne de réduction des émissions de CO_2 du transport maritime en l'absence d'accord au niveau international. Le tableau 22 présente les projections sur les prix du pétrole, du gaz naturel et des permis d'émission de l'EU ETS issues du scénario « action fragmentaire, prix de référence des énergies fossiles » à l'horizon 2020.

Tableau 22 - Projection des prix du pétrole, du gaz naturel et du carbone pour l'année 2020

Année	Prix du pétrole ($\$_{2008}$/baril)	Prix du gaz ($\$_{2008}$/baril équivalent pétrole)	Prix du permis d'émission dans l'EU ETS ($€_{2008}$/tonne CO_2)
2020	88,4	62,5	16,5

Source : European Commission (2011).

A partir de cette projection sur le prix du pétrole, nous avons déduit les projections des prix des différents carburants marins. Pour cela, nous avons utilisé une relation entre prix du pétrole brut et prix de l'IFO établie par l'IMO (2010) : le prix de l'IFO à la tonne s'obtient en multipliant par un coefficient de 6,66 le prix du pétrole brut (en $\$_{2008}$/baril). Le prix du LSFO (1 %) est environ 7 % plus cher que celui de l'IFO (MEDDE, 2013). Purvin & Gertz (2009) établissent qu'en 2020, le MGO (0,1 %) devrait coûter entre 60 et 75 % plus cher que le LSFO (1 %) et que le carburant à 0,5 % devrait coûter entre 30 et 50 % plus cher que l'IFO (3,5 %). Nous retenons les valeurs intermédiaires de ces intervalles. Le tableau 23 présente les coefficients que nous avons retenus pour calculer les prix des carburants marins à partir de celui du pétrole brut. A partir des données des tableaux 22 et 23, nous déduisons des projections des prix des différents carburants marins à l'horizon 2020 (cf. tableau 24). Le prix du GNL[105] livré

[105] Il faut être prudent lorsque l'on traite du prix du GNL. Il faut tenir compte de trois éléments : l'existence de marchés régionaux du gaz naturel, les coûts liés à la logistique du GNL livré aux navires, et le contenu énergétique du GNL. L'existence de marchés régionaux implique que le prix du gaz naturel n'est pas le même entre l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie. Pour déterminer le prix du GNL en Europe, il faut faire attention à prendre en compte le prix du gaz naturel sur le marché européen. En tant que combustible pour les navires, le prix du GNL marin doit intégrer les coûts de logistique en plus du coût du GNL proprement dit. Les coûts

au navire est établi à partir du prix du gaz naturel auquel il faut ajouter des coûts de distribution (liés à la liquéfaction du gaz naturel et au transport du GNL). Germanischer Lloyd (2013) estime que les coûts de distribution du GNL s'élève à 4 dollars par million de Btu. En convertissant les unités, nous obtenons le prix à la tonne de GNL présenté dans le tableau 24.

Tableau 23 - Coefficients utilisés pour obtenir les prix des carburants marins (en $\$_{2008}$/tonne) à partir du prix du pétrole brut (en $\$_{2008}$/baril)

Type de carburant	Coefficient	Source
IFO (3,5 % max)	6,66	IMO (2010)
LSFO (1,0 %)	7,12	MEDDE (2013)
MDO (0,5%)	9,32	Purvin & Gertz (2009)
MGO (0,1 %)	11,89	Purvin & Gertz (2009)

Tableau 24 - Projection des prix des différents carburants marins pour l'année 2020

Carburant	Prix ($\$_{2008}$/tonne)
IFO (3,5 % max)	590
LSFO (1,0 %)	630
MDO (0,5%)	825
MGO (0,1 %)	1050
GNL	795

Des tests de sensibilité pour mesurer l'influence de la variation des prix des carburants et des permis d'émission sur les coûts des services maritimes

Pour tenir compte de l'incertitude relative à l'évolution des prix des carburants et des permis d'émission sur le marché européen du carbone, des tests de sensibilité seront effectués afin d'estimer la variation des coûts d'un service maritime à la suite d'une variation de la valeur des prix des carburants et des permis d'émission. Les tests de sensibilité seront réalisés *ceteris paribus* (« toutes choses égales par ailleurs »), c'est-à-dire qu'ils examinent l'influence de la variation d'une seule variable (prix d'un type de carburant ou prix des permis d'émission) sur les coûts du service maritime, en figeant toutes les autres variables.

logistiques représentent une part non négligeable du prix du GNL livré à bord. Ils varient en fonction des quantités à livrer, du mode de transport du GNL, et de la distance entre le point de livraison et le terminal GNL de chargement (Jouffray et al., 2013). Enfin, une tonne de GNL a un contenu énergétique supérieur à une tonne de carburant classique. La consommation en tonnes de carburant d'une propulsion au GNL est donc inférieure à celle d'une propulsion classique. Il faut donc comparer les prix du GNL, de l'IFO et du MGO sur la base du contenu énergétique des carburants.

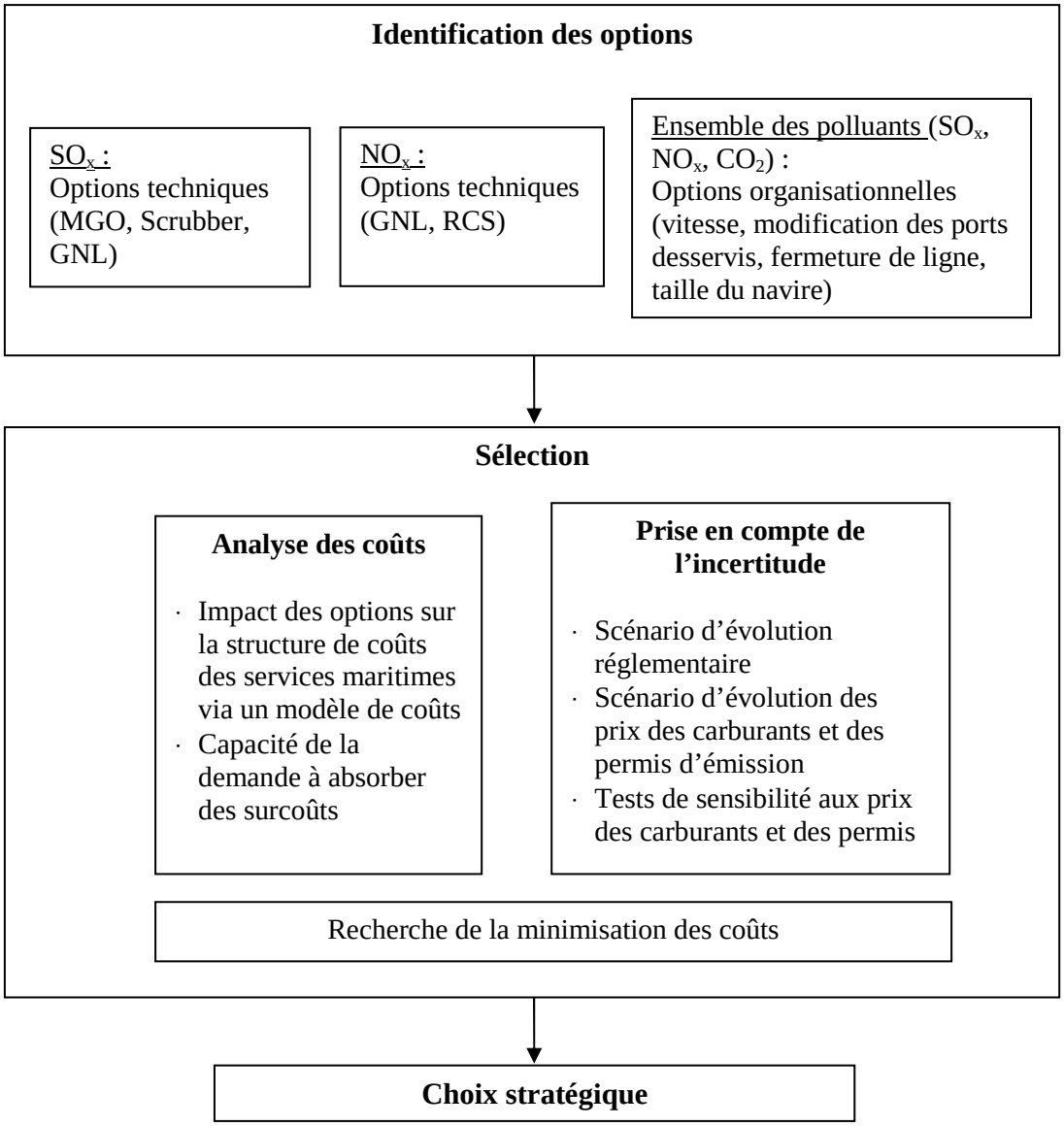
2.3.4 Une sélection des options fondée sur la minimisation des coûts

Nous avons expliqué en sous-section 2.1 que le choix stratégique est le résultat d'une pondération entre les coûts des options stratégiques, la prise en compte de l'incertitude et de critères non financiers. Dans le cadre de notre méthodologie, nous ne prenons pas en compte les critères non financiers en dépit de leur importance dans la prise de décision. La raison de ce choix est que le poids des différents critères dans la décision est spécifique à chaque compagnie : c'est parce que les firmes ont des appréciations différentes des critères qu'elles auront des positionnements différents, ne permettant pas une analyse générale du choix stratégique. Or, comme précisé en sous-section 1.1, notre analyse des choix vise à s'appliquer pour toutes les firmes sur un même marché : nous ne prenons pas en compte les spécificités internes des compagnies qui pourraient expliquer des comportements différenciés. C'est pourquoi, nous supposons que la sélection des options stratégiques est guidée par la recherche de la minimisation des coûts dans les scénarios considérés.

2.3.5 Synthèse

Reprenant la représentation du processus d'élaboration du choix stratégique donnée en figure 21, la figure 23 propose une représentation de notre méthodologie d'analyse du choix stratégique à partir des différents éléments présentés ci-dessus.

Figure 23 - Notre approche méthodologique du choix stratégique



Réalisation : M. Doudnikoff.

3. Une application à deux marchés du transport maritime

3.1 La nécessité d'une approche par marché maritime

Après avoir présenté dans ce chapitre notre méthodologie générale, les chapitres suivants visent à mettre celle-ci en application pour analyser les choix stratégiques des armateurs et leurs

effets possibles sur l'offre de transport maritime. L'accent est mis sur l'offre plutôt que sur la demande car notre perspective d'étude est le choix des armateurs, plutôt que celui des chargeurs. La demande de transport maritime n'est considérée qu'à travers une appréciation de la capacité des chargeurs à supporter des hausses de coûts du transport maritime et l'impact que cela peut avoir sur l'offre via le maintien ou non des services maritimes.

Comme précisé en introduction générale, cette thèse porte plus particulièrement sur l'impact des politiques de réduction des émissions sur le transport maritime de lignes régulières. Les navires des lignes régulières consomment plus d'énergie par tonne-km que les autres types de navires, en raison notamment de leur vitesse de service élevée (cf. tableau 25). Par ailleurs, les lignes régulières offrent des possibilités de substitution d'escales, ce qui nous permettra de tester l'option de modification des ports desservis présentée précédemment (§ 1.2.4), une option particulièrement intéressante à considérer de par l'existence de périmètres géographiques dans la réglementation sur les émissions.

Tableau 25 - Vitesse moyenne et efficacité énergétique moyenne (gep[1]/tonne-km) des différentes catégories de navire

Type de transport maritime	Vitesse moyenne en 2007 (nœuds)	gep[1]/tonne-km en 2007
Pétrolier > 10 000 tpl	14,5 - 15,4	0,9 – 3,0
Vraquier > 10 000 tpl	14,4	0,8 – 2,6
General cargo > 5 000 tpl	13,4 - 15,4	3,9 - 5,1
Porte-conteneurs > 1000 evp	**19,0 - 25,3**	**4,0 – 10,4**
Roulier >2000 ml	**19.4**	**16,4**

[1]gep : gramme équivalent pétrole.
Tous les chiffres ci-dessus incluent la part de voyage à vide.
Calculé à partir de Buhaug et al. (2009).

Comme mis en évidence dans le chapitre 1 (§ 1.1.2), il n'existe pas un marché de transport maritime uniforme, mais un grand nombre de marchés avec des fonctionnements et des structures de coûts différents. Par marché maritime, nous désignons la demande et l'offre pour un type de transport maritime (transport conteneurisé, transport roulier, etc.) entre des origines d'une aire géographique et des destinations d'une autre aire géographique (par exemple entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est, ou entre la France et le Royaume-Uni). En conséquence, les choix stratégiques ne seront vraisemblablement pas les mêmes d'un marché maritime à l'autre, et ce d'autant plus qu'ils ne seront pas couverts de la même manière par les périmètres des politiques. Une étude approfondie par marché s'impose alors.

Nous avons fait le choix d'étudier un marché de lignes régulières de courte distance situé en Europe du Nord et un marché de lignes régulières au long cours desservant l'Europe du Nord. Ce choix permet de couvrir deux types d'enjeux :

- pour le marché de courte distance en Europe du Nord, entièrement localisé dans les périmètres des différentes politiques, il s'agit de l'enjeu de la mise en conformité à la fois à la politique « soufre » en zone SECA, à la politique européenne sur les émissions de CO_2 (intégration du transport maritime dans le marché européen du carbone), et à la politique « NO_x » en NECA (cf. § 2.3.3 pour la définition des scénarios réglementaires envisagés) ;

- pour le transport maritime au long cours, il s'agit de l'enjeu de la prise en compte de différents périmètres (zone SECA, zone NECA, périmètre européen du carbone) couvrant partiellement les services maritimes.

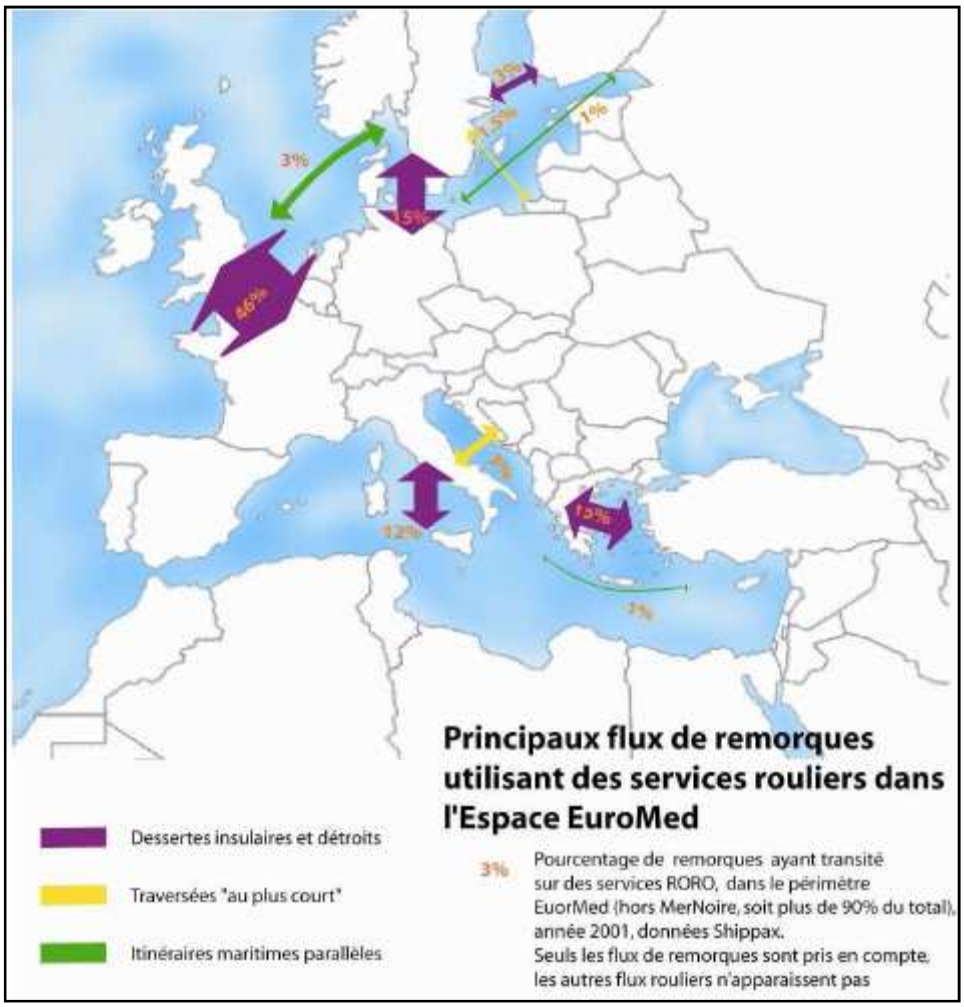
3.2 L'étude d'un marché du transport maritime de courte distance : le marché roulier transmanche

Nous avons choisi le marché roulier de poids lourds routiers et de véhicules particuliers avec leurs passagers entre la France et le Royaume-Uni, ou marché transmanche, comme étude de cas d'un marché de lignes régulières de courte distance. Il s'agit de l'un des principaux marchés de transport roulier en Europe. La figure 24 rappelle que le transport roulier de courte distance permet de réaliser trois sortes de desserte : les dessertes insulaires, réalisées ou non au niveau des détroits[106] ; les traversées « au plus court », qui permettent de réduire considérablement la distance parcourue par rapport aux itinéraires terrestres en raison de configurations géographiques particulières ; et les itinéraires maritimes parallèles aux côtes. Le marché roulier transmanche fait évidemment partie de la première catégorie de desserte. Les traversées sont réalisées au niveau du détroit du Pas de Calais, concurrencées par les navettes ferroviaires empruntant le lien fixe du tunnel sous la Manche, ainsi qu'au niveau de la Manche Ouest, reliant les ports bretons et normands aux ports de la côte sud de l'Angleterre. Ces services sont entièrement situés en zone SECA, ainsi que dans le périmètre d'un futur instrument de marché européen du carbone et dans une future zone NECA en Manche. Très sensible à l'état de l'économie britannique et très concurrentiel (avec une concurrence à la fois entre les services maritimes et entre les modes de transport maritime et ferroviaire), c'est un marché qui connaît

[106] Ce type de desserte a été pendant longtemps captive du transport maritime. C'est moins vrai aujourd'hui sur certaines dessertes avec la mise en service de liens fixes au niveau des détroits, comme le tunnel sous la Manche en 1994, le pont du Grand Belt en 1998, et le pont de l'Oresund en 2000.

régulièrement des à-coups l'amenant à se réajuster. Le chapitre 5 examinera si les politiques de réduction des émissions constitueront un à-coup majeur pour ce marché pouvant amener à une reconfiguration de l'offre.

Figure 24 - Principaux flux de remorques utilisant des services rouliers en Europe en 2001



Source : Dubreuil, 2003.

3.3 L'étude d'un marché du transport maritime au long cours : le transport conteneurisé entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est

Nous avons choisi le marché du transport maritime conteneurisé entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est, comme étude de cas d'un marché de lignes régulières au long cours. Il s'agit de la deuxième route conteneurisée en volume au monde (cf. tableau 26). Cette route maritime sera

en partie en SECA, en partie en NECA (Manche, Mer du Nord, Baltique) et en partie dans le périmètre européen d'un instrument de marché du carbone.

Comme le rappelle Frémont (2005), à la différence des flux de vrac, le choix des ports dans les chaînes de transport conteneurisées « n'est pas nécessairement déterminé par leur proximité par rapport aux destinations initiales ou finales », grâce au potentiel intermodal du conteneur et à la technique du hub qui multiplie les alternatives d'acheminement d'un point à l'autre. Les ports sont dès lors comme « des pions dans un jeu » (Slack, 1993), qui peuvent être substitués au gré des intérêts des opérateurs. Le chapitre 6 tentera notamment de déterminer si l'existence des périmètres SECA, NECA et « carbone » peut amener à des reconfigurations des réseaux maritimes conteneurisés.

Tableau 26 - Echanges maritimes conteneurisés en 2012 pour les trois grands flux Est-Ouest, quelques grands flux Nord-Sud, Sud-Sud et intra-Asie en millions d'EVP, et évolution 2011-2012 en pourcentage

Orientation	Route	2012	Evolution 2011-2012
Est-Ouest	Asie / Europe	20,0	+ 1,4 %
	Asie / Amérique du Nord	20,2	+ 6,3 %
	Europe / Amérique du Nord	6,3	+ 1,6 %
Nord-Sud	Europe / Afrique	0,8	+ 9,5 %
Sud-Sud	Asie / Afrique	2,1	+ 11,7 %
	Asie / Amérique du Sud	2,8	+ 2,5 %
	Asie du Nord-Est / Océanie	2,6	+ 11,4 %
Intra-Asie	Asie de l'Est / Moyen Orient et Asie du Sud	10,2	+ 5,9 %
	Asie du Nord / Asie du Sud-Est	4,0	+ 8,2 %

Sources : UNCTAD, 2013 ; Containerisation International May 2013 ; Containerisation International December 2013.

Conclusion

C’est dans une vision large de la stratégie, comme décision déterminante pour l’entreprise et n’impliquant pas forcément de recherche d’avantage concurrentiel durable, que nous nous situons. Cette approche, mettant l’accent sur la décision stratégique, permet d’explorer, de manière prospective, les choix s’offrant aux compagnies pour faire face aux politiques de réduction des émissions qui suscitent un changement de leur environnement réglementaire.

Quatre types de choix stratégiques comportant diverses options possibles ont été identifiés : le choix de la non-conformité, le choix d’une stratégie politique, le choix de mesures techniques sur le navire, et le choix de mesures organisationnelles sur les lignes maritimes. Notre analyse ne retient que les choix techniques et organisationnels. De manière générale, le choix stratégique résulte d’une pondération entre les coûts des options, la prise en compte de l’incertitude et de critères non financiers. Nous avons proposé dans ce chapitre une méthodologie d’analyse du choix stratégique reposant sur :

- l’étude des impacts des options techniques et organisationnelles sur la structure de coûts des services maritimes via un modèle de coûts,

- la constitution de scénarios réglementaires, et de projections des prix des carburants et des permis d’émission du marché européen du carbone à l’horizon 2020,

- et une hypothèse de sélection des options guidée avant tout par la recherche de la minimisation des coûts.

Il s’agit dans les prochains chapitres de mettre en application cette méthodologie à deux marchés maritimes de lignes régulières : le transport maritime roulier transmanche et le transport conteneurisé entre l’Europe du Nord et l’Asie de l’Est.

Chapitre 5

Une étude de cas des choix stratégiques des armateurs du transport roulier transmanche

Ce chapitre constitue la mise en application de la méthodologie développée dans le chapitre précédent au transport maritime roulier de poids lourds et de véhicules particuliers avec leurs passagers entre la France et le Royaume-Uni. Il s'agit de comprendre les répercussions sur l'offre de transport maritime que pourraient avoir les choix stratégiques des armateurs confrontés aux politiques de réduction de leurs émissions. La première section présente le marché transmanche et dresse un état de sa situation concurrentielle. La deuxième section étudie les impacts de différentes options stratégiques sur la structure de coûts de services maritimes illustratifs de ce marché dans les différents scénarios réglementaires présentés en chapitre 4. Enfin, à partir de la connaissance fine du marché développée en première section et des résultats obtenus dans la seconde, la troisième section dépeint l'évolution possible de l'offre de transport roulier transmanche.

1. Le marché transmanche, espace de concurrences interrégionale et intermodale

La Manche constitue un obstacle à la circulation terrestre de personnes et de marchandises entre le Royaume-Uni et l'Europe continentale, que les liaisons maritimes transversales et le lien fixe du tunnel sous la Manche cherchent à effacer. Cette section offre un panorama du marché du transport de passagers et de fret traversant la Manche.

1.1 Le transport de fret et de passagers entre le Royaume-Uni et le continent

Il existe plusieurs alternatives pour le transport de marchandises et de passagers entre le Royaume-Uni et le continent. Le transport de fret (hors vracs) peut être réalisé :

- par camions utilisant les services des transporteurs maritimes rouliers. Les navires peuvent être des ferrys mixtes fret et passagers, ou des purs fréteurs. En 2012, 2,9 millions de poids lourds (accompagnés et non accompagnés) ont emprunté des navires rouliers entre le Royaume-Uni et l'Europe continentale, dont 2,2 millions entre le Royaume-Uni et la France (IRN, 2013a) ;

- par camions empruntant les services ferroviaires de navettes camions passant dans le tunnel sous la Manche. Les navettes ferroviaires sont exploitées par Eurotunnel, qui est aussi le gestionnaire de l'infrastructure du tunnel et des deux terminaux de Folkestone et Coquelles. En 2012, les navettes camions ont été empruntées par 1,5 millions de poids lourds (IRN, 2013a) ;

- par trains de marchandises passant dans le tunnel sous la Manche. 2 325 trains de marchandises y ont circulé en 2012, transportant 1,2 million de tonnes de marchandises (Eurotunnel, 2013a). Le réseau ferroviaire du tunnel est emprunté par des trains intermodaux transportant des conteneurs et des caisses mobiles, des trains conventionnels transportant des marchandises sur palettes dans des wagons fermés, des trains transportant du vrac dans des wagons adaptés (trémies, citernes, etc.) et des trains spécialisés pour le transport de voitures neuves (Eurotunnel, 2013b) ;

- par navires Lo-Lo[107] en mer du Nord, transportant des conteneurs et des colis conventionnels.

Les passagers de leur côté peuvent emprunter :

- les services maritimes rouliers avec ou sans leur véhicule particulier. Ces services ont transporté 16 millions de passagers en 2012 entre le Royaume-Uni et l'Europe continentale, dont 14,3 millions entre le Royaume-Uni et la France (IRN, 2013b) ;

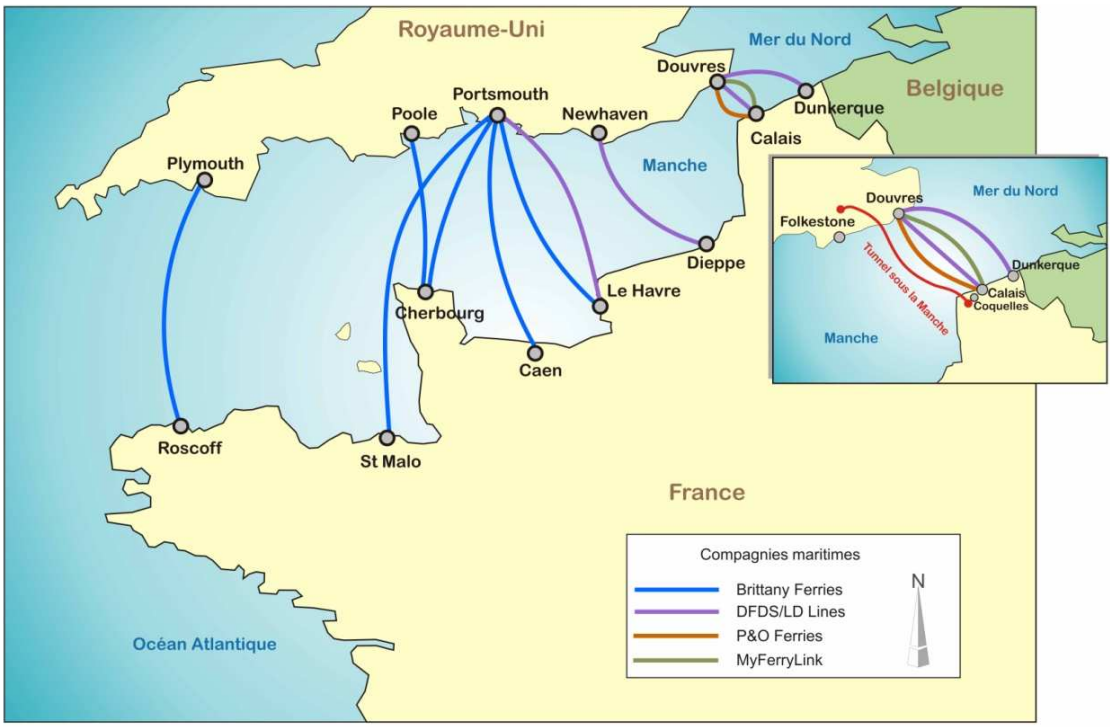
- les services ferroviaires de navettes passagers exploitées par Eurotunnel (« Le *Shuttle* »), avec leur véhicule particulier. En 2012, les navettes ont été empruntées par 10 millions de passagers (IRN, 2013b) ;

[107] Les navires Lo-Lo désignent les navires à manutention verticale. Le terme vient de *lift on/lift off*, par opposition à la technique Ro-Ro (*roll on/roll off*) des rouliers qui consiste à charger et décharger la marchandise en la faisant rouler dans le garage du navire.

- les trains de voyageurs Eurostar (société détenue majoritairement par la SNCF) entre Londres, Paris et Bruxelles. Eurostar a transporté 9,9 millions de voyageurs en 2012 (IRN, 2013b) ;

- les liaisons aériennes traditionnelles ou *low cost*, qui proposent de nombreuses dessertes. Les services aériens ont transporté 105 millions de personnes entre le Royaume-Uni et l'Europe en 2012, dont 10,2 millions de passagers entre le Royaume-Uni et la France (IRN, 2013b).

Figure 25 - Les services maritimes rouliers entre la France et le Royaume-Uni en 2013



Réalisation : CETE de l'Ouest, 2013.

Un certain nombre de services maritimes rouliers sont proposés entre la France et le Royaume-Uni dans une rangée allant de Dunkerque à Roscoff en France et de Douvres à Plymouth au Royaume-Uni (cf. figure 25). On distingue la Manche Ouest, comprenant les routes maritimes reliant les ports de la côte sud de l'Angleterre et les ports français bretons et normands à partir de Dieppe, et le détroit, plus court passage vers le Royaume-Uni avec ses liaisons maritimes entre Calais, Dunkerque et Douvres, concurrencées par le lien fixe du tunnel sous la Manche entre Coquelles et Folkestone. Ces diverses liaisons de la Manche Ouest et du détroit constituent ce que nous appelons par la suite le marché « transmanche ». Le Royaume-Uni est aussi lié à l'Europe continentale par des services rouliers en mer du Nord, reliant des ports de la côte est du Royaume-Uni et des ports belges et néerlandais, ainsi que par des liaisons sur l'axe transgascogne entre la côte sud de l'Angleterre et l'Espagne. Les flux de poids lourds et de

véhicules particuliers avec leurs passagers entre le Royaume-Uni et le continent sont concentrés sur les liaisons du détroit : en 2012, 79 % du fret et 82 % des passagers sont passés par les ferrys et les navettes ferroviaires du détroit (IRN, 2013a, 2013b).

Les flux de passagers et de marchandises sont déséquilibrés entre le Royaume-Uni et le continent. Le déficit commercial du Royaume-Uni implique en effet de nombreux retours à vide pour le fret, et les passagers qui traversent la Manche sont majoritairement Britanniques. En conséquence, le marché de fret et de passagers entre le Royaume-Uni et le continent est très sensible au contexte macroéconomique (croissance économique et taux de change livre sterling/euro) qui conditionne la demande de produits européens des Britanniques et leur consommation de séjours via leur pouvoir d'achat.

1.2 Analyse concurrentielle

L'étude de la substituabilité de l'offre de transport permet d'établir la situation concurrentielle et de délimiter les segments de marché. Le marché du transport de fret et de passagers entre la France et le Royaume-Uni est structuré par des contraintes géographiques et techniques.

1.2.1 Le marché du fret

D'un point de vue modal, le transport routier de fret entre la France et le Royaume-Uni est peu contraint par la concurrence des trains de marchandises et des navires Lo-Lo.

Le transport routier empruntant les navettes camions et les services maritimes rouliers est en effet faiblement substituable aux trains de marchandises passant dans le tunnel, en raison des contraintes propres au mode ferroviaire (manque de souplesse et de fiabilité, complexité des transports transfrontaliers par rail en Europe). En revanche, les trains intermodaux et les trains conventionnels subissent la concurrence du transport routier empruntant les navettes ou les services rouliers. Les trafics de trains de marchandises passant par le tunnel sous la Manche sont d'ailleurs assez faibles au regard des trafics de navettes ferroviaires : la capacité du tunnel utilisée par les trains de marchandises ne représente en 2012 qu'un vingtième de celle utilisée par les navettes camions (Eurotunnel, 2013a).

D'autre part, la substituabilité est quasiment nulle entre le transport par navire Lo-Lo et le transport routier empruntant les navettes camions ou les rouliers. En effet, les navires Lo-Lo sont composés de navires feeder et de services mixtes conteneurs/conventionnel. Les navires feeders effectuent la collecte ou la distribution au sein de l'Europe des flux conteneurisés passant par les ports principaux, prolongation intracontinentale des maillons maritimes intercontinentaux, tandis que le transport routier entre le continent et le Royaume-Uni achemine essentiellement les importations britanniques de produits européens et les exportations britanniques vers l'Europe continentale. Il s'agit donc de finalités et de modes d'organisation du transport différents. Les services mixtes conteneurs/conventionnel réalisant du transport intra-européen opèrent quant à eux en Mer du Nord et ne sont pas présents sur la Manche.

Le transport de fret réalisé par camions entre la France et le Royaume-Uni n'est donc pas contraint par la concurrence des trains de marchandises et des navires Lo-Lo. En revanche, la substituabilité est forte entre les navettes camions et les services maritimes rouliers du détroit. Cette substituabilité n'est pas absolue car les navettes d'Eurotunnel, à la différence des navires rouliers, ne peuvent pas transporter certains produits dangereux pour des raisons de sécurité, ni certains gabarits de poids lourds du fait de leur exiguïté, ni le fret non accompagné. Cette segmentation n'est néanmoins pas décisive car ces trafics représentent seulement 2 %[108] du trafic fret total passant par le détroit. De sorte que sur la plus large part du marché du transport de poids lourds traversant la Manche, les services de navettes et de navires rouliers sont substituables. Les déterminants de la concurrence sont alors les prix pratiqués et les qualités intrinsèques à chaque mode que nous présentons dans la prochaine sous-section.

D'un point de vue géographique, les services maritimes de la Manche Ouest sont essentiellement empruntés par les trafics de fret entre le Royaume-Uni et les régions françaises, espagnoles et portugaises situées à l'ouest d'une ligne de partage allant de Dieppe à Perpignan. Les trafics reliant le Royaume-Uni à l'est de cette ligne empruntent pour leur part les services du détroit. Cette ligne de partage ne fonctionne néanmoins que dans un seul sens : les trafics de l'ouest ne sont pas captifs de la Manche Ouest puisque une part importante de ces trafics emprunte les services du détroit, sans que l'inverse ne se vérifie. Ainsi, 40 % des flux de fret ayant pour origine ou destination les régions françaises à l'ouest de cette ligne utilisent les services du détroit, ainsi que 70 % des trafics de la péninsule ibérique (Franc et Doudnikoff, 2013). La concurrence est donc asymétrique entre les marchés de la Manche Ouest et du détroit : les lignes de la Manche Ouest ne sont pas un substitut des services du détroit en raison de leur

[108] Le fret non accompagné ne représente que 1,3 % des trafics du détroit (IRN, 2013a), et les trafics dangereux ou de gabarit non adapté aux navettes moins de 1 % (Autorité de la concurrence, 2012).

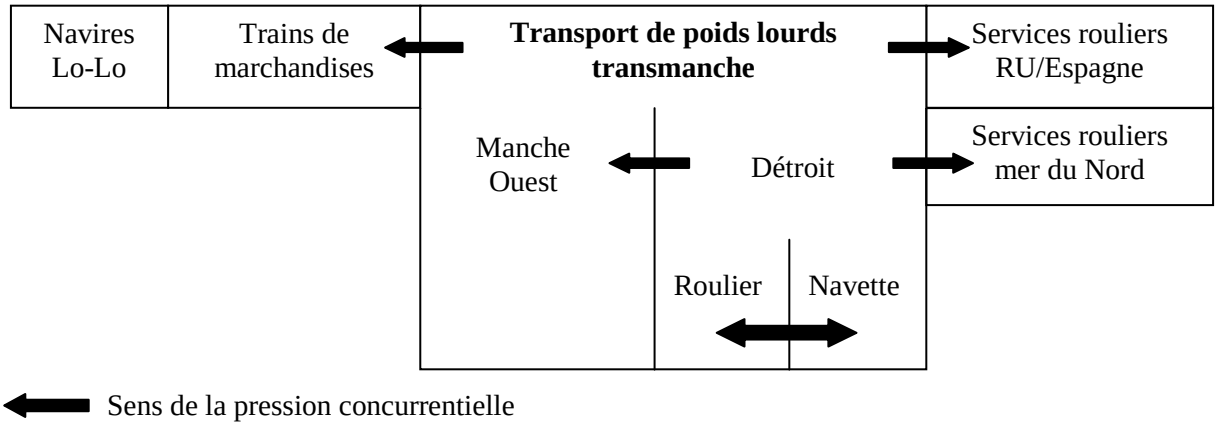
temps de traversée plus longs, de leurs fréquences moins élevées, et de leur position géographique excentrée. En revanche, les opérations de transport réalisées sur la Manche Ouest sont contraintes par la concurrence des services proposés sur le détroit. Le détroit (ferry et navette) concentre d'ailleurs une grande part des flux de poids lourds entre la France et le Royaume-Uni : en 2012, 94 % de ces flux ont emprunté le détroit (soit 3,4 millions de poids lourds), contre 6 % pour la Manche Ouest (soit 204 000 poids lourds) (IRN, 2013a).

Une analyse similaire peut être faite pour la concurrence entre les services rouliers de la mer du Nord et du détroit. Les services de la mer du Nord sont empruntés par des flux belges, néerlandais, allemands et d'Europe de l'est, mais une part significative de ces flux utilise les routes courtes du détroit. Concernant les flux de la péninsule ibérique, l'essentiel de ces flux traverse la France pour rejoindre le Royaume-Uni par la Manche Ouest ou le détroit. Seuls environ 11 %[109] des flux de poids lourds de la péninsule ibérique empruntent les liaisons directes Espagne/Royaume-Uni, en raison du temps de la traversée et des fréquences peu élevées des services (entre un et trois départs par semaine).

A partir de cet examen sur la substituabilité de l'offre de transport, nous pouvons considérer le marché du transport de poids lourds transmanche comme un segment de marché à part entière, puisqu'il est peu ou pas contraint par la concurrence des trains de marchandises, des navires Lo-Lo, ni par celle des services rouliers de la mer du Nord et transgascogne. A l'intérieur du marché transmanche, nous avons mis en évidence une double concurrence : une concurrence géographique asymétrique entre les services de la Manche Ouest et ceux du détroit, et une concurrence modale entre les navettes ferroviaires et les services maritimes sur le détroit. La figure 26 résume cette analyse.

[109] Pourcentage calculé à partir des données de trafics de IRN (2013a) et de CETE Méditerranée (2013).

Figure 26 - Analyse concurrentielle du marché de transport de poids lourds entre la France et le Royaume-Uni



Réalisation : M. Doudnikoff.

1.2.2 Le marché des passagers

Le marché des passagers peut se décomposer en un marché des transports collectifs (Eurostar, avion) et un marché des transports individuels (par voiture empruntant les ferrys et les navettes ferroviaires). Les marchés ferry/navette, avion et Eurostar ne sont pas parfaitement substituables, car pour la plupart des passagers voyageant par ferry ou navette, embarquer leur véhicule à bord est d'une importance majeure. Les compagnies aériennes concurrencent les services maritimes et les navettes passagers sur le segment des séjours de loisir de courte durée. Les services Eurostar opèrent principalement sur le marché de transport de passagers voyageant sans leur véhicule entre Paris et Londres et entre Bruxelles et Londres.

Pour le transport de passagers et leur véhicule, la substituabilité est forte entre les navettes passagers d'Eurotunnel et les ferrys du détroit. Cette substituabilité n'est toutefois pas parfaite car l'agrément du transport n'est pas le même entre la traversée quasi routière des navettes ferroviaires et la « mini-croisière » proposée par les transporteurs maritimes. La notion d'agrément est importante dans la formation des préférences des passagers. Tandis que certains passagers privilégient la seule fonction utilitaire du transport, d'autres sont sensibles à l'agrément du transport.

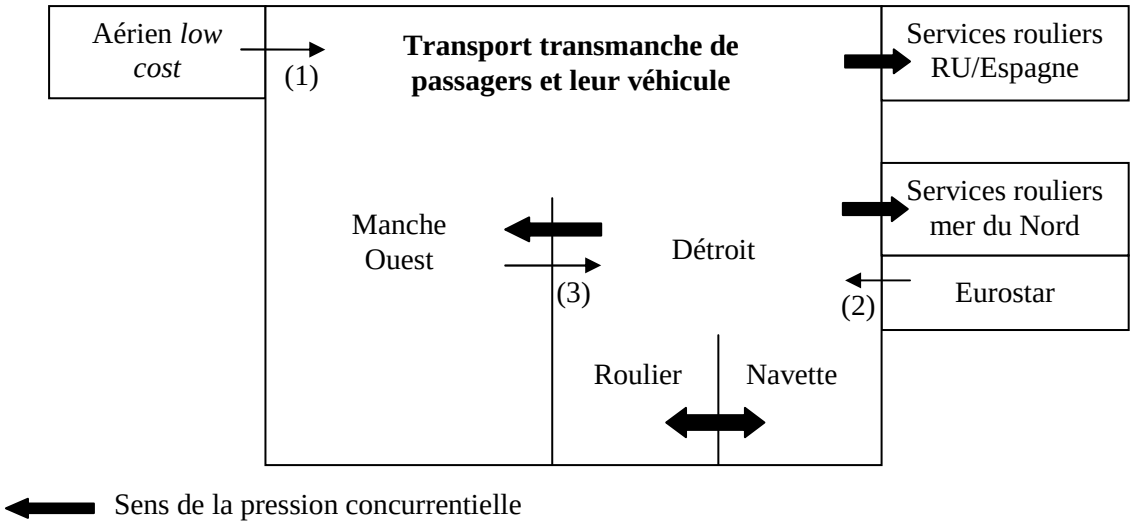
On retrouve dans le marché des passagers la même segmentation géographique que celle décrite dans le marché du fret. Les services de la Manche Ouest sont empruntés essentiellement par des Britanniques se rendant dans l'ouest de la France, tandis que les passagers utilisant les services du détroit se rendent en majorité dans la région Nord-Pas-de-Calais, en Belgique, en Allemagne et dans le sud de la France (IRN, 2013b). Néanmoins, les régions touristiques plus

proches de la Manche Ouest que du détroit sont alimentées de manière significative par les services ferry et navette du détroit, puisqu'environ 47 % des passagers se rendant en voiture en Bretagne, 65 % de ceux allant en Normandie, et 78 % de ceux allant en Aquitaine empruntent les services du détroit (calculés à partir de IRN, 2013b). En revanche, aucun passager se rendant dans le Nord-Pas-de-Calais, en Belgique et en Allemagne ne passe par la Manche Ouest (IRN, 2013b). On retrouve donc une asymétrie de la concurrence entre Manche Ouest et détroit. Néanmoins, cette asymétrie est moins forte que pour le fret en raison de la dimension de l'agrément du transport qui entre en compte dans les choix des passagers. En effet, l'inconfort lié à la réalisation d'un détour par la route pour emprunter un service du détroit et la qualité du service à bord des ferrys de la Manche Ouest permettent à ces services de disposer d'une clientèle plus haut de gamme, prête à payer la traversée plus chère, ce qui atténue la substituabilité de la Manche Ouest par rapport au détroit.

De même que pour le marché du fret, il existe pour le marché des passagers une asymétrie de concurrence entre le détroit et les routes de la mer du Nord, et entre le transmanche et les liaisons maritimes Royaume-Uni/Espagne.

A partir de cet examen sur la substituabilité de l'offre de transport, nous pouvons considérer le marché du transport transmanche de passagers et leur véhicule comme un segment de marché à part entière, puisqu'il n'est contraint par la concurrence de l'aérien *low cost* et de l'Eurostar que sur des segments de marché spécifiques (court séjour et transport entre capitales). Au sein du marché transmanche de passagers, on retrouve la même double concurrence mise en avant pour le marché du fret : une concurrence modale entre les navettes ferroviaires et les services maritimes sur le détroit, et une concurrence géographique entre les services de la Manche Ouest et du détroit. Cette dernière est toutefois « moins » asymétrique que pour le fret car on peut considérer que la Manche Ouest exerce une pression concurrentielle sur le détroit pour le segment des passagers haut de gamme se rendant dans l'ouest de la France. La figure 27 propose une représentation de cette analyse.

Figure 27 - Analyse concurrentielle du marché de transport de passagers avec leur véhicule entre la France et le Royaume-Uni



(1) Segment des courts séjours
(2) Segment du transport de passagers entre capitales
(3) Segment des passagers se rendant dans l'ouest de la France et recherchant une qualité de service à bord
Réalisation : M. Doudnikoff.

1.3 L'offre de transport du marché transmanche

Après avoir délimité le marché transmanche, nous explorons plus en détail l'offre des deux sous-marchés géographiques qui le composent, le détroit et la Manche Ouest. Si ces deux marchés présentent des caractéristiques différentes, ils ont en commun de connaître une surcapacité chronique.

1.3.1 Le détroit : un marché très concurrentiel et en surcapacité

Plusieurs opérateurs se partagent le marché du détroit :

- Eurotunnel, opérateur de transport avec son service de navettes ferroviaires composé de navettes passagers (« *Le Shuttle* ») et de navettes camions. Eurotunnel est aussi présent en mer par sa flotte affrétée par MyFerryLink ;

- MyFerryLink, compagnie maritime ayant succédé à SeaFrance qui a fait faillite en 2012. La création de MyFerryLink s'est opérée au travers d'un montage original : Eurotunnel, via sa filiale Euro-Transmanche 3, a procédé à l'acquisition de trois navires de SeaFrance qu'elle frète

à MyFerryLink, société coopérative et participative (SCOP). La SCOP réalise les traversées et les revend à la filiale Euro-Transmanche 2 d'Eurotunnel qui commercialise elle-même les traversées, détermine la stratégie commerciale, fixe le prix de vente et porte le risque commercial ;

- DFDS Seaways, armement maritime également présent en mer du Nord. Cette compagnie offre des services entre Calais et Douvres, et entre Dunkerque et Douvres ;

- P&O Ferries, présent aussi sur les routes de mer du Nord. Avec cinq navires dont deux ferrys géants, cet opérateur domine les traversées maritimes du détroit.

Tableau 27 - L'offre sur le détroit en 2013

Ligne	Opérateur	Durée de la traversée	Nombre de navires / navettes	Fréquence	Prix de vente pour un véhicule et ses passagers[a]	Prix de vente par camion[b]
Calais Douvres	P&O	1h30	5	23 AR/j	Entre 27€ et 99€	150€
	DFDS	1h30	2	10 AR/j	Entre 23€ et 79€	150€
	MFL	1h30	3	12 AR/j	Entre 23€ et 94€	150€
Dunkerque Douvres	DFDS	2h	3	12 AR/j	Entre 23€ et 79€	ad
Coquelles Folkestone	Eurotunnel	35 min	15 navettes camions, 9 navettes passagers	Entre 36 et 73 AR/jour pour les navettes passagers	Entre 80 et 200€	185€

ad : absence de données.
[a] Source : reconstitution à partir de simulations d'achat de traversées sur internet.
[b] Source : reconstitution à partir de données d'entretiens auprès de transporteurs routiers et des compagnies maritimes opérant sur le transmanche. Il s'agit d'un prix moyen négocié.

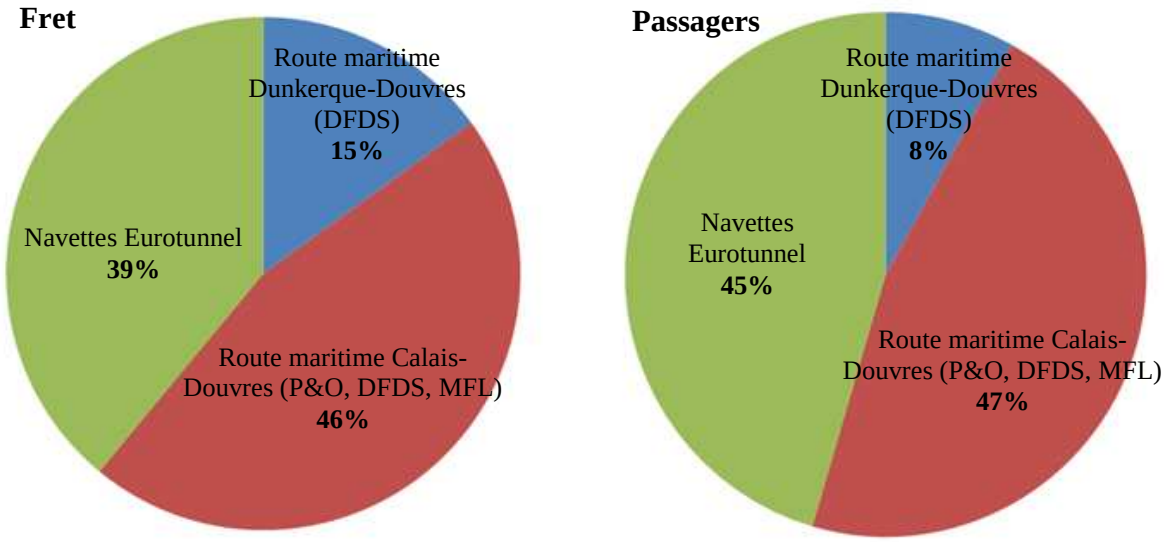
Le tableau 27 propose un résumé de l'offre sur le détroit en 2013. L'offre de navettes d'Eurotunnel se différencie des services maritimes par leur fréquence supérieure et la rapidité de la traversée. Sa politique tarifaire, avec des prix plus élevés que les traversées maritimes, reflète ces avantages. La politique tarifaire dépend aussi du type de transport (fret ou passagers) :

- pour les passagers, quel que soit l'opérateur, le tarif concerne un véhicule et tous ses passagers. Le système de tarification calcule et fait varier le prix de vente des billets en fonction de l'heure de départ, de la durée du séjour (les séjours courts sont moins chers) et du taux de remplissage. Cette tarification dynamique vise à optimiser les revenus en fonction des volumes ;

- pour le fret, les tarifs sont négociés annuellement avec les transporteurs en fonction des volumes. Les clients occasionnels ont aussi accès aux services de navettes camions et de ferrys mais avec un tarif plus élevé. Le prix des traversées maritimes inclut une surcharge carburant d'environ 15€.

La figure 28 présente les parts de marché des opérateurs en 2013. La conjoncture s'est révélée meilleure en 2013 que les années précédentes sous l'effet de la reprise de l'économie britannique, avec une hausse de 2 % du trafic de passagers et de 1,5 % du trafic de fret pour l'ensemble du détroit par rapport à 2012 (Le Marin, 31/01/2014). Sur la période 2007-2012, les services rouliers du détroit ont perdu 17 % de trafic passagers, alors que les navettes ferroviaires passagers ont enregistré une hausse de 5 % (IRN, 2013b). Pour le fret, les services rouliers ont perdu 18 % de trafic entre 2007 et 2012 tandis que les navettes camions d'Eurotunnel en ont gagné 3,6 % (IRN, 2013a ; Le Marin, 17/12/2010 ; Eurotunnel, 2009).

Figure 28 - Part de marché fret et passagers des opérateurs sur le détroit en 2013



Source : Le Marin, 31/01/2014.

Le marché du détroit est en surcapacité, se traduisant par des taux d'utilisation des navires et des navettes estimés entre 50 % et 60 % sur l'ensemble des lignes en 2013 (Franc et Doudnikoff, 2013). Dans ce contexte, la concurrence est vive, donnant lieu à une guerre tarifaire. Si la surcapacité est inhérente au fonctionnement du marché transmanche (du fait de la nécessité de répondre à la demande aux périodes de pointe tout en maintenant à tout moment un certain niveau de fréquence), les taux d'utilisation actuels et les prix pratiqués rendent difficile pour les compagnies de ferrys l'atteinte de l'équilibre économique. Les compagnies DFDS et

MyFerryLink sont ainsi déficitaires sur leurs services du détroit en 2013 (DFDS, 2014 ; Eurotunnel, 2014).

La situation est différente pour les navettes ferroviaires d'Eurotunnel qui n'ont pas la même structure de coûts que les compagnies maritimes avec des coûts fixes très importants et des coûts variables faibles. Or, Eurotunnel possède d'autres sources de revenus que les navettes, avec les péages perçus pour le passage dans le tunnel de l'Eurostar et des trains de marchandises, lui permettant de couvrir une partie de ses coûts fixes. En outre, les navettes ferroviaires présentent des conditions d'exploitation lui offrant plus de souplesse en matière de gestion de la capacité que les opérateurs de ferry. En effet, les navettes sont réservées uniquement au transport de véhicules particuliers et de leurs passagers, ou uniquement au transport de poids lourds. Le service fret est donc indépendant du service de passagers soumis aux affluences touristiques saisonnières, contrairement aux ferrys qui utilisent des navires mixtes transportant des passagers et des marchandises (hormis quelques navires fréteurs qui ne transportent que des marchandises). En outre, les navettes camions ont une capacité de 31 à 32 camions, et les navettes passagers une capacité de 180 voitures. Eurotunnel a la possibilité de procéder à des réductions de capacité d'importance limitée en supprimant des navettes, sans altérer beaucoup la fréquence des départs. C'est un avantage par rapport aux ferrys dont les grandes dimensions font que la capacité se divise en parts beaucoup plus substantielles, et qui ne peuvent donc procéder à des réductions de capacité pendant les périodes creuses tout en maintenant de la fréquence.

Nous avons évoqué précédemment la forte substituabilité entre les navettes et les ferrys du détroit. Pour le fret (en excluant les produits dangereux, les gabarits inadaptés au tunnel et le fret non accompagné qui ne peuvent emprunter les navettes ferroviaires), le choix entre les navettes et les services maritimes est déterminé par (Franc et Doudnikoff, 2013) :

- l'urgence de la prestation de transport. Les marchandises périssables empruntent plutôt le tunnel que les services maritimes du détroit en raison du temps plus court de la traversée. A l'inverse, les marchandises pour lesquelles le temps compte moins privilégient les services maritimes du détroit qui sont moins chers que le tunnel ;

- le modèle économique du transporteur. L'organisation et la structure de coûts des entreprises de transport routier à bas coût des pays de l'est (coût horaire des conducteurs faible) favorisent le passage par les ferrys.

Pour les passagers, le choix entre les navettes et les services de ferry est déterminé par :

- leur préférence entre la fonction utilitaire et la dimension d'agrément du transport. Les passagers les plus sensibles à la fonction utilitaire du transport privilégieront les navettes pour leur fréquence et leur rapidité, tandis que les passagers sensibles à l'agrément opteront plutôt pour les ferrys ;

- leur valeur du temps, qui détermine leur propension à payer plus cher pour emprunter les navettes et économiser du temps de transport. Les passagers sur des courts séjours pourront privilégier Eurotunnel pour cette raison.

1.3.2 La Manche Ouest : un marché anémié et concurrencé par le détroit

L'offre du marché roulier de la Manche Ouest est différente de celle proposée sur le détroit. Les services sont moins fréquents, les temps de traversée sont plus longs, les tarifs sont plus élevés (cf. tableau 28). C'est un marché dont le chiffre d'affaires est porté avant tout par la clientèle de passagers : celle-ci génère 75 % du chiffre d'affaires des opérateurs de la Manche Ouest[110], alors que sur le détroit, le trafic de fret compte pour plus des deux tiers du chiffre d'affaires des compagnies (Le Marin, 03/08/2012). Seuls deux armateurs, Brittany Ferries et DFDS, sont présents sur ce marché (cf. tableau 28). La compagnie britannique P&O s'est retirée de la Manche Ouest en 2005, en abandonnant ses lignes de Caen/Portsmouth, Le Havre/Portsmouth et Cherbourg/Portsmouth pour recentrer ses activités sur le détroit et sur la mer du Nord par souci de compétitivité. En 2014, DFDS a annoncé son retrait de la ligne Le Havre/Portsmouth qu'elle avait reprise en 2012 en s'associant avec Louis Dreyfus Lines, l'armement français ayant lui-même créé cette ligne en 2005 après le retrait de P&O (Le Marin, 15/09/2014). Ces désengagements de P&O et DFDS sur la Manche Ouest ont renforcé le poids de Brittany Ferries sur cette niche de marché.

[110] Source : entretien Brittany Ferries.

Tableau 28 - L'offre sur la Manche Ouest en 2013

Ligne	Opérateur	Durée de la traversée	Nombre de navires	Fréquence	Prix de vente pour un véhicule et ses passagers[a]	Prix de vente par camion[b]
Dieppe Newhaven	DFDS	4h	2	2 AR/j	Entre 49 et 325€	ad
Le Havre Portsmouth	DFDS	5h30	1	1 AR/j	Entre 100 et 345€	ad
	Brittany Ferries	3h45	1	1 AR/j	Entre 149 et 349€	ad
Caen Portsmouth	Brittany Ferries	5h45	2	2 à 3 AR/j	Entre 149 et 389€	430€
Cherbourg Portsmouth	Brittany Ferries	3h	1	1 AR/j	Entre 179 et 389€	ad
Cherbourg Poole	Brittany Ferries	4h	1	1 AR/j	Entre 179 et 389€	ad
Saint Malo Portsmouth	Brittany Ferries	8h45	1	1 AR/j	Entre 209 et 349€	480€
Roscoff Plymouth	Brittany Ferries	6h	1	1 à 2 AR/j	Entre 179 et 349€	400€

ad : absence de données.

[a] Source : reconstitution à partir de simulations d'achat de traversées sur internet.

[b] Source : reconstitution à partir de données d'entretiens de transporteurs routiers et des compagnies maritimes opérant sur le transmanche.

Tableau 29 - Les trafics des services de la Manche Ouest en 2013

Ligne	Opérateur	Passagers (000)	Poids lourds
Dieppe – Newhaven	DFDS	276	39 000
Le Havre - Portsmouth	DFDS	215	26 000
	Brittany Ferries	51	0
Caen - Portsmouth	Brittany Ferries	929	98 958
Cherbourg - Portsmouth	Brittany Ferries	113	0
Cherbourg - Poole	Brittany Ferries	152	15 524
St Malo - Portsmouth	Brittany Ferries	372	10 663
Roscoff - Plymouth	Brittany Ferries	389	5 794
Total Manche Ouest		2 500	196 000

Source : Brittany Ferries, 2014, Journal de la Marine Marchande, 28/02/2014.

Le marché de la Manche Ouest est lui aussi en surcapacité, se traduisant par des taux d'utilisation des navires estimés entre 45 % et 57 % sur l'ensemble des lignes en 2012 (Franc et Doudnikoff, 2013). La zone Manche Ouest a été très affectée par la tendance baissière du trafic

maritime transmanche. Elle a perdu 19 % de ses passagers entre 2007 et 2012 (IRN, 2013b), et 38 % du trafic fret (IRN, 2013a ; Le Marin, 06/01/2012). Après plusieurs années de pertes qui ont entraîné un déficit cumulé de 70 millions d'euros, Brittany Ferries a annoncé un résultat net à l'équilibre en 2012-2013, grâce à une hausse des passagers transportés en 2013 (+ 0,6 %) et à un plan d'économies lancé en 2012 (augmentation du temps de travail et réduction du nombre de traversées en hiver). Sur le marché du fret transmanche en revanche, la compagnie bretonne a observé une nouvelle baisse de 6,9 % en 2013 (Brittany Ferries, 2014). Les baisses de trafic de fret du marché de la Manche Ouest observées ces dernières années s'expliquent d'une part par l'attrait qu'exerce le détroit sur les trafics de l'hinterland de la Manche Ouest, et d'autre part, par le déplacement vers l'est de l'Europe des échanges entre le Royaume-Uni et le continent.

Comme expliqué précédemment, les services de la Manche Ouest sont soumis à la concurrence des services du détroit, sans que l'inverse ne se vérifie. Ce rapport de force déséquilibré s'explique en partie par les coûts du transport de bout en bout. Il a été montré que pour les régions de l'hinterland naturel des ports de la Manche Ouest (péninsule ibérique, partie ouest de la France), les écarts de coût de transport de bout en bout entre les itinéraires empruntant la Manche Ouest et ceux empruntant le détroit sont peu significatifs sur un certain nombre d'origines/destinations (Franc et Doudnikoff, 2013). D'autres critères que les coûts de transport entrent en compte dans les choix d'itinéraire. Pour les transporteurs de fret, ces critères sont (Franc et Doudnikoff, 2013) :

- l'utilité ou non de combiner la durée de la traversée avec la réalisation d'une pause réglementaire pour le conducteur. L'opportunité de profiter du temps de traversée comme d'un temps de repos dépend du contenu de l'activité réalisée par le conducteur avant de se présenter à l'embarcadère. Le fait que les conducteurs puissent passer la nuit à bord d'un navire opérant sur la Manche Ouest et repartir le lendemain matin constitue un avantage concurrentiel pour ces lignes ;

- l'urgence de la prestation de transport. Pour les produits à forte valeur ajoutée ou les produits périssables, le transporteur privilégie le trajet le plus rapide. La compétitivité respective des services de la Manche Ouest et de ceux du détroit dépend de l'origine/destination et des horaires de traversées ;

- la fréquence des traversées. Les services du détroit offrent des traversées très fréquentes, en particulier les navettes camions qui proposent jusqu'à six départs par heure. Sur la Manche Ouest, entre un et trois départs par jour sont proposés. La flexibilité offerte par des fréquences élevées peut être un critère de choix pour les transporteurs. Comme mentionné dans le point

précédent, cela dépend aussi de la manière dont les horaires proposés sur les services Manche Ouest s'intègrent dans l'organisation du transporteur.

Pour les passagers, les critères entrant dans le choix d'itinéraire entre la Manche Ouest et le détroit sont :

- la durée de la traversée. Sur la Manche Ouest, les traversées de nuit peuvent offrir un intérêt pour les touristes (exemple de la ligne Saint Malo/Portsmouth). Pour les séjours courts, les navettes passagers du tunnel peuvent être privilégiées pour leur rapidité ;

- leur sensibilité à l'agrément du transport qui détermine leur propension à payer plus cher pour la qualité de service à bord des ferrys de la Manche Ouest et leur réticence à réaliser un détour par la route pour emprunter un service moins cher du détroit.

1.4 Conclusion

La concurrence est particulièrement vive sur le marché transmanche. L'activité ferry ne génère peu ou pas de profits. Les difficultés rencontrées par les compagnies maritimes s'expliquent par un recul de la demande depuis 2007 (malgré un soubresaut en 2013) et par le maintien, dans le même temps, d'une offre surcapacitaire. A cela s'ajoute la concurrence des navettes d'Eurotunnel qui n'ont pas les mêmes contraintes et possèdent des avantages intrinsèques (fréquences élevées, rapidité de la traversée, souplesse des conditions d'exploitation). L'entrée en vigueur des politiques de réduction des émissions du transport maritime, et en particulier le passage à 0,1 % sur la teneur en soufre des carburants en 2015, constituera un choc exogène pour le marché maritime transmanche. Il s'agit à présent de déterminer son ampleur et les choix stratégiques que cela pourra induire.

2. Le marché transmanche confronté aux politiques environnementales : analyse des choix stratégiques des opérateurs

Comment se traduira dans la structure de coûts des services maritimes transmanche l'entrée en vigueur des différentes politiques de réduction des émissions du transport maritime ?

Quels choix stratégiques permettront de répondre à ces politiques tout en minimisant leurs coûts ?

2.1 La structure de coûts des services transmanche

La structure de coûts d'un service maritime est composée des coûts de capital, des coûts d'exploitation (coûts d'équipage, coûts d'assurance, coûts de réparation et de maintenance, coûts administratif et commercial), des coûts de voyage (coûts de soute, charges portuaires), et des coûts de manutention que nous considérons négligeables pour les navires rouliers (les conducteurs de voiture et de poids lourd acheminant eux-mêmes leur véhicule dans les ponts-garages des navires). Cette sous-section détaille les caractéristiques des services illustratifs retenus puis décline les méthodes de calcul des différents éléments de la structure de coûts.

2.1.1 Sélection de services illustratifs de la Manche Ouest et du détroit

Comme évoqué précédemment, les services de la Manche Ouest et du détroit ont des caractéristiques différentes : les services de la Manche Ouest ont des temps de traversée plus longs et des fréquences inférieures aux services maritimes du détroit. Les structures de coûts des services de ces deux sous-marchés géographiques sont donc différentes.

En outre, au sein de chaque sous-marché, il existe des différences entre les navires déployés (en termes de capacité, de puissance, et d'année de construction) et entre les configurations de services, particulièrement en Manche Ouest. Par exemple, la ligne Caen-Portsmouth est 0,7 fois moins longue que Saint Malo-Portsmouth mais 1,7 fois plus longue que Dieppe-Newhaven, et les fréquences vont d'un départ par jour avec des interruptions de service en basse saison à trois départs quotidiens sur Caen-Portsmouth toute l'année. Sur le détroit, les différences dans la configuration des services sont moins significatives, la majorité des services proposés étant entre Calais et Douvres avec des fréquences similaires entre les opérateurs. Seul le service Dunkerque-Douvres de DFDS se différencie des autres services par sa distance environ deux fois plus importante qu'entre Calais et Douvres. Cela conduit à des structures de coûts différentes d'un navire à l'autre au sein d'un même sous-marché. Les différences dans les structures de coûts des services peuvent aussi provenir des caractéristiques propres aux

compagnies maritimes, notamment le pavillon des navires[111] et la devise des coûts[112]. Il est donc difficile de sélectionner un service qui soit réellement représentatif de la Manche Ouest ou du détroit. C'est pourquoi, nous avons fait le choix de sélectionner les liaisons les plus empruntées en y affectant des navires récemment déployés sur ces marchés, qui seront encore en service en 2020 et qui traduisent des choix récents des compagnies maritimes en termes de motorisation et de capacité déployée. Ainsi pour le détroit, nous avons sélectionné un navire équivalent au *Spirit of France*, ropax de P&O opérant entre Calais et Douvres et mis en service en 2011. Ce navire et son jumeau, le *Spirit of Britain*, sont les plus grands en service sur le détroit, traduisant le choix de P&O pour les économies d'échelle. Pour la Manche Ouest, nous avons considéré que la liaison Caen-Portsmouth était illustrative de ce marché, en raison de sa position centrale et car elle concentre une part significative des flux de la Manche Ouest (37 % des passagers et 50,5 % du fret en 2013, cf. tableau 29). Nous avons sélectionné un navire équivalent au *Mont-Saint-Michel*, ropax dédié à la ligne Caen-Portsmouth issu de la dernière série de navires de Brittany Ferries commandés entre 2002 et 2008. Le tableau 30 présente les caractéristiques des services retenus.

Tableau 30 - Hypothèses sur les caractéristiques des navires et des services

	Détroit	**Manche Ouest**
Caractéristiques du navire		
Capacité	1059 voitures/180 camions	800 voitures/118 camions
Puissance des moteurs principaux	30 400 kW	21 600 kW
Puissance des moteurs auxiliaires	4 272 kW	3 060 kW
Vitesse de conception	22 nœuds	22 nœuds
Caractéristiques de la rotation		
Longueur	44 miles nautiques	214 miles nautiques
Vitesse de service	22 nœuds	22 nœuds
Nombre de rotations par jour	5	1,5

2.1.2 Calcul des coûts de capital et d'exploitation

Les coûts de capital et d'exploitation par rotation sont calculés à partir de données de coûts journaliers de services transmanche aux caractéristiques similaires à celles que nous avons retenues, issues d'un rapport du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

[111] D'après les entretiens réalisés avec les opérateurs du transmanche, le pavillon britannique est moins cher que le pavillon français.

[112] Les compagnies françaises et danoises (Brittany Ferries, DFDS, MyFerryLink) ont des coûts en euros et des revenus en livre sterling et en euro, tandis P&O, compagnie britannique a des coûts en livre sterling, ce qui a un impact sur les comptes d'exploitation des services selon le taux de change en vigueur. Un euro fort sera ainsi défavorable aux compagnies françaises.

(MEDDTL, 2012). Ces données journalières, présentées dans le tableau 31, sont divisées par le nombre de rotations par jour pour obtenir les coûts de capital et d'exploitation par rotation. Les coûts d'équipage sont donnés par rotation dans MEDDTL (2012). Les coûts sont exprimés en dollars constants 2008, afin d'éliminer les variations dues à l'inflation.

Tableau 31 - Hypothèses sur les coûts journaliers des services par navire

	Détroit	Manche Ouest
Coûts de capital ($\$_{2008}$/jour)	24 658	18 493
Coûts d'équipage ($\$_{2008}$/rotation)	9 917	17 482
Coûts d'assurance ($\$_{2008}$/jour)	1 016	1 059
Coûts de réparation et de maintenance ($\$_{2008}$/jour)	2 405	2 405
Coûts commerciaux et administratifs ($\$_{2008}$/jour)	17 414	10 664

Source : MEDDTL (2012)

2.1.3 Calcul des coûts de voyage

L'énergie de propulsion d'un navire est assurée par les moteurs principaux, tandis que les moteurs auxiliaires fournissent l'électricité nécessaire à bord. La consommation des moteurs principaux par rotation peut se calculer en multipliant le temps passé en mer par la consommation horaire des moteurs principaux. Le temps passé en mer est obtenu en divisant la longueur de la rotation par la vitesse moyenne du navire. La consommation horaire des moteurs principaux (C^{princ}) (en tonne par heure) peut être approximée par la formule suivante (Corbett et al., 2009) :

$$C^{princ} = \frac{CSC^{princ} \times CM^{princ} \times P^{princ}}{10^6} \left(\frac{V_i}{V_0}\right)^3 \qquad (1)$$

Avec : CSC^{princ} la consommation spécifique de carburant des moteurs principaux (g/kWh) ; CM^{princ} la charge des moteurs principaux (%) ; P^{princ} la puissance des moteurs principaux (kW) ; V_i la vitesse du navire sur la rotation et V_o sa vitesse de conception (noeuds). D'après Buhaug et al. (2009), la consommation spécifique des moteurs construits après 2000 est égale en moyenne à 175 g/kWh. Pour la charge du moteur, nous retenons la valeur de 80 % proposée par Corbett et al. (2009).

La consommation des moteurs auxiliaires par rotation se calcule en multipliant le temps passé en mer et au port par la consommation horaire des moteurs auxiliaires. Le temps moyen passé au port par rotation est obtenu en divisant le temps non passé en mer sur une journée par le nombre de rotations par jour. La consommation horaire des moteurs auxiliaires (C^{aux}) est donnée par la formule suivante (Corbett et al., 2009) :

$$C^{aux} = \frac{CSC^{aux} \times CM^{aux} \times P^{aux}}{10^6} \quad (2)$$

Avec : CSC^{aux} la consommation spécifique de carburant des moteurs auxiliaires (g/kWh) ; CM^{aux} la charge des moteurs auxiliaires (%) ; P^{aux} la puissance des moteurs auxiliaires (kW). D'après Buhaug et al. (2009), la consommation spécifique des moteurs auxiliaires s'élève en moyenne à 220 g/kWh. Pour la charge des moteurs auxiliaires, nous retenons la valeur de 50 % proposée par Corbett et al. (2009).

A partir des données présentées dans le tableau 30, nous pouvons ainsi calculer le temps passé en mer, le temps passé au port, la consommation des moteurs principaux et auxiliaires par rotation (tableau 32). Les formules utilisées pour le calcul des consommations sont des modélisations simplifiées des fonctionnements des motorisations principales et auxiliaires du navire sur la rotation, faute de données permettant d'alimenter un modèle plus sophistiqué. Elles ne tiennent pas compte par exemple des consommations lors des manœuvres au port, ni de la phase de ralentissement/d'accélération en entrée/sortie de port. Les consommations varient aussi en fonction des conditions de mer, de l'entretien du moteur, etc. Néanmoins, après échanges avec l'Ecole Nationale Supérieure Maritime, les résultats obtenus sont cohérents avec leurs remontées de terrain.

Tableau 32 - Temps passé en mer et au port, et consommation de carburant par rotation

	Détroit	**Manche Ouest**
Temps passé en mer par rotation	2,0 heures	9,7 heures
Temps passé au port par rotation (manœuvre et à quai)	4,0 heures	6,3 heures
Consommation des moteurs principaux par rotation	8,5 tonnes	29,4 tonnes
Consommation des moteurs auxiliaires par rotation	2,8 tonnes	5,4 tonnes

Les coûts de carburant de la rotation sont obtenus en multipliant les consommations par le prix du carburant utilisé. Dans le scénario de référence, les moteurs principaux consomment du LSFO à 1 % de teneur en soufre. Les moteurs auxiliaires des ferrys fonctionnent également au LSFO, mais ils doivent utiliser du MGO lorsque le navire reste à quai plus de deux heures au port (directive 2005/33/CE). Pour les services considérés, les navires restent à quai moins de deux heures et ne consomment donc que du LSFO.

Les charges portuaires par escale en Manche Ouest et sur le détroit sont données dans MEDDTL (2012) : elles s'établissent à 5 656 dollars constants par escale sur le détroit et à 5 074 dollars constants par escale en Manche Ouest. Chaque rotation comportant deux escales, on en déduit ainsi les coûts portuaires par rotation.

2.1.4 La structure de coûts des services transmanche dans le scénario de référence

A partir des données d'entrée sur les caractéristiques du navire, de la configuration du service, des coûts journaliers, des différents calculs intermédiaires présentés ci-dessus, et en se plaçant dans le scénario de référence défini dans le chapitre 4 (utilisation de LSFO à 1,0 % à $\$_{2008}$630/tonne), nous obtenons en sortie la structure de coûts des services sélectionnés du détroit et de la Manche Ouest (tableau 33).

Tableau 33 - Structure de coûts par rotation des services du détroit et de la Manche Ouest dans le scénario de référence

	Détroit		Manche Ouest	
Capital ($\$_{2008}$/rotation)	7 391	18 %	18 476	24 %
Coûts d'exploitation ($\$_{2008}$/rotation)	14 924	37 %	26 901	35 %
Carburant ($\$_{2008}$/rotation)	6 784	17 %	21 925	28 %
Charges portuaires ($\$_{2008}$/rotation)	11 312	28 %	10 148	13 %
Total	40 410	100 %	77 450	100 %

Il est important de souligner que les caractéristiques des services retenus pour illustrer la structure de coûts des marchés de la Manche Ouest et du détroit présentent les conditions d'exploitation les plus favorables en termes de coûts par rapport à d'autres services de ces marchés. Sur le détroit, la liaison Calais-Douvres est la plus courte, et le navire choisi permet de réaliser des économies d'échelle par rapport aux autres navires déployés sur cette ligne. Ses coûts totaux sont plus élevés, mais à taux de remplissage constant, le coût par unité transportée (véhicule particulier ou pièce de fret) est inférieur. En outre, avec une fréquence de cinq allers-retours par jour, le navire n'est jamais à quai plus de deux heures, tandis qu'avec une fréquence de quatre allers-retours quotidiens (cas de la compagnie MyFerryLink), il devrait consommer du MGO durant une escale. En Manche Ouest, la ligne Caen-Portsmouth est celle qui offre la fréquence la plus élevée toute l'année, ce qui lui permet de mieux atténuer les coûts fixes (coûts de capital) par rapport aux autres services de la Manche Ouest moins fréquents notamment en basse saison.

Les structures de coûts reconstituées illustrent néanmoins bien les différences fondamentales entre le détroit et la Manche Ouest. Les coûts de carburant pèsent ainsi davantage dans la structure de coûts du service de la Manche Ouest que dans celle du détroit en raison de la longueur de la traversée. De surcroît, les coûts de capital pèsent moins dans la structure de coûts du service du détroit, en dépit d'un coût d'investissement plus élevé pour le navire du détroit, car

les coûts de capital sont répercutés sur un nombre quotidien de rotations plus élevé qu'en Manche Ouest.

2.2 L'impact des politiques environnementales sur les coûts du transport maritime

2.2.1 Des options stratégiques principalement techniques

Quelles options stratégiques techniques et organisationnelles parmi celles que nous avons présentées dans le chapitre 4 sont envisageables pour les compagnies réalisant du transport maritime transmanche ?

Les solutions technologiques de réduction des émissions de SO_x alternatives à l'utilisation de MGO (scrubber et GNL) pourraient s'avérer pertinentes pour ces services situés entièrement en zone SECA.

Les options organisationnelles en revanche présentent un moindre degré de pertinence pour l'activité de transport roulier transmanche. En effet :

- la réduction de la vitesse détériorerait la compétitivité des services maritimes de la Manche Ouest en concurrence avec les liaisons courtes du détroit, et aussi celle des services maritimes du détroit en concurrence avec la traversée rapide des navettes ferroviaires ;

- l'augmentation de la taille des navires ne va pas de soi en raison de l'absence de croissance des trafics et de la difficulté actuelle des compagnies à remplir leurs navires. En outre, le marché de l'affrètement n'est pas très fluide dans ce secteur, les navires étant généralement adaptés à la ligne qu'ils opèrent. Il est donc peu aisé de redéployer les navires déjà présents sur d'autres services. La diminution de la taille des navires pour obtenir de meilleur taux de remplissage n'est donc pas évidente non plus ;

- la modification des ports desservis est inadéquate pour le marché transmanche, l'ensemble des ports étant situés en UE, en zone SECA et en zone NECA (dans l'hypothèse du scénario réglementaire 4).

Outre les options organisationnelles que nous avons identifiées dans le chapitre 4, des mesures de rationalisation pour compenser les surcoûts induits par les politiques environnementales pourraient être considérées. Néanmoins, il semblerait que les compagnies transmanche aient déjà exploité la plupart des moyens d'amélioration de leur productivité pour

faire face aux divers chocs exogènes qu'a connu le secteur ces dernières années : ouverture du tunnel sous la Manche en 1994, abolition des ventes hors taxe en 1999 à bord des navires qui représentaient une part significative du chiffre d'affaires des compagnies, croissance du prix des carburants marins qui a quadruplé entre 2004 et 2014, crise économique qui a conduit à une contraction de la demande fret et passagers depuis 2007. Elles ont, par exemple, revu leur système de tarification pour se rapprocher du maximum de la propension à payer de chaque passager et optimiser les taux de remplissage, supprimé les liaisons rapides très consommatrices de carburant, négocié une augmentation du temps de travail de leur personnel (exemple de Brittany Ferries en 2012), et tenté de négocier les frais de port avec les autorités portuaires (Franc et Doudnikoff, 2013). Certaines compagnies sur des marchés périphériques au transmanche ont changé le pavillon d'immatriculation de leurs navires. En 2011, P&O Ferries a immatriculé deux de ses ferries opérant en mer du Nord sous pavillon bahaméen, moins cher que les pavillons européens. Néanmoins, il existe une règle tacite sur le marché du transmanche, selon laquelle les navires sont immatriculés soit sous pavillon français, soit sous pavillon britannique[113], et il n'est pas envisageable pour les compagnies françaises présentes d'arborer un pavillon autre que le pavillon français pour des raisons sociales et d'image.

Il existe donc a priori peu de marge de manœuvre sur la rationalisation des coûts. Parmi les options organisationnelles, seule la fermeture de services semble envisageable. La redistribution du trafic correspondant sur les services restants pourrait permettre d'améliorer leur bilan, mais le désarmement de navires, ou la mise en vente ou à l'affrètement de navires dont la valeur serait dépréciée (par l'arrivée sur le marché de la vente ou de l'affrètement d'un certain nombre de navires issus des services ayant fermé) affaiblirait indubitablement les compagnies.

Les options stratégiques examinées par les compagnies seront donc principalement techniques. Le tableau 34 récapitule les options disponibles dans chaque scénario réglementaire. Le tableau 34 rappelle par ailleurs que les choix réalisés dans un scénario ont des répercussions sur les choix possibles dans les autres scénarios.

[113] Cette règle tacite fait suite à l'initiative en 2005 de Louis Dreyfus Line d'immatriculer le Norman Spirit sous pavillon italien sur la ligne Le Havre-Portsmouth, mais la compagnie a dû y renoncer et armer son navire sous pavillon français après des actions syndicales fortes. Cela a créé un précédent sur le transmanche.

Tableau 34 - Options stratégiques envisageables par les opérateurs transmanche dans les différents scénarios réglementaires

Scénario 1	- Utilisation de MGO - Investissement dans un scrubber et utilisation d'IFO - Investissement dans une propulsion au GNL et utilisation de GNL
Scénario 2	- Pas d'option : paiement de quotas en fonction des émissions de la rotation, elles-mêmes dépendantes du choix fait dans le scénario 1
Scénario 3	Non pertinent pour le transmanche entièrement situé en SECA
Scénario 4	- Réduction catalytique sélective (RCS) si les options MGO ou scrubber ont été choisies dans le scénario 1, - Pas d'option si l'option GNL a été choisie dans le scénario 1 (cf. chapitre 3, § 1.1.2)

2.2.2 Eléments méthodologiques pour le calcul des coûts des options stratégiques

Nous présentons les méthodes de calcul des coûts induits par les différentes options techniques présentées précédemment.

Utilisation de MGO

Le MGO possède un pouvoir calorifique légèrement supérieur à celui du LSFO, ce qui se traduit par une consommation de carburant légèrement inférieure. Néanmoins, nous faisons l'hypothèse simplificatrice qu'une quantité similaire de carburant sera consommée lorsque l'on remplace le LSFO par le MGO. Pour calculer les coûts de carburant dans l'option MGO, il suffit donc de multiplier la quantité de carburant consommée trouvée précédemment (§ 2.1.3) par le prix de projection du MGO retenu dans le chapitre 4 (§ 2.3.3).

Investissement dans un scrubber et utilisation d'IFO

Le choix de l'option scrubber implique des coûts de capital liés à l'investissement initial. Celui-ci est composé du coût du scrubber et du coût d'installation sur le navire. La Danish Maritime Authority (2012), à partir de données fournies par les motoristes MAN Diesel & Turbo et Wärtsila, propose une relation entre la puissance des moteurs principaux d'un navire (P_{princ} en kW) et le coût d'investissement dans un scrubber ($CI_{scrubber}$ en euro) :

$$CI_{scrubber} = P_{princ} \times \left(C_{scrubber}^{inst} + C_{scrubber}^{equip}\right) \quad (3)$$

Avec :

$C_{scrubber}^{inst}$, le coût d'installation en euro par kilowatt égal à 225€/kW ;

$C_{scrubber}^{equip}$, le coût du scrubber en euro par kilowatt égal à 150€/kW.

Le coût de capital journalier du scrubber s'obtient en distribuant le coût initial de l'investissement sur toute la durée de vie en année du scrubber (n) sous un certain taux d'intérêt (t). Nous obtenons ainsi le coût de capital journalier du scrubber ($CAP_{scrubber}^{j}$) à partir de la formule des annuités constantes, divisée par le nombre de jours par an :

$$CAP_{scrubber}^{j} = \frac{CI_{scrubber} \times t}{(1-(1+t)^{-n}) \times 365} \quad (4)$$

Nous fixons le taux d'intérêt à 10 %, un taux généralement utilisé pour les études de coûts dans l'industrie maritime (Livanos et al., 2014). Nous retenons une durée de vie de quinze ans.

Le scrubber retenu est un scrubber à boucle ouverte, qui fonctionne à l'eau de mer. Ce scrubber n'implique donc pas de coûts opérationnels, à la différence des scrubbers à boucle fermée qui nécessitent une consommation d'eau douce et de soude caustique pour le lavage des fumées d'échappement. En revanche, le fonctionnement du scrubber nécessite un surcroît de consommation estimé entre 1 et 3 % (Brynolf et al., 2014). Nous retenons une valeur de 3 %. Le carburant consommé est de l'IFO. L'IFO a un pouvoir calorifique légèrement inférieur au LSFO, mais nous faisons l'hypothèse simplificatrice que la quantité de carburant consommée est identique entre ces deux types de carburant.

Investissement dans une propulsion au GNL et consommation de GNL

La Danish Maritime Authority (2012) propose une relation entre la puissance du navire et les coûts d'investissement dans la transformation du navire pour qu'il fonctionne au GNL (coûts d'installation et coûts du réservoir cryogénique, du système d'approvisionnement en GNL dans le navire et de la conversion du moteur) :

$$CI_{GNL} = P_{princ} \times C_{GNL}^{equip} + \left(P_{princ} + P_{aux}\right) \times C_{GNL}^{inst} \quad (5)$$

Avec :

CI_{GNL}, le coût d'investissement dans la transformation du navire au GNL (euro) ;

P_{princ}, la puissance des moteurs principaux (kW) ; P_{aux} , celle des moteurs auxiliaires (kW) ;

C_{GNL}^{equip}, le coût du réservoir cryogénique, du système d'approvisionnement en GNL dans le navire et de la conversion du moteur, égal à 420€/kW ;

C_{GNL}^{inst} , le coût d'installation s'élevant à 150€/kW.

On obtient ensuite le coût de capital journalier (CAP_{GNL}^{j}) en retenant les mêmes valeurs du taux d'intérêt et de durée de vie que pour l'option scrubber (t = 10 % ; n = 15 ans) :

$$CAP_{GNL}^{j} = \frac{CI_{GNL} \times t}{(1-(1+t)^{-n}) \times 365} \quad (6)$$

La consommation horaire de GNL des moteurs principaux (C_{GNL}^{princ}) et auxiliaires (C_{GNL}^{aux}) s'obtient avec les mêmes formules que celles d'un moteur fonctionnant au fuel (cf. formules (1) et (2)), mais avec une valeur de consommation spécifique différente :

$$C_{GNL}^{princ} + C_{GNL}^{aux} = \frac{CSC_{GNL}^{princ} \times CM^{princ} \times P^{princ}}{10^6} \left(\frac{V_i}{V_0}\right)^3 + \frac{CSC_{GNL}^{aux} \times CM^{aux} \times P^{aux}}{10^6} \quad (7)$$

où CSC_{GNL}^{princ} est la consommation spécifique de carburant GNL des moteurs principaux et CSC_{GNL}^{aux}, celle des moteurs auxiliaires. Selon Smith et al. (2014), la consommation spécifique de GNL est inférieure de 15 % à celle de l'IFO[114].

On a donc $CSC_{GNL}^{princ} = 149 g/kWh$ et $CSC_{GNL}^{aux} = 187\ g/kWh$; les autres paramètres conservent les mêmes valeurs que celles retenues pour les moteurs au fuel.

Paiement de permis d'émission en fonction des émissions de la rotation

La quantité de CO_2 émise pendant une rotation s'obtient en multipliant la quantité de carburant consommée par le facteur d'émission de CO_2 du carburant. Le tableau 35 présente les facteurs d'émission de CO_2 du MGO, du LSFO et du GNL, issus de Buhaug et al. (2009). La quantité de CO_2 émise est ensuite multipliée par le prix du permis d'émission qui correspond à l'émission d'une tonne de CO_2 (égal en 2020 à 16,5 $€_{2008}$/permis selon nos projections établies dans le chapitre 4, § 2.3.3).

Le GNL émet également du méthane, un puissant gaz à effet de serre. Ces émissions ne sont pas issues de la combustion du carburant, mais d'émanations de gaz qui peuvent provenir de fuites lors des opérations d'approvisionnement du navire, d'une combustion incomplète du GNL ou de fuites par des crevasses de la chambre de combustion. Le niveau d'émanations de

[114] Cette différence provient du pouvoir calorifique du GNL supérieur à celui des carburants marins classiques.

méthane est très variable d'un navire au GNL à l'autre. Le méthane ne fait actuellement pas partie des gaz à effet de serre inclus dans le marché européen de permis d'émission. Seuls le protoxyde d'azote et les perfluorocarbones ont été inclus dans le périmètre de l'EU ETS pour la période 2013-2020. A l'heure actuelle, il n'est pas possible de dire si le méthane sera inclus ou non dans l'EU ETS après 2020. C'est pourquoi, nous testons les deux hypothèses suivantes : dans la première, nous supposons que le transport maritime doit s'acquitter de permis d'émission uniquement pour ses émissions de CO_2 à partir de 2020 ; dans la seconde, nous supposons que le transport maritime doit s'acquitter de permis d'émission pour ses émissions de CO_2 et de méthane dès 2020.

En nous plaçant dans la seconde hypothèse, le calcul du coût des quotas à acquitter pour les émissions de méthane s'effectue à partir de la quantité de méthane émise lors d'une rotation, convertie en tonne équivalent-CO_2, et multipliée par le prix des permis d'émission de CO_2. La conversion du méthane en équivalent-CO_2 est réalisée grâce au potentiel de réchauffement global[115] (PRG) du méthane, égal à 28 pour une période de cent ans d'après le dernier rapport du GIEC (GIEC, 2013). Le PRG du méthane a été revu à la hausse à plusieurs reprises par le GIEC, d'abord évalué à 21 en 1995, puis à 23 en 2001, puis à 25 en 2007 et à 28 en 2013. La quantité de méthane émise lors d'une rotation n'est pas aisée à déterminer, en raison de la variabilité des émanations de méthane d'un navire à l'autre et du peu d'information disponible sur le sujet. Smith et al. (2014) retiennent un facteur d'émission du méthane de 0,05120 tonne CH_4/tonne de GNL mais soulignent que les nouvelles générations de motorisation au GNL devraient être conçues pour limiter les émanations de méthane. C'est pourquoi, à l'instar de Brynolf et al. (2014), nous faisons l'hypothèse d'un facteur d'émission de 0,030 tonne CH_4/tonne de GNL à l'horizon 2020.

Tableau 35 - Facteurs d'émission des carburants marins

	LSFO/IFO	**MGO**	**GNL**
CO_2 (tonne de CO_2/tonne de carburant)	3,114	3,206	2,750
Méthane (tonne de CH_4/tonne de carburant)	≈ 0	≈ 0	0,03

Sources : Buhaug (2009) pour les facteurs d'émission de CO_2, Brynolf et al. (2014) pour celui du méthane.

[115] Les différents gaz à effet de serre ont des propriétés radiatives et des durées de séjour dans l'atmosphère très différentes. Le potentiel de réchauffement global est un « indice fondé sur les propriétés radiatives des gaz à effet de serre, qui sert à mesurer, à la suite d'une émission ponctuelle, le forçage radiatif d'une unité de masse d'un tel mélange dans l'atmosphère actuelle, intégré pour un horizon de temps donné par rapport à celui du dioxyde de carbone » (GIEC, 2013). La période considérée est généralement de cent ans.

Investissement dans une RCS et utilisation d'urée

La Danish Maritime Authority (2012) propose une relation entre la puissance du navire et le coût d'investissement dans une RCS (CI_{RCS} en euro) :

$$CI_{RCS} = \left(P_{princ} + P_{aux}\right) \times \left(C_{RCS}^{inst} + C_{RCS}^{equip}\right) \quad (8)$$

Avec :

C_{RCS}^{equip} : le coût du dispositif égal à 45€/kW ;

C_{RCS}^{inst} : le coût d'installation égal à 9€/kW.

On obtient ensuite le coût de capital journalier (CAP_{RCS}^{j}) à partir de la formule des annuités constantes et en retenant les mêmes valeurs de taux d'intérêt et de durée de vie que précédemment (t = 10 % ; n = 15 ans) :

$$CAP_{RCS}^{j} = \frac{CI_{RCS} \times t}{(1-(1+t)^{-n}) \times 365} \quad (9)$$

La RCS n'implique pas de hausse de la consommation de carburant. Elle peut fonctionner avec de l'IFO et du MGO, et peut être combinée à un scrubber. Les coûts opérationnels liés à son fonctionnement proviennent de l'utilisation d'une solution aqueuse d'urée pour le lavage des fumées et se calcule de la manière suivante pour une rotation :

$$OP_{RCS}^{rot} = CSU \times \left(P^{princ} \times T_{mer} + P^{aux} \times T_{mer+port}\right) \times P_{urée} \quad (10)$$

où CSU est la consommation spécifique de solution aqueuse d'urée pour laquelle nous retenons la valeur de 0,015L/kWh (Wärtsilä, 2014) ; T_{mer} le temps passé en mer par rotation en heure ; $T_{mer+port}$ le temps passé en mer et au port par rotation en heure ; $P_{urée}$ le prix de la solution aqueuse d'urée, que nous prenons égal à 0,3€/L.

2.2.3 Les impacts sur la structure des coûts des options stratégiques dans les différents scénarios réglementaires

Les coûts des différentes options ont été calculés et injectés dans la structure de coûts des services de la Manche Ouest et du détroit pour chaque scénario réglementaire.

Scénario 1 : impact du passage à 0,1 % en SECA à l'horizon 2020

Les différentes options stratégiques pour répondre au passage à 0,1 % de teneur en soufre en SECA impliquent pour les compagnies un arbitrage entre une forte augmentation des coûts de carburant sans nécessité d'adapter la flotte dans le choix du MGO, et des coûts de capital liés à l'investissement dans un scrubber ou dans une propulsion au GNL mais avec des coûts de carburant moins élevés que dans la première option. Le tableau 36 détaille les variations dans les coûts des différents postes impactés par les trois options stratégiques examinées dans le scénario 1, et leurs répercussions dans les coûts totaux par rapport au scénario de référence.

L'option MGO implique ainsi une augmentation de 11,2 % des coûts de la rotation sur le détroit, et une augmentation de 18,9 % en Manche Ouest, provenant de la forte hausse des coûts de carburant. Ce contraste entre les deux marchés provient de la part plus importante du poste carburant dans la structure de coûts de la Manche Ouest (cf. § 2.1.4). Les options scrubber et GNL atténuent considérablement cette augmentation des coûts totaux : avec un scrubber, les coûts augmentent de 2,2 % sur le détroit et de 2,4 % en Manche Ouest, et avec une propulsion au GNL, les hausses de coûts sont de 4,6 % sur le détroit et de 6,2 % en Manche Ouest. Dans le scénario 1, l'option scrubber est donc la plus favorable en termes de coûts. Par rapport au scénario de référence, cette option entraîne une diminution des coûts de carburant, malgré la légère surconsommation liée au fonctionnement du scrubber, car cette technologie permet l'utilisation d'IFO, moins cher que le LSFO à 1 % utilisé dans le scénario de référence. L'option GNL entraîne, quant à elle, des coûts de capital plus élevés que ceux de l'option scrubber, et implique une hausse de 7,4 % des coûts de carburant par rapport au scénario de référence. En effet, le GNL est 26 % plus cher que le LSFO par unité de masse, mais seulement 7,4 % plus cher par unité d'énergie en raison de son pouvoir calorifique supérieur. Le GNL reste néanmoins moins cher que le MGO, ce qui rend cette option intéressante en termes de coûts par rapport à l'option MGO, et ce malgré l'augmentation des coûts de capital.

Tableau 36 - Effets du scénario 1 sur les services transmanche en fonction des options stratégiques

Variation des coûts / scénario de référence	**Détroit**	**Manche Ouest**
Option MGO		
Carburant	66,7 %	66,7 %
Coûts totaux	**11,2 %**	**18,9 %**
Option IFO + scrubber		
Capital	15,6 %	14,7 %
Carburant	- 4,1 %	- 4,0 %
Coûts totaux	**2,2 %**	**2,4 %**
Option GNL		
Capital	18,3 %	17,3 %
Carburant	7,4 %	7,4 %
Coûts totaux	**4,6 %**	**6,2 %**

Scénario 2 : impact du l'inclusion du transport maritime dans le marché européen de quotas d'émission en 2020

Nous avons considéré le coût des permis d'émission comme un coût de carburant. Ce coût est en effet proportionnel à la quantité de carburant consommée et dépend du type de carburant. Par exemple, la combustion d'une tonne de MGO émet 3,206 tonnes de CO_2, se traduisant par un surcoût carbone de $74 par tonne de carburant, soit une augmentation de 7 % du prix du MGO par rapport au scénario de référence.

L'intégration du transport maritime dans le marché européen de permis implique une augmentation supplémentaire des coûts totaux de 2,0 % sur le détroit et de 3,3 % en Manche Ouest lorsque les options MGO et scrubber ont été choisies (tableau 37). L'option GNL, dans l'hypothèse où seules les émissions de CO_2 sont incluses dans le périmètre de l'EU ETS, permet d'atténuer ces surcoûts qui s'élèvent à 1,4 % sur le détroit et à 2,4 % en Manche Ouest. En revanche, lorsque le méthane est inclus dans le périmètre de l'EU ETS, les surcoûts liés au paiement de permis d'émission sont quasiment équivalents à ceux des options MGO et scrubber. Ceci rappelle que le bilan des émissions de CO_2 de la combustion du GNL est meilleur que celui du fuel classique[116], mais que le bilan des émissions de gaz à effet de serre dans leur ensemble ne l'est pas forcément[117] et dépend de l'ampleur des émanations de méthane.

[116] Le GNL permet une diminution d'environ 27 % des émissions de CO_2 par rapport à l'IFO sur la rotation, en raison à la fois de son pouvoir calorifique plus élevé et de son facteur d'émission de CO_2 inférieur à celui de l'IFO (cf. tableau 35).

[117] En supposant que les émanations de méthane s'élèvent à 30 kg par tonne de GNL consommée, le GNL entraînera une baisse de seulement 2 % des émissions de gaz à effet de serre (en équivalent CO_2) par rapport à l'IFO sur la rotation.

Dans le scénario 2, l'option scrubber reste la plus favorable en termes de coûts. L'ajout d'une politique « carbone » à la politique « soufre » ne permet pas de donner un avantage décisif à l'option GNL, et ce d'autant moins si le méthane est inclus dans le périmètre de l'EU ETS.

Tableau 37 - Effets du scénario 2 sur les services transmanche en fonction des options stratégiques

Variation des coûts / scénario de référence	**Détroit**	**Manche Ouest**
Option MGO		
Carburant	78,4 %	78,4 %
Coûts totaux	**13,2 %**	**22,2 %**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+2,0 %*	*+3,3 %*
Option IFO + scrubber		
Capital	15,6 %	14,7 %
Carburant	7,6 %	7,7 %
Coûts totaux	**4,1 %**	**5,7 %**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+2,0 %*	*+3,3 %*
Option GNL – Hypothèse inclusion du CO_2 dans l'EU ETS		
Capital	18,3 %	17,3 %
Carburant	16,0 %	16,0 %
Coûts totaux	**6,0 %**	**8,7 %**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+1,4 %*	*+2,4 %*
Option GNL – Hypothèse inclusion du méthane et de CO_2 dans l'EU ETS		
Capital	18,3 %	17,3 %
Carburant	18,6 %	18,6 %
Coûts totaux	**6,5 %**	**9,4 %**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+1,9 %*	*+3,2 %*

Scénario 4 : impact du passage à la norme Tier III en Europe du nord en 2020

Dans le cas où les options MGO et scrubber ont été choisies, les coûts opérationnels et de capital de la réduction catalytique sélective renchérissent de 1,7 % les coûts totaux du détroit et de 2,7 % les coûts de la Manche Ouest (tableau 38). Ces surcoûts proviennent surtout de la hausse des coûts opérationnels liée à l'utilisation d'urée.

Tableau 38 - Effets du scénario 4 sur les services transmanche en fonction des options stratégiques

Variation des coûts / scénario de référence	**Détroit**	**Manche Ouest**
Option MGO + RCS		
Capital	2,6 %	2,4 %
Coûts opérationnels	3,4 %	6,1 %
Carburant	78,4 %	78,4 %
Coûts totaux	**14,9 %**	**24,9%**
Dont contribution de la RCS à l'augmentation des coûts totaux	*+ 1,7 %*	*+2,7 %*
Option IFO + scrubber + RCS		
Capital	18,1 %	17,2 %
Coûts opérationnels	3,4 %	6,1 %
Carburant	7,6 %	7,7 %
Coûts totaux	**5,8 %**	**8,4 %**
Dont contribution de la RCS à l'augmentation des coûts totaux	*+1,7 %*	*+2,7 %*
Option GNL – Hypothèse inclusion du CO_2 dans l'EU ETS		
Capital	18,3 %	17,3 %
Carburant	16,0 %	16,0 %
Coûts totaux	**6,0 %**	**8,7 %**
Option GNL – Hypothèse inclusion du méthane et de CO_2 dans l'EU ETS		
Capital	18,3 %	17,3 %
Carburant	18,6 %	18,6 %
Coûts totaux	**6,5 %**	**9,4 %**

L'accumulation des politiques environnementales augmente fortement les coûts des services transmanche lorsque l'option MGO combinée à une réduction catalytique sélective est choisie : 14,9 % sur le détroit et 24,9 % en Manche Ouest par rapport au scénario de référence. Une grande part de ces surcoûts provient de l'utilisation de MGO. L'option scrubber est à nouveau celle qui permet de minimiser la hausse des coûts. Néanmoins, la différence de surcoût avec l'option GNL est ténue. L'ajout de la politique « NO_x » aux politiques « soufre » et « carbone » rend ainsi les options scrubber et GNL quasiment équivalentes en termes de surcoûts, en particulier si le méthane n'est pas inclus dans l'EU ETS.

Synthèse

Notre analyse a révélé des impacts différenciés entre la Manche Ouest et le détroit : quels que soient le scénario réglementaire et l'option stratégique considérés, les surcoûts environnementaux s'avèrent plus élevés en Manche Ouest que sur le détroit. Cette différence provient de la structure de coûts de la Manche Ouest dans laquelle les postes carburant et capital pèsent plus fortement que dans la structure de coûts du détroit (§ 2.1.4). Or il s'agit des postes impactés par les politiques environnementales. Même si les augmentations de ces postes de coûts sont quasiment équivalentes entre la Manche Ouest et le détroit, l'impact sur les coûts

totaux se fait plus fortement ressentir pour les services de la Manche Ouest, en particulier lorsque les coûts de carburant sont très impactés (comme dans l'option MGO).

L'autre enseignement est que la prise en compte simultanée des différentes politiques aboutit à des conclusions un peu différentes de celles résultant de la prise en compte de chaque politique de manière segmentée. Notamment, la seule prise en compte des coûts de la politique « soufre » (scénario 1) amène à ne retenir que l'option scrubber. L'inclusion des politiques « carbone » et « NO_x » invite en revanche à reconsidérer l'option GNL dont les surcoûts deviennent quasiment équivalents à ceux de l'option scrubber dans le scénario 4.

2.2.4 Prise en compte de l'incertitude relative aux prix des carburants et des permis

Les conclusions de la précédente section sont dépendantes des hypothèses réalisées sur le prix des carburants et des permis d'émission.

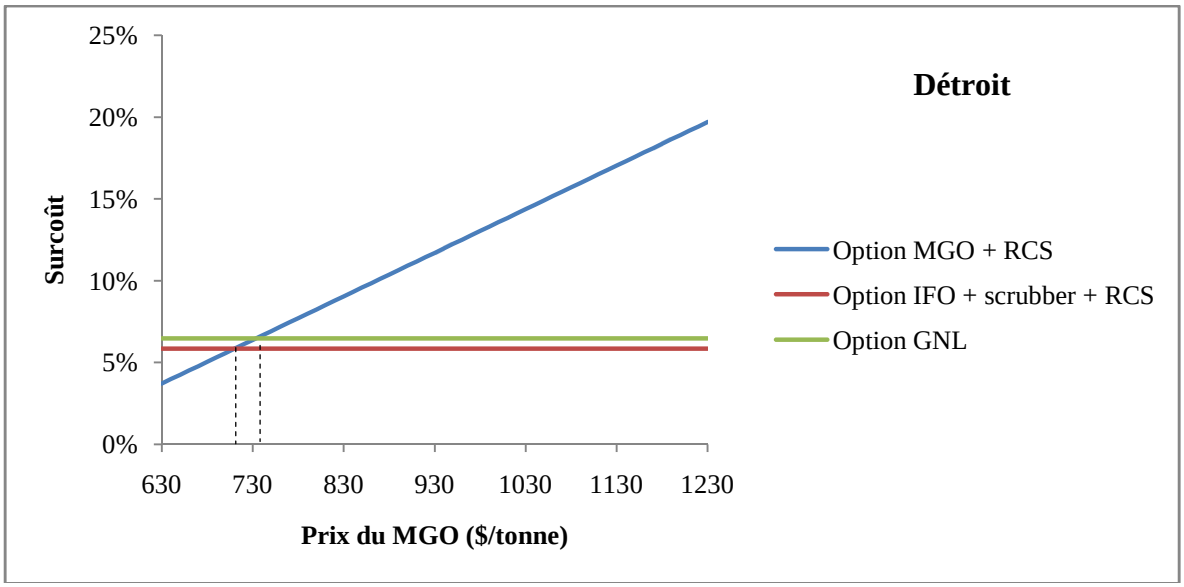
Pour tenir compte de l'incertitude liée à l'évolution des prix des différents carburants marins et du prix des permis d'émission, nous avons réalisé des tests de sensibilité des coûts à ces paramètres. Il s'agit de voir comment évoluent les surcoûts par rapport au scénario de référence en fonction des prix des carburants et des permis d'émission, et de déterminer à partir de quelles hypothèses on observe des changements dans les options stratégiques permettant de minimiser les surcoûts. Les projections des prix des carburants construites dans le chapitre 4 (§ 2.3.3) correspondent à une évolution tendancielle, c'est-à-dire qu'elles reposent sur l'hypothèse que l'évolution du prix des énergies fossiles et des permis d'émission reflète des tendances actuelles. D'autres projections auraient pu être réalisées sur la base de scénarios de rupture, impliquant une modification radicale de l'évolution future des prix par rapport à leur évolution passée. Les tests de sensibilité permettent de vérifier si les changements dans les options stratégiques permettant de minimiser les surcoûts sont obtenus dans le cadre d'une évolution des prix tendancielle ou contrastée.

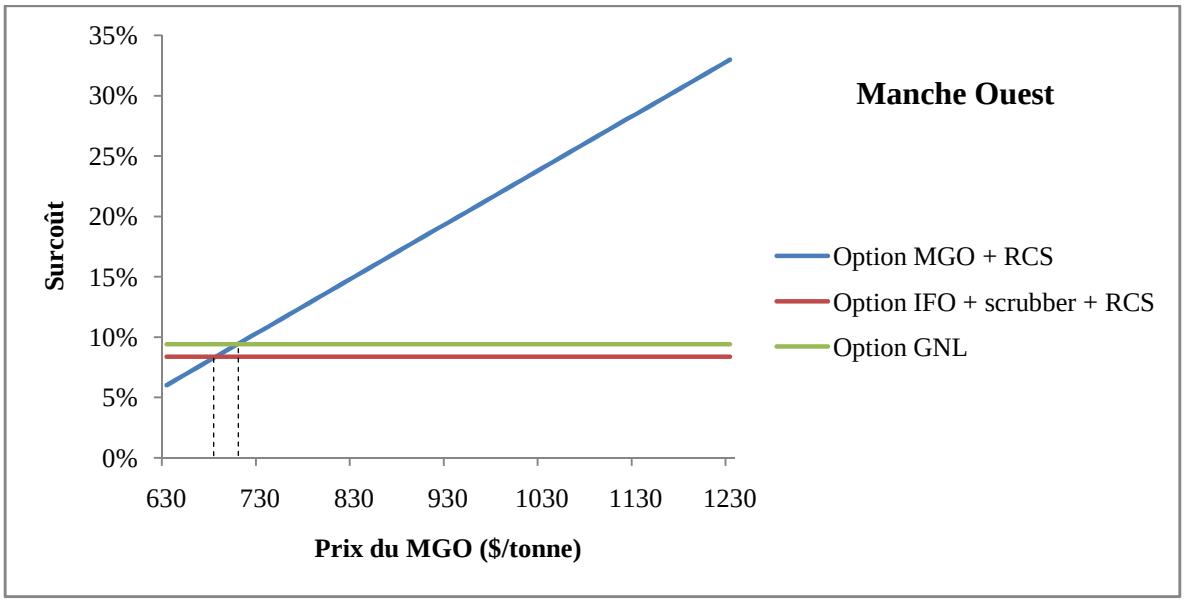
Sensibilité au prix du MGO

La figure 29 présente l'évolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix du MGO, toutes choses égales par ailleurs. Elle met en évidence que sur le détroit, le MGO doit coûter au minimum $715 (soit 21 % plus cher que l'IFO) pour que l'option scrubber soit moins coûteuse que l'option MGO et $740 (soit 25 % plus cher que l'IFO) pour que l'option GNL soit moins coûteuse que l'option MGO. Sur la Manche Ouest, le prix du MGO doit être supérieur à $685 (soit 16 % plus cher que l'IFO) pour que l'option scrubber soit moins chère que l'option

MGO et $710 (20 % plus cher que l'IFO) pour que l'option GNL soit moins chère que l'option MGO. Ces dix dernières années, le MGO a été au minimum 30 % plus cher que l'IFO (cf. chapitre 3, figure 17). En outre, la demande accrue de MGO après 2015 devrait exercer une tension sur les prix. Dans le cadre d'une évolution tendancielle du prix du MGO, l'incertitude sur l'évolution du prix du MGO ne devrait donc pas remettre en question la pertinence économique des options scrubber et GNL pour les services retenus.

Figure 29 - Evolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix du MGO



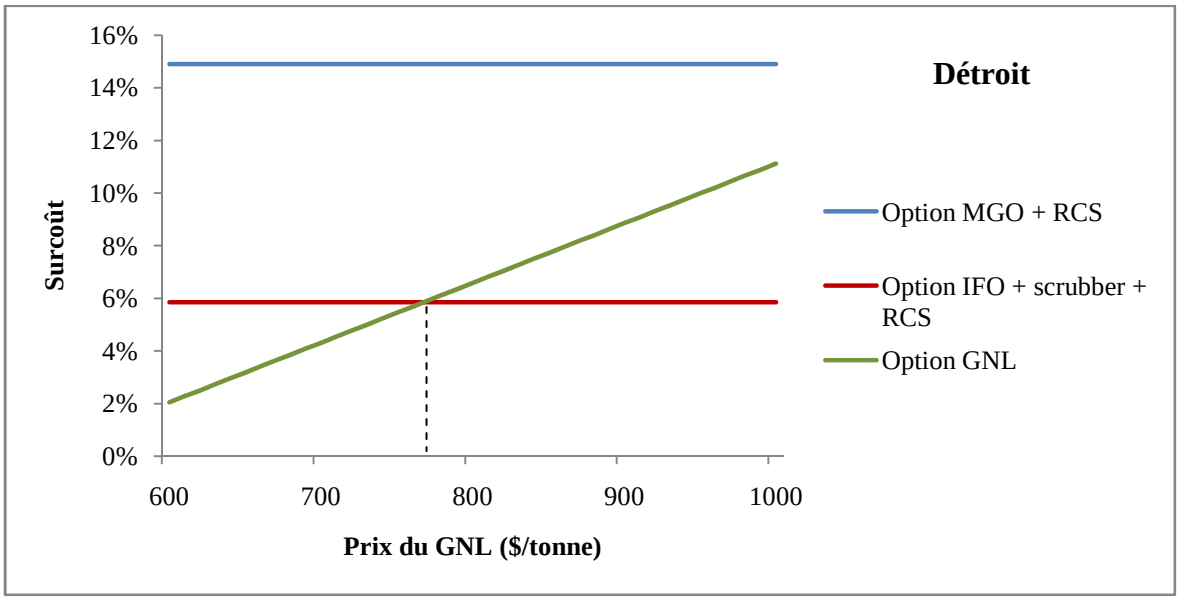


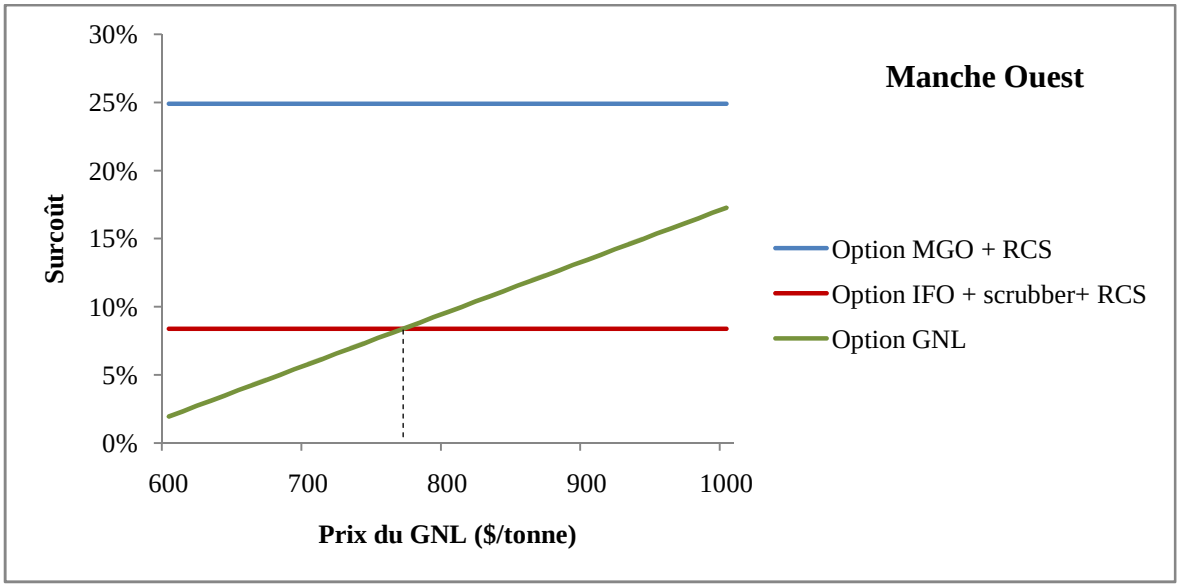
Réalisation : M. Doudnikoff.

Sensibilité au prix du GNL

La figure 30 représente l'évolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix du GNL, toutes choses égales par ailleurs. Sur l'intervalle de prix du GNL testé (de $600 à $1000 par tonne), les coûts de l'option GNL restent inférieurs à ceux du MGO. Pour un prix du GNL inférieur à $770/tonne, l'option GNL aboutit à des surcoûts inférieurs à ceux de l'option scrubber combiné à une réduction catalytique sélective. Il s'agit d'un prix proche du prix de notre projection ($795/tonne de GNL, cf. chapitre 4, § 2.3.3). Pour les services retenus et toutes choses égales par ailleurs, l'incertitude sur l'évolution du prix du GNL ne remet ainsi pas en cause la pertinence économique de l'option GNL par rapport à l'option MGO. Cette incertitude peut en revanche avoir un impact sur la pertinence économique du choix entre scrubber et GNL dans le cadre d'une évolution tendancielle.

Figure 30 - Evolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix du GNL





Réalisation : M. Doudnikoff.

Le test de sensibilité au prix du GNL a aussi été conduit dans le scénario 1, afin de déterminer à partir de quel prix l'option GNL se révèle la moins coûteuse lorsque seule la politique « soufre » est mise en œuvre. Cette analyse a montré qu'un prix du GNL inférieur à $690 rend l'option GNL moins coûteuse que l'option scrubber toutes choses égales par ailleurs. Il s'agit d'un prix inférieur de 13 % au prix de notre projection, un prix du GNL qui reste dans le champ des évolutions tendancielles du prix du GNL.

Sensibilité au prix des permis d'émission

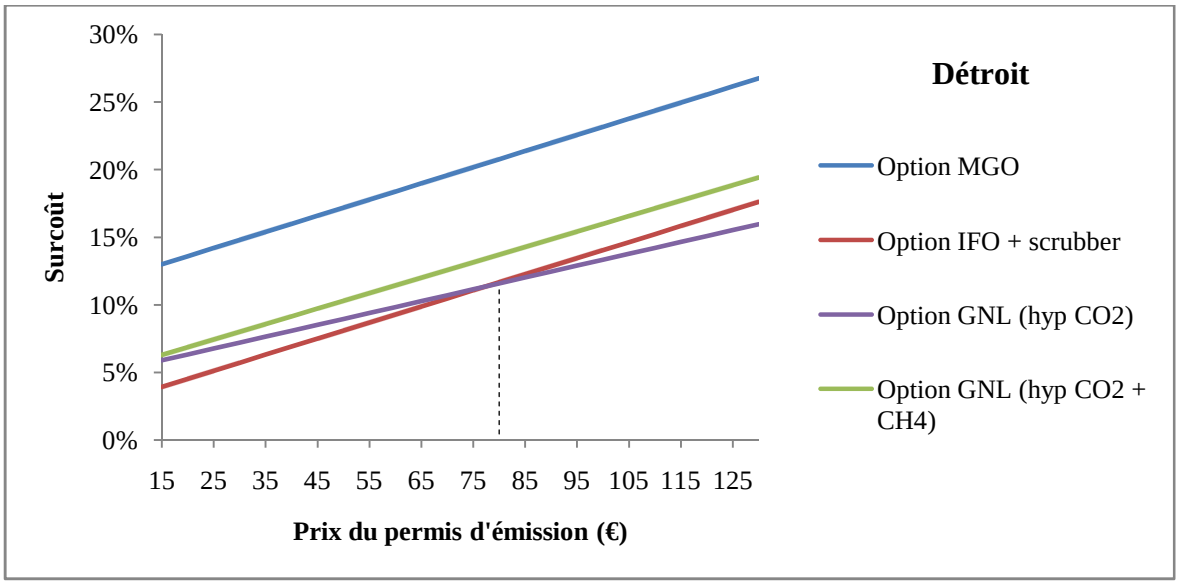
La figure 31 représente l'évolution des surcoûts dans le scénario 2 en fonction du prix des permis d'émission, toutes choses égales par ailleurs. La figure montre qu'en l'absence d'une politique de réduction des émissions de NO_x, un prix du carbone supérieur à 80€ pour le détroit et 75€ pour la Manche Ouest, est nécessaire pour faire basculer les surcoûts en faveur de l'option GNL, à condition que seul le CO_2 soit inclus dans le périmètre de l'EU ETS. En revanche, si le méthane est inclus dans l'EU ETS, l'option scrubber reste l'option qui minimise les surcoûts.

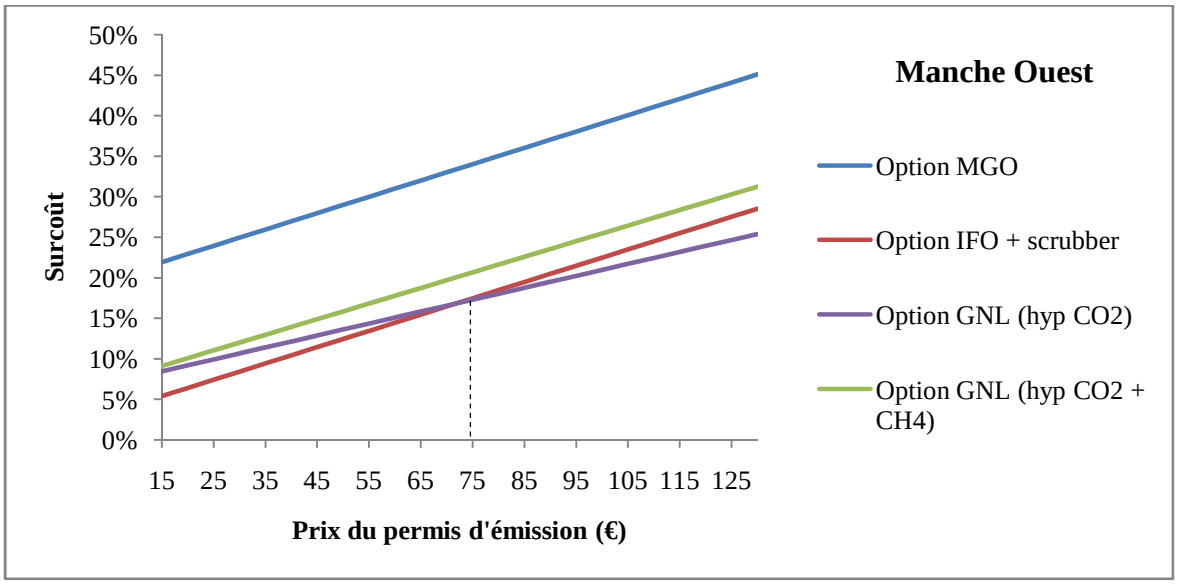
Entre 2005 et 2014, le prix du carbone dans le marché européen de permis a évolué entre 0€ et 30€. Depuis 2011, le prix du carbone ne cesse de diminuer, oscillant autour de 5€ en 2014. Même si l'EU ETS devrait être refondu[118] à l'occasion de la quatrième phase qui débute en

[118] La Commission européenne envisage une réforme du marché européen de permis afin de créer une réserve de stabilité. Elle permettrait d'adapter les volumes de quotas d'émission à mettre aux enchères et de remédier au problème des excédents de quotas qui ont entraîné une chute des prix ces dernières années.

2020, il est peu probable que le prix du carbone atteigne un niveau de 75€ en 2020, sauf à considérer un scénario de rupture. L'incertitude sur le prix des permis d'émission ne devrait donc pas faire basculer les surcoûts en faveur du GNL, en l'absence de politique sur les émissions de NO_x. Les surcoûts de l'option GNL ne deviennent ainsi équivalents ou inférieurs à ceux de l'option scrubber que lorsqu'une politique « NO_x » est mise en œuvre.

Figure 31 - Evolution des surcoûts dans le scénario 2 en fonction du prix des permis d'émission





Réalisation : M. Doudnikoff.

Synthèse

Nos analyses de sensibilité ont révélé que, sauf à considérer une modification radicale de l'évolution passée du prix du MGO et du prix des permis d'émission, les conclusions tirées précédemment (§ 2.2.3) ne sont pas remises en question. En revanche, il suffit d'avoir un prix du GNL inférieur de 13 % au prix du GNL de nos projections pour faire basculer les coûts en faveur de l'option GNL dans le scénario 1, et de seulement 3 % dans le scénario 4. Dans le cadre d'une évolution tendancielle, l'incertitude sur l'évolution du prix du GNL est donc susceptible d'avoir un impact sur la pertinence économique du choix entre scrubber et GNL dans les différents scénarios réglementaires.

La limite de la méthode des analyses de sensibilité est de ne mesurer la variation des coûts que sous l'influence d'une seule variable, les autres variables étant figées, « toutes choses égales par ailleurs ». Cette méthode ne permet donc pas d'obtenir les combinaisons d'hypothèses susceptibles de faire basculer les coûts des options.

3. Les conséquences sur l'offre de transport maritime transmanche

A partir des analyses conduites dans la précédente section et de la connaissance du marché transmanche, nous cherchons à présent à brosser un tableau de l'évolution possible de l'offre de transport sur ce marché en réaction aux politiques environnementales et aux coûts qu'elles ajoutent à des services maritimes pour la plupart exsangues.

3.1 Un recours pertinent mais délicat aux options technologiques

3.1.1 La pertinence des options technologiques…

Nous avons mis en évidence dans la section précédente que, quel que soit le scénario réglementaire considéré, le recours aux options scrubber ou GNL permet d'atténuer fortement les surcoûts par rapport à l'option MGO. Il y a donc un réel intérêt économique pour les compagnies maritimes à adopter l'une ou l'autre de ces deux options. Cet intérêt n'est en outre pas remis en question par l'incertitude relative aux prix de l'énergie, à condition de rester dans une évolution tendancielle de ces prix. Le choix entre l'option GNL et l'option scrubber, sur la base du seul critère des coûts, est moins aisé. Si l'on se place dans le scénario 1 et dans le

scénario 2, l'option scrubber apparaît comme la moins coûteuse. En revanche, dans le scénario 4, les surcoûts entre les deux options sont quasiment équivalents. En outre, l'incertitude relative à l'évolution du prix du GNL peut faire basculer l'une ou l'autre de ces options comme la moins coûteuse. Le choix entre scrubber et GNL dépend donc de la manière dont la compagnie maritime anticipe l'évolution réglementaire et l'évolution du prix du GNL.

3.1.2 …Mais une mutation difficile de la flotte

Le recours aux options technologiques, malgré leur pertinence en termes de coûts, se trouve confronté à trois limites. La première est la contrainte de l'immobilisation du navire pendant la durée de l'installation de l'équipement, qui entraîne une perte de revenus. Le temps d'arrêt pour l'installation d'un scrubber est d'un à deux mois, et cela va jusqu'à cinq mois pour la conversion du navire au GNL. Les coûts liés à cette immobilisation n'ont pas été pris en compte dans les coûts des options scrubber et GNL calculés précédemment. Par ailleurs, les arrêts des navires doivent être étalés dans le temps pour ne pas détruire le schéma d'exploitation du réseau de l'armateur. Par conséquent, si l'armateur n'a pas réalisé le plan de conversion de sa flotte avant l'entrée en vigueur de la limite à 0,1 % en SECA (ce qui est le cas de tous les armateurs présents sur le transmanche), les navires devront utiliser du MGO en attendant d'être modifiés.

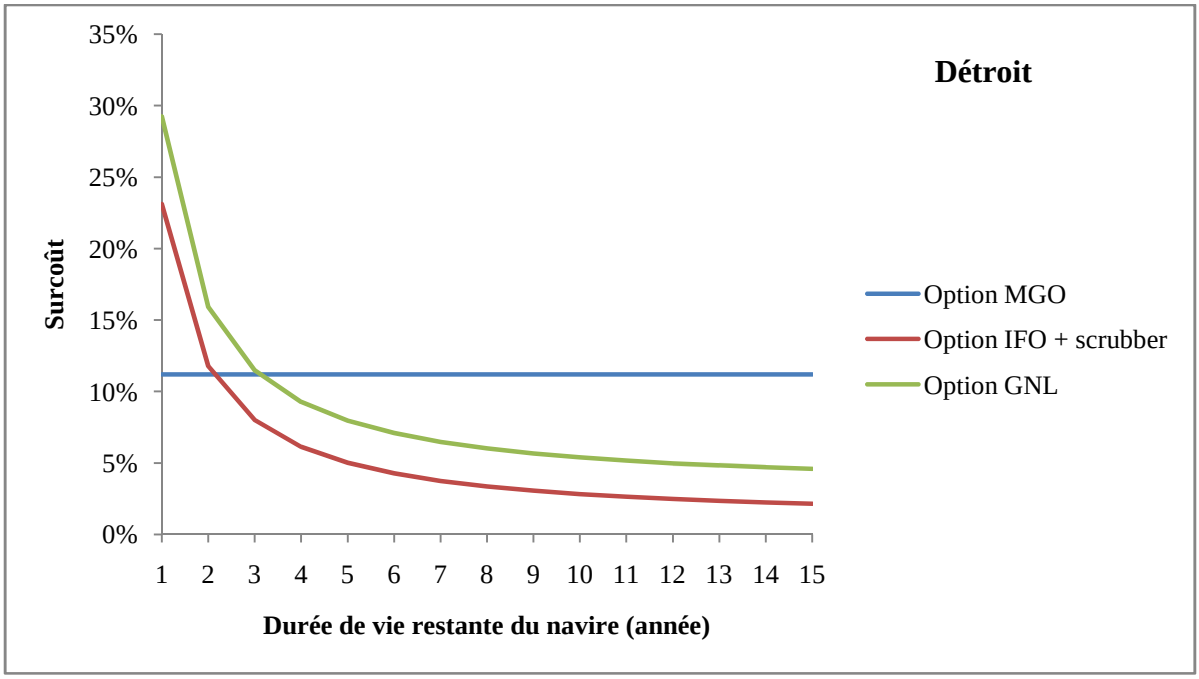
La deuxième limite provient de la difficulté des armateurs à trouver des crédits auprès des banques pour financer la transformation de leurs navires. Il est en effet difficile d'obtenir des prêts bancaires pour financer des technologies peu éprouvées sur des navires affectés à des services affaiblis par les baisses de trafics. Beaucoup d'armateurs n'ont pas les fonds propres suffisants et les banques ont restreint leurs conditions d'octroi[119].

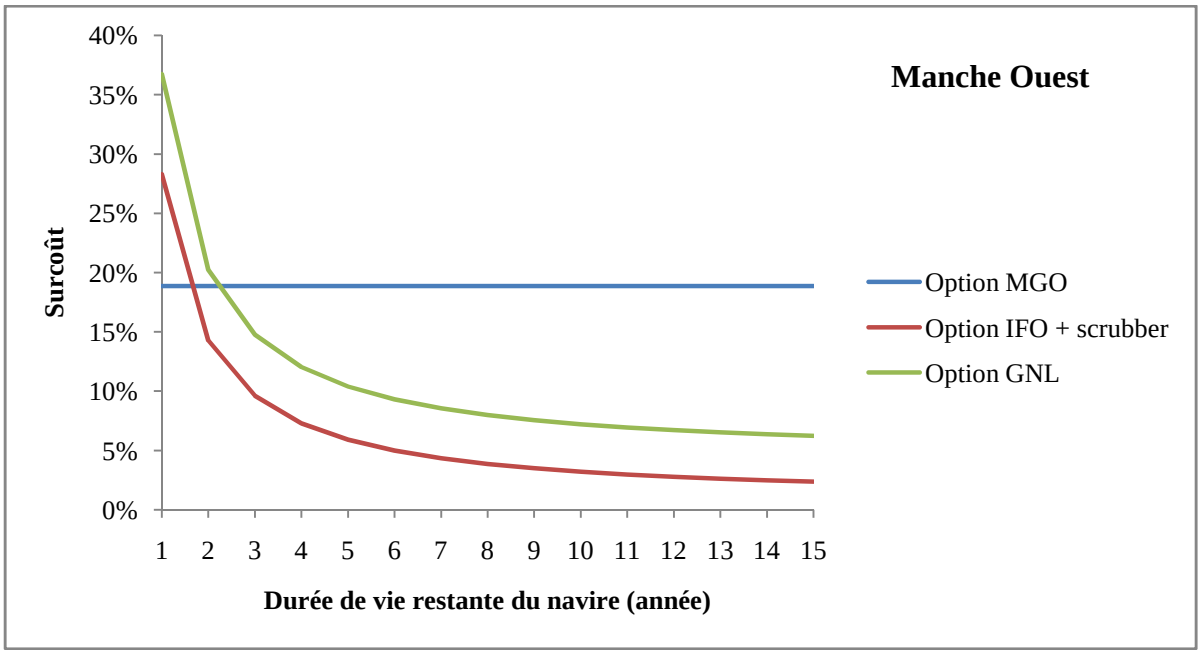
La troisième limite se situe dans l'âge d'un certain nombre de navires actuellement présents sur les services transmanche. Huit navires sur les vingt-quatre déployés sur le marché transmanche ont été construits à la fin des années 1980 ou au début des années 1990. Ces navires seront en fin de vie à l'horizon 2015-2020. Or la durée de vie restante du navire détermine sur combien de temps l'investissement pour les options nécessitant des coûts de capital sera amorti. Plus cette durée est courte, plus les coûts de capital journaliers sont élevés. Nous avons réalisé une analyse de sensibilité des surcoûts à la durée de vie restante du navire (figure 32). La figure 32 montre que lorsque le navire a une durée de vie restante inférieure à deux ans, il vaut mieux utiliser du MGO qu'investir dans un scrubber ou une motorisation au GNL.

[119] Sources : entretiens Brittany Ferries et Direction des Affaires Maritimes.

En raison de ces différentes limites, la mutation de la flotte sera difficile à gérer pour les compagnies et s'étalera dans le temps, imposant pour beaucoup de navires une période de transition pendant laquelle ils fonctionneront au MGO.

Figure 32 - Evolution des surcoûts dans le scénario 1 en fonction de la durée de vie restante du navire





Réalisation : M. Doudnikoff.

3.2 Des effets différenciés entre la Manche Ouest et le détroit

Une répercussion des surcoûts sur les prix des traversées

Nous avons mis en évidence précédemment (§ 2.2.1) que les compagnies maritimes avaient déjà exploité la plupart des gisements de productivité existants. En outre, les marges de profits sont minces voire inexistantes sur le marché du transmanche. Par conséquent, les compagnies maritimes pourront difficilement absorber les surcoûts résultant des politiques environnementales. Elles devraient donc les répercuter intégralement dans le prix de vente des traversées[120]. En fonction de l'évolution réglementaire et des options stratégiques qui auront été retenues, le tableau 39 présente l'évolution du prix de la traversée pour un poids lourd et pour un véhicule particulier avec ses passagers, en partant du prix de vente médian des traversées en 2013 (cf. tableaux 27 et 28) et en s'appuyant sur les surcoûts calculés en § 2.2.3. Il est supposé que les surcoûts sont répercutés de manière identique entre le fret et les passagers.

Tableau 39 - Evolution du prix de la traversée maritime (en €) en fonction du scénario réglementaire et des options stratégiques retenues

	Prix fret en 2013	Scénario 1			Scénario 2			Scénario 4		
		MGO	Scrubber	GNL	MGO	Scrubber	GNL	MGO + RCS	Scrubber + RCS	GNL
Manche Ouest	430	511	440	457	525	455	467	537	466	467
Détroit (ferry)	150	167	153	157	170	156	159	172	159	159
Ecart	280	344	287	300	356	298	308	365	307	308

	Prix voiture en 2013	Scénario 1			Scénario 2			Scénario 4		
		MGO	Scrubber	GNL	MGO	Scrubber	GNL	MGO + RCS	Scrubber + RCS	GNL
Manche Ouest	269	320	275	286	329	284	292	336	292	292
Détroit (ferry)	61	68	62	64	69	64	65	70	65	65
Ecart	208	252	213	222	260	221	228	266	282	228

Des coûts du transport de bout en bout qui augmentent plus en Manche Ouest que sur le détroit

L'augmentation du prix des traversées maritimes se répercutera sur les coûts du transport de bout en bout. Pour les origines ou destinations situées dans les régions de l'hinterland des ports de la Manche (péninsule ibérique, partie ouest de la France) hésitant entre un itinéraire empruntant la Manche Ouest et un itinéraire empruntant le détroit (cf. section 1), le coût de la

[120] Cela nous a été confirmé en entretiens par les différents opérateurs transmanche.

traversée maritime pèse plus dans les coûts du transport de bout en bout de l'itinéraire empruntant la Manche Ouest que dans celui empruntant le détroit (car le prix de la traversée en Manche Ouest est plus élevé que sur le détroit et le passage par le détroit impose des kilomètres routiers supplémentaires). Par ailleurs, nous avons mis en évidence que les surcoûts consécutifs à l'introduction des politiques environnementales s'avèrent plus élevés en Manche Ouest que sur le détroit (§ 2.2.3). En conséquence, l'augmentation des prix du transport des itinéraires route-mer-route devrait se faire plus fortement sentir sur les itinéraires empruntant les services de la Manche Ouest, réduisant les écarts de coûts entre la Manche Ouest et le détroit, et dégradant un peu plus la compétitivité de la Manche Ouest.

Pour illustrer ces effets, nous avons reconstitué les coûts du transport de fret pour différents itinéraires route-mer-route susceptibles d'hésiter entre le passage par la Manche Ouest et celui par le détroit (tableau 40). Les coûts du transport routier sont ceux d'une compagnie française de transport, issus de Franc et Doudnikoff (2013) et obtenus à partir de données fournies par des transporteurs. Cette reconstitution des coûts se veut seulement illustrative, et non pas représentative des effets de la hausse du prix de la traversée maritime sur les coûts du transport de bout en bout, en raison de la diversité des itinéraires et des structures de coûts de transport routier selon la nationalité du transporteur.

Le tableau 40 met en évidence que, par rapport au scénario de référence, l'augmentation des coûts du transport de bout en bout dans les scénarios 1 et 4 est plus élevée pour l'itinéraire empruntant la Manche Ouest que pour celui empruntant le détroit, pour toutes les origines-destinations (O-D) considérées et quelle que soit l'option stratégique retenue. Lorsque le navire fonctionne au MGO (scénario 1), la Manche Ouest perd l'avantage en coût dont elle dispose dans le scénario de référence sur les O-D Rennes/Londres, Tours/Birmingham, et Mont-de-Marsan/Birmingham. Dans le scénario 4 (option MGO), il ne reste plus que trois O-D pour lesquelles la Manche Ouest conserve un avantage en coût.

Lorsque les options scrubber ou GNL ont été choisies, les hausses de coûts sont atténuées et la Manche Ouest conserve son avantage en coût pour toutes les O-D où elle dispose déjà de cet avantage dans le scénario de référence. Néanmoins, les écarts de coûts entre la Manche Ouest et le détroit sont réduits. En outre, l'ajout d'une politique « carbone » et d'une politique « NO_x » (scénario 4, options scrubber et GNL) réduit davantage cet écart, sans toutefois modifier l'itinéraire le moins cher pour les O-D considérées par rapport au scénario de référence. La réduction de l'écart de coût entre l'itinéraire empruntant la Manche Ouest et celui empruntant le détroit renforce l'attractivité du détroit, et peut, avec la prise en compte de critères autres que

les coûts, faire basculer certains trafics même si la différence de coût entre les deux itinéraires reste en faveur de la Manche Ouest.

Concernant les passagers, la Manche Ouest parvient à capter une clientèle haut de gamme. Une partie de cette clientèle pourrait faire le choix de continuer à traverser la Manche Ouest en payant plus cher, mais la part de clientèle la plus sensible au prix pourrait soit réorganiser son voyage de sorte à partir à un moment où les traversées de la Manche Ouest sont moins chères, soit prendre un autre mode de transport (avion et éventuellement location de voiture sur place), soit réaliser des kilomètres supplémentaires pour aller jusqu'au détroit (une solution qui est plus contraignante pour les passagers que pour le fret), soit changer de destination de vacances. La Manche Ouest pourrait donc perdre une partie de ses passagers les plus sensibles au prix, mais ces passagers ne se transfèreront pas tous vers le détroit.

Tableau 40 - Coûts du transport de fret pour des itinéraires route-mer-route empruntant la Manche Ouest ou le détroit (ferry) dans le scénario de référence et dans les scénarios 1 et 4

	Scénario de référence		Scénario 1 - MGO				Scénario 1 - Scrubber				Scénario 1 - GNL			
	Via MO	Via détroit	Via MO		Via détroit		Via MO		Via détroit		Via MO		Via détroit	
	(€)	(€)	(€)	(1)	(€)	(1)	(€)	(1)	(€)	(1)	(€)	(1)	(€)	(1)
Rennes/Londres	1032	1084	1113	7,9%	1100	1,6%	1042	1,0%	1087	0,3%	1059	2,6%	1091	0,6%
Rennes/Cardiff	1132	1323	1213	7,2%	1340	1,3%	1142	0,9%	1327	0,2%	1158	2,4%	1330	0,5%
Rennes/Birmingham	1136	1283	1217	7,2%	1300	1,3%	1146	0,9%	1286	0,3%	1162	2,3%	1290	0,5%
Tours/Londres	1161	1128	1243	7,0%	1145	1,5%	1172	0,9%	1131	0,3%	1188	2,3%	1135	0,6%
Tours/Cardiff	1284	1367	1366	6,3%	1384	1,2%	1295	0,8%	1371	0,2%	1311	2,1%	1374	0,5%
Tours/Birmingham	1288	1327	1370	6,3%	1344	1,3%	1299	0,8%	1330	0,2%	1315	2,1%	1334	0,5%
Mont-de-Marsan/Londres	1763	1727	1844	4,6%	1744	1,0%	1773	0,6%	1731	0,2%	1790	1,5%	1734	0,4%
Mont-de-Marsan/Cardiff	1863	1967	1944	4,4%	1984	0,9%	1873	0,6%	1970	0,2%	1889	1,4%	1974	0,4%
Mont-de-Marsan/Birmingham	1867	1927	1948	4,4%	1943	0,9%	1877	0,6%	1930	0,2%	1893	1,4%	1933	0,4%

	Scénario de référence		Scénario 4 - MGO				Scénario 4 - Scrubber				Scénario 4 - GNL			
	Via MO	Via détroit	Via MO		Via détroit		Via MO		Via détroit		Via MO		Via détroit	
	(€)	(€)	(€)	(1)	(€)	(1)	(€)	(1)	(€)	(1)	(€)	(1)	(€)	(1)
Rennes/Londres	1032	1084	1139	10,4%	1106	2,1%	1068	3,5%	1092	0,8%	1069	3,6%	1093	0,8%
Rennes/Cardiff	1132	1323	1239	9,5%	1346	1,7%	1168	3,2%	1332	0,7%	1169	3,3%	1332	0,7%
Rennes/Birmingham	1136	1283	1243	9,4%	1305	1,7%	1172	3,2%	1291	0,7%	1173	3,3%	1292	0,7%
Tours/Londres	1161	1128	1268	9,2%	1150	2,0%	1197	3,1%	1136	0,8%	1199	3,2%	1137	0,8%
Tours/Cardiff	1284	1367	1391	8,3%	1390	1,6%	1320	2,8%	1376	0,6%	1322	2,9%	1376	0,7%
Tours/Birmingham	1288	1327	1396	8,3%	1349	1,7%	1325	2,8%	1336	0,7%	1326	2,9%	1336	0,7%
Mont-de-Marsan/Londres	1763	1727	1870	6,1%	1750	1,3%	1799	2,0%	1736	0,5%	1800	2,1%	1736	0,5%
Mont-de-Marsan/Cardiff	1863	1967	1970	5,7%	1989	1,1%	1899	1,9%	1976	0,4%	1900	2,0%	1976	0,5%
Mont-de-Marsan/Birmingham	1867	1927	1974	5,7%	1949	1,2%	1903	1,9%	1935	0,5%	1904	2,0%	1936	0,5%

(1) Augmentation du coût de transport de fret par rapport au même itinéraire dans le scénario de référence (en %).
En vert : itinéraire le moins cher entre Manche Ouest et détroit.
Calculs effectués à partir des données de coûts de transport routier issues de Franc et Doudnikoff (2013).

3.3 Vers un renforcement de la concentration des flux sur la route courte ?

3.3.1 De possibles fermetures de services en Manche Ouest

En raison des limites évoquées précédemment (§ 3.1.2), la plupart des navires devraient fonctionner au MGO dans un premier temps, impliquant de forts surcoûts sur les services, une situation qui pénalise particulièrement la Manche Ouest. La dégradation de sa compétitivité devrait conduire à un report d'une partie de ses trafics fret et passagers vers le détroit. Le recul de la demande cumulée à la hausse des coûts du transport maritime pourraient aboutir à la fermeture des lignes les plus fragilisées. Les services de la Manche Ouest les plus menacés sont ceux dont les trafics ont récemment fortement reculé, dont les taux de remplissage paraissent insuffisants, dont la fréquence peut difficilement être réduite sans remettre en cause la viabilité du service, et dont les trafics restants (après déduction des trafics s'étant reportés vers le détroit) pourraient se reporter sur un service de la Manche Ouest substituable moins fragilisé proposé par la même compagnie (Franc et Doudnikoff, 2013).

Ainsi, les liaisons qui apparaissent les plus exposées à une fermeture sont Cherbourg/Poole et Cherbourg/Portsmouth, opérées par Brittany Ferries. Elles ont perdu beaucoup de trafics ces dernières années : -30 % de fret et de passagers sur Cherbourg/Poole, et -7 % de passagers sur Cherbourg/Portsmouth entre 2011 et 2013, plus que la moyenne des pertes de la Manche Ouest sur la même période (-3,5 % de passagers et -10 % de fret). En outre, elles ont une proximité géographique avec le service Caen/Portsmouth qui offre une fréquence supérieure et qui présente une meilleure accessibilité routière que Cherbourg. Les autres services qui pourraient être menacés de fermeture sont les liaisons Roscoff/Plymouth et Saint-Malo/Portsmouth. Ces deux services ont perdu des trafics ces dernières années malgré un regain observé en 2013 (-3,7 % de passagers et -17,4 % de fret sur Roscoff/Plymouth, et -3,1 % de passagers et -20 % de fret sur Saint-Malo/Portsmouth entre 2011 et 2013). Saint-Malo/Portsmouth est pénalisée par sa longueur (elle est la plus longue ligne du transmanche), qui lui impose une consommation de carburant plus élevée. La ligne Roscoff/Plymouth est quant à elle défavorisée par son excentricité géographique : ce service s'adresse à des trafics ayant pour origine ou destination l'ouest de la Bretagne ou l'ouest de l'Angleterre. Son hinterland est réduit, et peut se déporter sur Caen/Portsmouth. Les atouts de ces liaisons proviennent de leur capacité à attirer une clientèle de passagers haut de gamme. La survie de ces services dépendra indubitablement de l'élasticité prix de la demande de cette clientèle aisée, de l'évolution du prix du MGO, et du temps que mettra Brittany Ferries à équiper ses navires de scrubbers ou d'une motorisation GNL. Enfin, les liaisons de la Manche

Ouest Dieppe/Newhaven et Le Havre/Portsmouth apparaissent elles aussi menacées en raison de leur proximité avec le détroit. Le service Dieppe/Newhaven est actuellement opéré par une délégation de service public (DSP) confiée à la compagnie DFDS par le Conseil général de Seine-Maritime qui est prévue jusqu'à fin 2015. Les déficits de ce service sont comblés par une subvention publique qui s'élève à 16 millions d'euros par an. De par son caractère déficitaire, la pérennisation de ce service après 2016 sera entièrement dépendante de la volonté du département de prolonger la DSP. Quant à la liaison Le Havre/Portsmouth, si le port du Havre se veut être la porte d'entrée de la région parisienne, elle subit pleinement la concurrence du détroit.

La ligne Caen/Portsmouth n'apparaît pas menacée de fermeture. Elle concentre en effet la plus grande partie des flux passagers et fret de la Manche Ouest, et elle possède aujourd'hui une rentabilité suffisante pour assurer entre deux et trois départs par jour toute l'année, malgré l'érosion de son trafic ces dernières années. En outre, elle devrait bénéficier des reports de trafics des services de la Manche Ouest qui auraient fermé consécutivement au passage à 0,1 % après déduction des trafics s'étant reportés vers le détroit. La compagnie Brittany Ferries devrait rendre prioritaire la mutation technologique des navires affectés sur ce service, lui permettant d'atténuer les hausses de coûts et de maintenir sa compétitivité par rapport au détroit.

Nous venons ainsi d'établir un ordre des services de la Manche Ouest, des plus exposés à une fermeture aux moins menacés. Le nombre de fermetures de services en Manche Ouest dépendra d'une part de l'évolution du prix du MGO et de la réaction des usagers à ces hausses, et d'autre part de la capacité des compagnies de la Manche Ouest à mettre en œuvre les solutions technologiques leur permettant de réduire les surcoûts. L'évolution du contexte macro-économique aura également une influence. Dans la situation la plus défavorable (prix du MGO très élevé, report massif de trafics vers le détroit, incapacité à trouver des financements pour la transformation des navires, cours de la livre sterling défavorable, croissance économique faible), la Manche Ouest est réduite à la portion congrue, avec comme seul service survivant la liaison Caen/Portsmouth. Dans la situation la moins défavorable (prix du MGO moins élevé que prévu, report limité des clients vers le détroit, capacité à trouver des investissements pour transformer les navires, cours de la livre sterling favorable, croissance économique), les fermetures sont évitées, ou limitées seulement aux services Cherbourg/Poole et Cherbourg/Portsmouth.

3.3.2 Une compétitivité accrue des navettes ferroviaires

Le détroit (ferrys et navettes ferroviaires) devrait bénéficier de reports de trafics de la Manche Ouest. Ces reports ne devraient représenter néanmoins qu'une très faible part du trafic du

détroit. En effet, en supposant par exemple que 20 % des trafics fret et 10 % des trafics passagers de la Manche Ouest se transfèrent sur le détroit, cela ne représente qu'environ 1,3 % de trafic fret et 1,1 % de trafic passagers supplémentaires pour le détroit. Les transferts de trafics de la Manche Ouest vers le détroit ne devraient donc induire qu'une hausse marginale des volumes sur le détroit, celui-ci concentrant déjà les flux entre la France et le Royaume-Uni.

Sur le détroit, l'augmentation des prix des traversées maritimes (cf. sous-section 3.2) atténue l'écart avec le prix du passage en navette ferroviaire. En fonction du scénario réglementaire et de l'option technique retenue, cet écart de prix passe pour le fret de 35€ dans le scénario de référence à 32€ dans la situation la plus favorable (scénario 1 avec scrubber), et à 13€ dans la situation la moins favorable (scénario 4, MGO combiné à une réduction catalytique sélective). En revanche, pour les passagers, l'écart reste important : dans la situation la plus défavorable, la traversée en ferry reste deux fois moins chère que par le tunnel. Une partie du trafic fret pourrait donc se reporter sur les navettes camions. L'ampleur de ces transferts dépend de la hausse des coûts maritimes, mais aussi des choix stratégiques d'Eurotunnel. En effet, on peut envisager deux comportements de la part de l'opérateur des navettes ferroviaires en réaction à la hausse des prix des traversées maritimes : soit il maintient ses prix et augmente ses volumes grâce à la baisse de compétitivité du transport maritime, soit il en profite pour augmenter ses prix, maintenant les mêmes écarts qu'aujourd'hui, et améliorant sa marge. La première stratégie paraît être la plus probable. En effet, Eurotunnel se prépare à une hausse de ses volumes car la société a prévu la commande de trois nouvelles navettes camions et des investissements pour augmenter la capacité d'accueil de ses terminaux fret afin d'offrir jusqu'à huit départs par heure de navettes camions, contre six aujourd'hui (Eurotunnel, 2014). Le tunnel possède en outre une capacité restante disponible considérable puisqu'il n'est utilisé aujourd'hui qu'à hauteur de 55 % de sa capacité totale (Eurotunnel, 2013a). Le report d'une partie du trafic fret vers le tunnel serait préjudiciable aux compagnies maritimes du détroit. Etant donné la tension actuelle sur le détroit (vive concurrence, surcapacité et guerre tarifaire), l'une des compagnies actuellement présente pourrait choisir de se retirer, conduisant à une réduction de l'offre de transport maritime et laissant « un peu d'air » aux opérateurs restants. Ce scénario dépend néanmoins de l'évolution de la bataille juridique engagée entre l'autorité britannique de la concurrence et MyFerryLink (cf. encadré 13) qui pourrait se conclure par le retrait de MyFerryLink du détroit en 2015. Dans ce cas de figure, la réduction de l'offre ne proviendrait pas des politiques environnementales, mais d'une décision juridique concomitante au passage à 0,1 %.

Encadré 13 - L’injonction de l’autorité britannique de la concurrence envers MyFerryLink

L’autorité britannique de la concurrence a estimé dans un rapport publié en février 2013 qu’il y avait eu fusion entre Eurotunnel et MyFerryLink lors du rachat par Eurotunnel des navires de SeaFrance et de la création de la SCOP, et qu’en conséquence, Eurotunnel était en position dominante sur le détroit. Elle a décidé en juin 2013 d’interdire à MyFerryLink d’accoster à Douvres. Eurotunnel et MyFerryLink ont fait appel de cette décision. En décembre 2013, le Competition Appeal Tribunal a cassé la décision de l'autorité britannique de la concurrence, sur un motif de droit portant sur sa compétence. En septembre 2014, l’autorité britannique de la concurrence a refusé de se déjuger et a maintenu l’interdiction du port de Douvres à MyFerryLink. Cette décision est en attente de confirmation.

Conclusion

Les technologies scrubber et motorisation au GNL présentent un haut degré de pertinence pour le transport roulier transmanche, en réponse aux politiques environnementales qui vont affecter le secteur. La mutation de la flotte sera délicate pour un marché transmanche affaibli par les baisses de trafic et en situation de concurrence exacerbée. Cette mutation sera étalée dans le temps, imposant une période de transition au cours de laquelle de nombreux navires utiliseront du MGO. Le passage au MGO conduit à un affaiblissement certain de la compétitivité de la Manche Ouest par rapport au détroit, et sur le détroit, du transport maritime par rapport aux navettes ferroviaires. Même si les technologies permettent d'atténuer les hausses de coût, la Manche Ouest reste plus impactée que les traversées maritimes du détroit, qui sont elles-mêmes confrontées à la concurrence du lien fixe. Les politiques environnementales pourraient alors amplifier un mouvement en cours depuis plusieurs années : le transfert géographique de trafics de la Manche Ouest vers le détroit, et le transfert modal du transport maritime vers le transport ferroviaire du tunnel. Au final, les politiques environnementales catalyseront plus qu'elles n'enclencheront des tendances. L'offre pourrait évoluer vers une diminution des services en Manche Ouest et le retrait plausible d'une compagnie sur le détroit. L'ampleur des modifications de l'offre dépendra de l'évolution du prix du MGO, de la capacité des compagnies à financer des transformations de leurs navires, de l'évolution réglementaire (ajout ou non de politiques « carbone » et « NO_x » à la politique soufre), de la bataille juridique entre MyFerryLink et l'Autorité britannique de la concurrence et du contexte macroéconomique (croissance économique, cours livre sterling/euro).

Chapitre 6

Une étude de cas des choix stratégiques des armateurs du transport conteneurisé international

Après le transport maritime roulier transmanche, c'est un marché maritime tout à fait différent, par ses techniques, son organisation et son échelle de déploiement, que nous abordons à présent : celui du transport maritime conteneurisé international. Notre étude porte plus particulièrement sur le transport maritime conteneurisé entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est, l'une des principales routes de l'artère circumterrestre de circulation des flux conteneurisés. Quelles seront les répercussions technologiques et organisationnelles des politiques de réduction des émissions du transport maritime sur ce marché ? Ces répercussions pourraient-elles modifier l'offre de transport maritime ? Dans une première partie, nous présentons l'organisation générale du transport conteneurisé dont la compréhension est nécessaire pour étudier les répercussions possibles des politiques environnementales. Nous plaçons ensuite la focale sur la route entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est en étudiant l'offre actuelle et la structure de coûts d'un service représentatif de cette route. La troisième partie se consacre à l'étude des choix stratégiques des armateurs des lignes conteneurisées Europe du Nord/Asie de l'Est confrontés aux scénarios réglementaires présentés dans le chapitre 4, et à leur impact sur les coûts des services. Enfin, une réflexion sur les conséquences envisageables des politiques environnementales sur l'offre de transport maritime est proposée.

1. L'organisation du transport maritime conteneurisé international

1.1 Le conteneur : une boîte qui implique une organisation spécifique du transport

1.1.1 Les conséquences techniques et organisationnelles du conteneur

Les conteneurs, inventés dans les années 1950 aux Etats-Unis, sont des boîtes métalliques aux dimensions standardisées, préhensibles grâce à leurs pièces de coin et empilables les unes sur les autres. Le principe initial réside dans la continuité de la chaîne de transport : la marchandise empotée dans le conteneur n'est l'objet d'aucune rupture de charge entre son origine et sa destination, ce qui facilite le passage d'un mode de transport à l'autre.

Cette innovation, simple en apparence, a radicalement modifié le transport maritime de marchandises diverses par rapport au système de transport conventionnel[121]. L'utilisation du conteneur a eu en effet plusieurs conséquences techniques et organisationnelles, liées entre elles, sur la partie maritime du transport. La première conséquence, de nature technique, a été l'amélioration considérable de l'efficacité de la manutention. Grâce à leurs pièces de coin standardisées, la manutention des conteneurs est assurée par des portiques spécialisés pouvant réaliser plusieurs dizaines de mouvements par heure. Le stockage sur le terminal est amélioré grâce à l'empilement des boîtes qui optimise le remplissage de l'espace. L'accélération des opérations portuaires s'est accompagnée de l'augmentation de la capacité des porte-conteneurs pour bénéficier des économies d'échelle en mer. Des générations de navires porte-conteneurs toujours plus grands se succèdent, résultant de la recherche permanente par les armateurs d'une capacité maximale au moindre coût à l'unité transportée. Des conséquences organisationnelles en résultent : la massification du transport maritime nécessite de concentrer les flux sur certains itinéraires et de limiter les escales. Les navires de grande taille, ou « navires-mères », ne peuvent en effet desservir tous les ports pour des raisons techniques car les ports doivent avoir des tirants d'eau suffisants et être équipés de moyens de manutention performants. En outre, la rentabilité d'une escale n'est justifiée que pour un certain volume à charger ou décharger, estimé au minimum à environ 10 % de la capacité totale du navire (Frémont et Soppé, 2005). En conséquence, les navires-mères ne font escale que dans quelques grands ports principaux, ou *hubs*, à partir desquels des dessertes de rabattement ou de distribution de conteneurs vers les ports

[121] Le transport conventionnel est utilisé pour convoyer des marchandises qui ne sont ni en vrac, ni en conteneurs, ni en charges roulantes, mais en palettes, sacs, paquets, etc. Ces marchandises nécessitent une logistique spécialisée, « sur-mesure », à l'inverse de la logistique standardisée du conteneur.

secondaires sont assurées par des navires plus petits appelés « feeders ». Les réseaux maritimes conteneurisés sont de la sorte organisés en *hub-and-spoke*. Outre l'avantage de massifier les flux entre les hubs, cette architecture a aussi la propriété de multiplier le nombre de connections possibles par l'ajout d'un nombre limité de liaisons.

Les économies d'échelle permises par l'utilisation de grands navires et de hubs favorisent la constitution de grands armements capables de contrôler des volumes suffisants pour justifier les investissements en capital considérables de la conteneurisation. Des stratégies d'intégration horizontale sont mise en œuvre : croissance interne, rachat de concurrents ou alliance. Les alliances sont des accords entre armements pour partager leurs moyens, ce qui leur permet d'offrir une couverture géographique et des fréquences supérieures à celles qu'ils pourraient offrir seuls. A côté de la concentration horizontale, la conteneurisation favorise également les stratégies d'intégration verticale de la chaîne de transport par les compagnies maritimes, afin à la fois de capter du fret pour remplir leurs navires et de proposer une offre porte-à-porte. Ces stratégies peuvent prendre la forme d'une intégration par l'armateur des fonctions de la commission de transport en organisant le transport sur terre, de manutention en devenant opérateur de terminaux portuaires, et de transporteur terrestre, seul ou en partenariat avec des entreprises spécialisées dans ces domaines.

1.1.2 Une organisation qui met les ports au service des réseaux

Il existe deux configurations de hub, port dont la fonction est de concentrer les trafics dans le réseau *hub-and-spoke*. La première est celle du port qui concentre les trafics venant à la fois de la mer par la desserte des feeders, et de la terre par un pré (ou post) acheminement en provenance (ou à destination) de son hinterland réalisé soit en mode terrestre massifié (fer ou fleuve) soit en transport routier. Le port est à la fois un centre de transbordement et un port d'hinterland connecté à un marché terrestre. Il convient de souligner que l'hinterland des ports n'est pas nécessairement captif grâce au potentiel intermodal du conteneur qui augmente les alternatives d'acheminement d'un point terrestre à un autre. En d'autres termes, le choix des ports dans la chaîne de transport intermodal n'est pas forcément déterminé par leur proximité par rapport aux origines ou destinations finales (Frémont, 2005).

La deuxième configuration est celle du hub de transbordement ne possédant pas d'hinterland, et qui a pour fonction de rationnaliser les flux par le transbordement des conteneurs entre les lignes principales et les lignes secondaires. Ces ports sont localisés le long des routes maritimes principales et permettent une déviation minimale du navire, évitant ainsi les détours

vers des ports dont les volumes ne sont pas suffisants pour justifier une touchée directe par navire-mère. Le port, affranchi de sa fonction traditionnelle d'interface entre un arrière-pays terrestre et un avant-pays maritime, est mis au service du réseau de transport conteneurisé.

1.2 La construction des services conteneurisés : paramètres décisionnels

La réflexion de l'armateur de ligne dans la construction de ses services est fondée sur le souci permanent de remplir ses navires et de réduire le coût unitaire (Huchet, 1997). La décision d'ouvrir une ligne repose sur une analyse du marché à desservir et de la distribution de la demande (nombre et dispersion des destinations finales, densité des flux, existence de déséquilibres commerciaux) (Notteboom et Vernimmen, 2009), et de la manière dont cette nouvelle ligne s'insère dans la politique d'extension du réseau de l'armateur. Une fois la route maritime déterminée, trois décisions interreliées interviennent dans la planification d'un service : le choix de l'itinéraire, la taille des navires à déployer, et leur vitesse.

1.2.1 Le choix de l'itinéraire

Le choix de l'itinéraire concerne le choix des ports et le nombre d'escales sur une route maritime donnée. Comme mentionné précédemment, le choix des ports est confronté à l'exigence majeure d'un remplissage suffisant justifiant le coût de l'escale[122], ainsi qu'à des critères d'ordre technique concernant le tirant d'eau et la qualité des équipements de manutention. D'autres critères interviennent tels que l'accessibilité à l'hinterland ; la fiabilité, la capacité, les fréquences et les coûts des services de transports terrestres intermodaux ; la position géographique par rapport aux lignes maritimes et à l'hinterland ; l'efficacité du port ; sa connectivité avec des lignes de long cours et des lignes de feeders ; les coûts de la manutention et des services portuaires ; la présence d'activités logistiques à valeur ajoutée (comme l'entreposage) ; la sûreté ; la réputation du port ; etc. (Ducruet et Notteboom, 2012 ; Aronietis et al., 2010).

Le choix des ports peut aussi être influencé par d'autres facteurs qui vont au-delà des critères énoncés ci-dessus (Notteboom, 2009) : si la compagnie maritime appartient à une alliance, le choix des ports résulte de négociations entre les membres de l'alliance ; les gros chargeurs peuvent peser sur le choix des ports d'escale d'une ligne maritime ; une compagnie peut avoir des

[122] Le coût d'une escale est composé du coût de déroutement du navire pour accéder au port, des frais de pilotage, remorquage et lamanage, des droits de port, des coûts de manutention et des coûts d'immobilisation du navire (Bergano, 2002).

participations financières dans le capital de terminaux portuaires et est en conséquence incitée à inclure des escales dans ces ports pour optimiser l'utilisation de ses terminaux ; enfin, des phénomènes d'inertie peuvent conduire les armements à conserver un port d'escale, alors même que ce n'est pas le meilleur choix pour leur réseau, parce qu'ils considèrent que le changement impliquerait des efforts et des coûts trop élevés par rapport aux coûts de la situation existante non optimale.

Selon la route maritime, l'armateur pourra réaliser des escales intermédiaires (« en route »), si la déviation n'est pas significative et si ces escales sont justifiées économiquement pour compléter le remplissage du navire ou optimiser le résultat du voyage par la double utilisation des cellules (Huchet, 1997).

Outre le choix des ports, l'armateur doit arbitrer entre réaliser un grand nombre d'escales, lui permettant de remplir son navire et de limiter le recours au feedering (qui est coûteux car il faut acquitter deux fois le coût du transbordement ainsi que le coût du transport par feeder), ou au contraire réduire leur nombre pour raccourcir le temps du voyage et augmenter le nombre de rotations par navire limitant ainsi le nombre de navires à déployer sur le service. L'ajout d'escales dans la rotation repose donc sur un compromis entre les revenus additionnels générés par le fret capté et les coûts supplémentaires résultant des coûts d'escale et de l'allongement du temps de la rotation.

Enfin, l'ordre des ports dans la rotation n'est pas anodin. Le premier port desservi dans une rangée portuaire a un avantage sur le temps de transit pour les importations, tandis que le dernier port est avantagé pour les exportations. En outre, les mêmes ports peuvent être desservis à l'aller et au retour de manière symétrique, ou au contraire les ports peuvent être différents entre l'aller et le retour. Les possibilités sont nombreuses.

1.2.2 La taille des navires

Un navire porte-conteneurs se définit par sa capacité en EVP. Le coût de cellule diminue lorsque la taille du navire augmente. Pour autant que la capacité soit utilisée, les navires de grande taille procurent un avantage en coût par EVP transporté. La recherche des économies d'échelle conduit à une augmentation continue de la capacité des porte-conteneurs depuis la fin des années 1960. La taille maximale est passée de 4 000 EVP en 1990, à 7 500 en 2000, à 14 000 EVP en 2006 avec la série E de Maersk, puis à 18 000 EVP en 2013 avec les « Triple E » de Maersk. En novembre 2014, China Shipping Container Line a pris livraison d'un navire de 19 000 EVP. L'année 2016 devrait voir arriver des navires de 19 200 EVP, l'armateur Scorpio ayant signé une

lettre d'intention avec le constructeur Samsung pour trois navires de cette taille destinés à être affrétés à MSC (Le Marin, 20/11/2014). L'augmentation de la taille des navires est favorisée par le fait que le navire porte-conteneurs est standardisé : il peut être réaffecté sur d'autres routes. Le déploiement de navires de plus en plus grands sur les grands axes a ainsi un effet en cascade sur les routes secondaires.

Les économies d'échelle sont générées par trois postes de coûts : les coûts de capital, les coûts opérationnels et les coûts de carburant (Stopford, 2009). Le tableau 41 présente les coûts de capital, les coûts opérationnels, et la consommation de carburant par navire et par cellule pour différentes tailles de porte-conteneurs, ainsi que les économies d'échelle résultant de la mise en service d'un navire de taille supérieure. Nous ne disposons pas des données de coûts pour les navires de taille supérieure à 13 000 EVP car ils sont trop récents. Le tableau 41 confirme bien que les coûts de capital, les coûts opérationnels et la consommation de carburant ramenés à la cellule diminuent lorsque la taille du navire augmente. Le tableau montre aussi que plus le navire est grand, plus les économies résultant de l'ajout de capacité sont faibles : les rendements d'échelle sont décroissants.

Tableau 41 - Illustration des économies d'échelles sur les coûts de capital, les coûts opérationnels, et la consommation de carburant par navire et par cellule pour différentes tailles de porte-conteneurs

Taille du navire (EVP)	1600	3000	5500	8500	13000	18000
Coût de capital journalier						
Coût/navire ($/jour)[1]	6098	8321	14476	21068	31459	ad
Coût/cellule ($/jour)	3,8	2,8	2,6	2,5	2,4	ad
Diminution du coût/cellule en % par rapport à la taille inférieure		-27%	-5%	-6%	-2%	ad
Diminution du coût/cellule pour chaque EVP ajouté à la taille inférieure ($\times 10^{-4}$)		-7,4	-0,6	-0,5	-0,1	ad
Coût opérationnel journalier						
Coût/navire ($/jour)[1]	5581	7854	11157	12252	13871	ad
Coût/cellule ($/jour)	3,5	2,6	2,0	1,4	1,1	ad
Diminution du coût/cellule en % par rapport à la taille inférieure		-25%	-23%	-29%	-26%	ad
Diminution du coût/cellule pour chaque EVP ajouté à la taille inférieure ($\times 10^{-4}$)		-6,2	-2,4	-2,0	-0,8	ad
Consommation de carburant des moteurs principaux à 20 nœuds						
Puissance des moteurs principaux (kW)[2]	14000	25000	42500	51400	64000	79000
Vitesse de conception (nœuds)[2]	20	22,5	24	24	24	24
Consommation/navire (tonne/jour)[3]	55,4	69,4	97,3	117,6	146,5	180,8
Comsommation/cellule (tonne/jour)	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Diminution de la consommation/cellule en % par rapport à la taille inférieure		-33%	-24%	-22%	-19%	-11%
Diminution de la consommation/cellule pour chaque EVP ajouté à la taille inférieure ($\times 10^{-6}$)		-8,2	-2,2	-1,3	-0,6	-0,2

ad : absence de données.

M. Doudnikoff d'après :
[1] MEDDTL, 2012
[2] MAN diesel & Turbo, 2009
[3] calculé à partir de la formule de consommation donnée dans Corbett et al. (2009).

La taille optimale des navires à déployer sur un service est fonction des volumes à transporter, de la longueur de la route, et du temps passé au port. La taille optimale augmente sur les longues distances et lorsque le temps passé au port est réduit car les économies d'échelle sont réalisées en mer (Cullinane et Khanna, 2000). En outre, le nombre de conteneurs à manutentionner pour rentabiliser une escale augmente à mesure que la taille du navire croît. La taille du navire a donc un impact sur l'itinéraire. Plus le navire est grand, plus le choix de l'itinéraire est contraint, puisque les ports d'escale doivent avoir un tirant d'eau suffisant, drainer des volumes importants, être efficaces pour limiter le temps passé au port, et être connectés à un système de transport terrestre massifié pour évacuer les importantes quantités de conteneurs.

1.2.3 La vitesse des navires

Tandis que la taille des navires affectés à un service détermine sa capacité statique, la vitesse de navigation des navires conditionne la capacité dynamique. Plus la vitesse du navire est élevée, plus il pourra effectuer de rotations annuellement et plus le nombre de conteneurs transportés par navire sera important. La vitesse détermine donc aussi la taille de la flotte sur le service, puisque pour une fréquence de desserte donnée, augmenter la vitesse permet de diminuer le nombre de navires nécessaires et inversement. En général, les lignes conteneurisées observent une fréquence hebdomadaire : les ports d'escale du service sont desservis une fois par semaine à jour fixe. La durée de la rotation va de quelques jours pour les lignes de feeder à plusieurs semaines pour les services intercontinentaux. Lorsque la fréquence est hebdomadaire, le nombre de navires sur le service correspond à la durée de la rotation en semaine. Le nombre de navires sur un service étant un nombre entier, le temps de transit en jour d'une rotation hebdomadaire est un multiple de 7.

La consommation de carburant des porte-conteneurs est approximativement proportionnelle au cube de la vitesse. En conséquence, une augmentation ou une diminution de la vitesse a un fort impact sur la consommation. Le nombre de navires affectés à un service dépend évidemment de la longueur de la route, mais résulte également d'un compromis que l'armateur doit trouver entre les coûts de carburant et les coûts du nombre de navires à déployer sur une boucle en fonction de la vitesse choisie.

Les porte-conteneurs sont traditionnellement des navires rapides. Par le passé, les compagnies maritimes ont fait naviguer leurs porte-conteneurs à pleine vitesse (autour de 25 nœuds) pour soutenir la croissance rapide des échanges conteneurisés. Les navires des générations successives de porte-conteneurs n'étaient pas seulement de plus en plus grands mais aussi de plus en plus rapides. La crise économique de 2008 qui s'est traduite par une chute des taux de fret et une surcapacité de la flotte, cumulée à la forte hausse du prix des carburants a néanmoins modifié cette tendance. A partir de 2008, les compagnies maritimes ont commencé à diminuer la vitesse de leurs porte-conteneurs, pour maîtriser leurs coûts et absorber la surcapacité afin d'éviter le désarmement de leurs navires. La diminution de la vitesse nécessite en effet l'ajout de navires sur le service pour maintenir une fréquence hebdomadaire. En période de prix élevé du pétrole, les économies de carburant réalisées compensent les coûts additionnels liés à l'ajout de navires. Pour les chargeurs, une telle pratique a l'avantage d'améliorer la ponctualité du service (Notteboom et Vernimmen, 2009), mais présente l'inconvénient majeur d'augmenter leurs coûts de stock en raison de l'immobilisation prolongée de la marchandise (Psaraftis et Kontovas, 2010).

Si l'abaissement de la vitesse (*slow steaming* en anglais) est une pratique bien connue déjà mise en œuvre dans le passé (à la suite des chocs pétroliers notamment), c'est la première fois qu'elle se voit généralisée de la sorte. Dès lors se pose la question de sa pérennité. Cariou (2011) a montré que le *slow steaming* ne se maintient qu'avec un prix du carburant d'au moins $350-$400 pour les routes Europe/Asie et Asie/Amérique du Nord, d'au moins $400-$450 pour les routes Nord Atlantique, Moyen-Orient/Asie du Sud et Afrique, et d'au moins $550-$570 pour les routes vers l'Océanie et l'Amérique du sud (en prenant en compte les surcoûts de stock résultant de l'allongement du voyage). Les armateurs semblent avoir inscrit le ralentissement de la vitesse dans la durée et n'envisagent pas la réapparition des vitesses élevées pratiquées il y a quelques années. Les porte-conteneurs commandés aujourd'hui sont conçus pour aller à des vitesses inférieures à 23-24 nœuds avec des puissances installées moins élevées et une meilleure flexibilité dans l'usage de la puissance leur permettant de fonctionner sur une large gamme de vitesses. Outre l'adaptation du moteur, d'autres parties de navire se voient ajuster au *slow steaming*, comme les bulbes d'étrave. La compagnie CMA CGM a déjà fait passer en chantier vingt-cinq de ses porte-conteneurs pour réduire la taille des bulbes d'étrave afin de diminuer la résistance à l'avancement pour les vitesses d'exploitation actuelles (16 à 18 nœuds) (Le Marin, 30/10/2014).

Cheaitou et Cariou (2013) et Ferrari et al. (2013) expliquent que le *slow steaming* conduit à une augmentation générale du temps de transit mais aussi à une plus grande diversification des caractéristiques des services proposés sur une même route, pour tenir compte de la préférence de certains chargeurs pour des temps de transit plus courts. Ainsi, les chargeurs ont le choix entre des services lents, et des services plus rapides grâce à une vitesse plus élevée et la limitation des escales. Cette observation peut se vérifier en calculant la moyenne et l'écart-type des temps de transit des services entre l'Europe du Nord et l'Asie en février 2005, en décembre 2007 (début du *slow steaming*) et en avril 2012 (cf. tableau 42). Il y a bien eu une augmentation du temps de transit moyen entre 2005 et 2012 passant de 8,12 à 10,31 semaines, et l'écart-type est passé de 0,65 à 1,19, traduisant une plus grande dispersion des temps de transit proposés.

Tableau 42 - Moyenne et écart-type des temps de transit des services entre l'Europe du Nord et l'Asie

	Février 2005[1]	Décembre 2007[1]	Avril 2012[2]
Moyenne (semaine)	8,12	8,50	10,31
Ecart-type	0,65	0,95	1,19

[1] Calculé à partir des données présentées dans Notteboom et Vernimmen (2009).
[2] Calculé à partir de Containerisation International (2012).

1.2.4 Conclusion

Nombreux sont les paramètres de réflexion qui interviennent dans la planification des services de lignes régulières, et qui vont dans des sens parfois opposés. La gestion d'une ligne régulière est « la recherche des meilleurs compromis » (Huchet, 1997). Les armateurs élaborent les services qu'ils jugent opportun d'offrir en fonction des facteurs énoncés précédemment, mais ils doivent dans le même temps fournir l'offre que leurs clients veulent en termes de fréquence, de temps de transit et d'accessibilité directe (Notteboom et Vernimmen, 2009).

2. Focus sur la route entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est

Nous plaçons la focale à présent sur la route maritime entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est. Ces continents concentrent les façades portuaires les plus dynamiques au monde. Il existe une concurrence à l'échelle de l'Europe entre les façades nord-Europe et méditerranéenne dont les ports peuvent prétendre à l'accueil des navires-mères pour la desserte du cœur du marché constitué de la dorsale européenne (Frémont et Soppé, 2005). Néanmoins, les ports de la rangée Nord accueillent la majeure partie des trafics vers ou depuis l'Asie (cf. tableau 43). Malgré l'avantage d'un temps de transit maritime plus court dont disposent les ports méditerranéens sur les ports de la rangée Nord pour les flux entre l'Asie et l'Europe méridionale et centrale, la qualité des connections intermodales de la rangée Nord à un hinterland élargie expliquent le maintien de la prépondérance de cette façade pour la desserte de l'Europe (Notteboom, 2010). Les ports d'hinterland de la Méditerranée occidentale desservent des marchés locaux et régionaux, avec une pénétration limitée des marchés situés au nord des Alpes et des Pyrénées (Gouvernal et al., 2005).

Cette section se propose de décrire l'offre de services déployés entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est en 2012, et la structure de coûts d'un service type de cette route.

Tableau 43 - Trafics Europe/Asie de l'Est en 2012

Asie de l'Est vers Europe du Nord 9 397 000 EVP	Asie de l'Est vers Méditerranée 4 330 000 EVP
Europe du Nord vers Asie de l'Est 4 660 000 EVP	Méditerranée vers Asie de l'Est 1 592 000 EVP

Source : Containerisation International, May 2013.

2.1 L'offre sur la route Europe du Nord/Asie de l'Est en 2012

Notteboom et Vernimmen (2009) proposent un panorama des services conteneurisés entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est pour les périodes de fin 2007 et de début 2005 à partir de données issues de AXS-Alphaliner. Nous proposons une actualisation de ce panorama à partir de données de Containerisation International (2012). Outre l'étude de l'offre sur la route entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est, cette description permet aussi d'illustrer les choix de planification de services qui ont été expliqués dans la section précédente.

En avril 2012, l'offre de services entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est est composée de 26 services, incluant 268 navires avec une capacité moyenne de 9 435 EVP. Le nombre de navires affectés sur chacun des 26 services va de 7 à 11, avec une moyenne de 10,3. Le nombre total d'escales se situe entre 8 et 19, avec une moyenne de 14,3 escales par service. La distribution géographique des escales est comme suit.

Le nombre d'escales en Europe du Nord se situe entre 3 et 7, avec une moyenne de 4,1. Le port de Rotterdam apparaît incontournable puisqu'il est desservi par 24 services sur 26. Rotterdam est en première position d'escale pour les navires arrivant en Europe du Nord sur 10 services, et en dernière position sur 8 services, un avantage puisque cela réduit le temps de transit entre les ports asiatiques et Rotterdam à l'import et à l'export, traduisant la forte position de marché du port hollandais pour les importations et exportations européennes. Le port d'Hambourg est desservi par 19 services mais n'est en première position que pour 3 services et en dernière position pour un seul service. Suivent ensuite les ports de Felixstowe (inclus dans 12 services), Bremerhaven (9 services), Le Havre (8 services) qui bénéficie de sa position géographique de premier port à l'importation et de dernier à l'exportation de la rangée Nord en étant en première position sur 5 services et en dernière position sur 4, Anvers (8 services), Zeebrugge (6 services), Southampton (5 services). Viennent enfin les ports de Thamesport, Gdansk, Gothembourg, Aarhus et Dunkerque desservis par un ou deux services. Plus particulièrement, les ports de la Baltique (Gdansk, Gothembourg, Aarhus), à l'extrémité de la ligne, sont majoritairement desservis par feeders, mais certains armements choisissent de les desservir directement.

Le nombre d'escales en Asie de l'Est va de 5 à 11, avec une moyenne de 8,7. Le complexe de Shenzhen (regroupant les ports de Yantian, Shekou, et Chiwan) est le plus visité (22 services), avant Ningbo (18 services), Shanghai (15 services), Hong Kong (14 services), Singapour (13 services), suivis de Port Kelang, Xiamen, Xingang, Qingdao, Guangzhou, Busan, Tanjung Pelepas, Kobe, Pusan.

Sur les 26 services, 10 services sont sans escale intermédiaire, et 16 services réalisent au moins une escale intermédiaire entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est. 12 services proposent au moins une escale intermédiaire en Méditerranée, à l'ouest (Algeciras, Tanger, Valence) (7 services), au centre (Giao Tauro, Marsaxlokk) (2 services), ou à l'est (Le Pirée, Beyrouth, Haifa, Ashdod, Limassol) (3 services). Il s'agit essentiellement de ports de transbordement, dont la localisation permet une déviation limitée du navire, à partir desquels sont desservis tous les ports de la Méditerranée et de la mer Noire par un réseau de feeders. Enfin, 14 services proposent au moins une escale intermédiaire en Asie du Sud (Colombo, Nhava Sheva) (5 services), à l'entrée du Golfe persique (Jebel Ali, Khor Fakkan) (4 services), en Mer d'Arabie (Salalah) (4 services), ou en Mer Rouge (Jeddah) (6 services), avec de même des services feeders vers les ports de leur région.

Tableau 44 - Evolution des caractéristiques moyennes des services entre février 2005 et avril 2012

	Nombre de services	Nombre moyen de navires	Taille moyenne des navires (EVP)	Nombre moyen d'escales				
				En Eur. du Nord	En Asie de l'Est	En Méd.	Autre	Total
Février 2005[1]	27	8,1	5 712	3,9	7,5	0,9	0,9	13,2
Décembre 2007[1]	32	8,5	7 410	3,7	7,2	0,8	1,0	12,6
Avril 2011[2]	31	9,2	8 761	3,9	9,6	0,7	0,8	15,1
Avril 2012[3]	26	10,3	9 435	4,1	8,7	0,7	0,8	14,3

[1] Source : Notteboom et Vernimmen (2009).
[2] Source : Doudnikoff, et al. (2014).
[3] Source : Containerisation International (2012).

Le tableau 44 montre l'évolution des caractéristiques moyennes des services entre 2005 et 2012. La taille moyenne des navires a augmenté de 65 % sur la période considérée, traduisant la course aux économies d'échelle évoquée précédemment. Le nombre moyen d'escales par service est plus élevé en 2011-2012 qu'en 2005-2007, un résultat surprenant car comme évoqué dans la partie précédente, l'augmentation de la taille des navires tend en théorie à limiter le nombre d'escales. Dans la pratique, les accords entre armements permettent de toucher plus de ports en direct et de limiter le recours aux feeders (Lacoste, 2013b). Autre observation, le nombre moyen de navires par service (qui est déterminé par la durée de la rotation) a augmenté de 27 % passant de 8,1 en février 2005 à 10,3 en avril 2012, en raison de l'augmentation du nombre de ports desservis et surtout de la mise en œuvre du *slow steaming*.

2.2 La structure de coûts des services Europe du Nord/Asie de l'Est

La structure de coûts d'un service maritime se compose des coûts de capital, des coûts d'exploitation (coûts d'équipage, coûts d'assurance, coûts de réparation et de maintenance, coûts administratif et commercial), des coûts de voyage (coûts de soute, charges portuaires, droits de canaux), et des coûts de manutention. Pour les services conteneurisés, il faut ajouter des postes de coûts spécifiques qui sont les coûts de conteneurs et les coûts d'agence. Cette section s'intéresse à la structure de coûts des services Europe du Nord/Asie de l'Est.

2.2.1 Sélection d'un service illustratif

A partir de la description des services proposés entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est de la précédente sous-section, nous avons retenu un service type qui pourrait être encore en circulation à l'horizon 2020, afin d'en reconstituer la structure de coûts dans le scénario de référence défini en chapitre 4 (§ 2.3.3).

Nous supposons que le service est opéré par des porte-conteneurs de 13 000 EVP, ce qui devrait faire partie des plus petites tailles de navires déployés entre l'Europe du Nord et l'Asie en 2020, étant donné le rythme de croissance actuel de la taille des navires mis en avant dans la sous-section précédente. Néanmoins, nous ne disposons pas des données de coûts pour les navires de plus grande taille. Il convient de distinguer la capacité géométrique du navire, utilisée pour définir les porte-conteneurs et qui correspond au nombre de cellules, et la capacité réelle correspondant au nombre d'EVP que peut transporter le navire en prenant en compte leur poids dans les limites exigées de tirant d'eau et de stabilité. En considérant un chargement moyen de 10 tonnes par EVP, la capacité réelle du navire est de 12 500 EVP (MEDDTL, 2012). Nous supposons que le navire a une vitesse de conception de 24 nœuds et qu'il dispose d'une puissance de 64 000 kW pour ses moteurs principaux (MAN diesel & Turbo, 2009), et de 3 081 kW pour ses moteurs auxiliaires (Buhaug et al., 2009).

Notre service type réalise 14 escales, dont 4 en Europe du Nord et 10 en Asie de l'Est, et est sans escale intermédiaire. Nous prenons une durée moyenne d'escale de 1,0 jour (MEDDTL, 2012). La distance de la rotation est de 23 000 miles nautiques, dont 1 500 sont situés en zone SECA. La figure 33 illustre le type de service retenu. Nous supposons que 10 navires sont nécessaires sur la rotation pour assurer une fréquence hebdomadaire, ce qui correspond à la moyenne observée en 2012. La vitesse moyenne (V) est donnée par la formule suivante :

$$V = \frac{D}{(N \times 7 - T_p - T_r) \times 24} \quad (1)$$

où D est la distance totale de la rotation ; N, le nombre de navires égal à la durée de la rotation en semaine ; T_p est le temps passé au port et T_r la réserve de temps (*buffer time* en anglais) pour tenir compte des circonstances non programmables pouvant ralentir le navire (courants contraires en mer, mauvais temps, congestion portuaire, etc.). Nous retenons une réserve de temps de 3 jours (ce temps peut être plus ou moins long en fonction de la marge que l'opérateur veut se laisser pour garantir la ponctualité). En appliquant la formule, nous obtenons une vitesse moyenne de 18 nœuds.

Figure 33 - Service type Europe du Nord/Asie de l'Est

Adapté de CMA CGM.

Le navire est rempli à 95 % dans le sens Asie/Europe et à 48 % dans le sens Europe/Asie (MEDDTL, 2012), en raison du déséquilibre des échanges commerciaux entre les deux continents (cf. tableau 43). Compte tenu de ce déséquilibre, le repositionnement des conteneurs vides impose des coûts logistiques loin d'être négligeables, car il faut payer la manutention de ces conteneurs sur le voyage du retour. Nous supposons que les conteneurs vides occupent 50 % de la capacité du navire dans le sens Europe/Asie (MEDDTL, 2012). Enfin, nous faisons l'hypothèse que le navire transporte 60 % de conteneurs de 40 pieds et 40 % de conteneurs de 20 pieds (MEDDTL, 2012). L'utilisation d'un conteneur de 40 pieds a l'avantage de diminuer le coût de manutention par rapport à l'utilisation de deux conteneurs de 20 pieds, la manutention d'un conteneur de 40 pieds ayant un coût aussi élevé, ou légèrement plus élevé, que celle d'un conteneur de 20 pieds. Le tableau 45 récapitule les caractéristiques de notre service type.

Tableau 45 - Hypothèses sur les caractéristiques du navire et de la rotation

Caractéristiques du navire	
Capacité géométrique (EVP)	13 000
Capacité réelle (EVP)[1]	12 500
Puissance des moteurs principaux (kW)[2]	64 000
Puissance des moteurs auxiliaires (kW)[3]	3 081
Vitesse de conception (nœuds)[2]	24
Caractéristiques de la rotation	
Fréquence	hebdomadaire
Distance (miles nautiques)	23 000
Distance en SECA (miles nautiques)	1 500
Vitesse (nœuds)	18
Nombre d'escales en Asie	10
Nombre d'escales en Europe	4
Durée moyenne d'une escale (jour)[1]	1,0
Nombre de jours au port	14
Nombre de jours en mer	53
Réserve de temps (jour)	3
Durée de la rotation (semaine)	10
Nombre de navires sur le service	10
Taux de remplissage vers l'Asie[1]	48 %
Taux de remplissage vers l'Europe[1]	95 %
Taux de conteneurs vides vers l'Asie[1]	50 %
Ratio de conteneur 40 pieds/20 pieds[1]	60 %/40 %

M. Doudnikoff, d'après :
[1] MEDDTL (2012).
[2] MAN diesel & Turbo (2009).
[3] Buhaug et al. (2009).

2.2.2 Calcul des postes de coûts de la rotation

Les coûts de capital et les coûts d'exploitation

Les coûts de capital et d'exploitation par rotation sont calculés à partir de données de coûts journaliers d'un service Europe du Nord/Asie de l'Est sur lequel est affecté des navires de 13 000 EVP, issues d'un rapport du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDDTL, 2012). Ces données journalières, présentées dans le tableau 46, sont multipliées par la durée de la rotation en jour pour obtenir les coûts de capital et d'exploitation par rotation. Les coûts sont exprimés en dollars constants 2008, afin d'éliminer les variations dues à l'inflation.

Tableau 46 - Les coûts journaliers du service

Coûts de capital ($\$_{2008}$/jour)		31 459
Coûts d'exploitation	Coûts d'équipage ($\$_{2008}$/jour)	3 137
	Coûts d'assurance ($\$_{2008}$/jour)	1 825
	Coûts de réparation et de maintenance ($\$_{2008}$/jour)	5 584
	Coûts administratif et commercial ($\$_{2008}$/jour)	665

Source : MEDDTL (2012).

Calcul des coûts de soute

L'énergie de propulsion d'un navire est assurée par les moteurs principaux, tandis que les moteurs auxiliaires fournissent l'électricité de bord. La consommation journalière des moteurs principaux ($Cons^{princ}$) (en tonnes par jour) peut être approximée par la formule suivante (Corbett et al., 2009) :

$$Cons^{princ} = CSC^{princ} \times CM^{princ} \times P^{princ} \times \frac{24}{10^6} \times \left(\frac{V_i}{V_0}\right)^3 \quad (2)$$

Avec : CSC^{princ} la consommation spécifique de carburant des moteurs principaux (g/kWh), CM^{princ} la charge des moteurs principaux (%), P^{princ} la puissance des moteurs principaux (kW), V_i la vitesse du navire sur la rotation et V_o sa vitesse de conception (noeuds). D'après Buhaug et al. (2009), la consommation spécifique des moteurs construits après 2000 est égale en moyenne à 175 g/kWh. Pour la charge du moteur, nous retenons la valeur de 80 % proposée par Corbett et al. (2009).

Pour V_i = 18 nœuds, nous obtenons une consommation journalière des moteurs principaux de 91 tonnes/jour. Les coûts de carburant de la rotation issus de la consommation des moteurs principaux (C^{princ} en dollars) sont égaux à :

$$C^{princ} = Cons^{princ} \times (T_{mer}^{SECA} \times Pr^{SECA} + T_{mer}^{hors\ SECA} \times Pr^{hors\ SECA}) \quad (3)$$

Où : T_{mer}^{SECA} le temps passé en mer en zone SECA (en jour) ; Pr^{SECA} le prix du carburant utilisé en SECA ; $T_{mer}^{hors\ SECA}$ le temps passé en mer hors SECA, et $Pr^{hors\ SECA}$ le prix du carburant utilisé en dehors des zones SECA.

Dans le scénario de référence, les moteurs principaux consomment du LSFO à 1 % en SECA et de l'IFO à 3,5 % hors SECA. En pratique, la procédure de changement de carburant prend plusieurs heures et doit être commencée avant que le navire entre en SECA. Les navires commencent à basculer au carburant à moindre teneur en soufre dans le golfe de Gascogne pour arriver en Manche avec des moteurs alimentés uniquement au carburant requis. Pour simplifier les calculs,

nous ignorons cette phase de transition, et supposons que le navire ne consomme du carburant à moindre teneur en soufre qu'à partir du moment où il entre en SECA.

La consommation journalière des moteurs auxiliaires (C^{aux}) est donnée par la formule suivante (Corbett et al., 2009) :

$$Cons^{aux} = CSC^{aux} \times CM^{aux} \times P^{aux} \times \frac{24}{10^6} \quad (4)$$

Avec : CSC^{aux} la consommation spécifique de carburant des moteurs auxiliaires (g/kWh), CM^{aux} la charge des moteurs auxiliaires (%), P^{aux} la puissance des moteurs auxiliaires (kW). D'après Buhaug et al. (2009), la consommation spécifique des moteurs auxiliaires s'élève en moyenne à 220 g/kWh. Pour la charge des moteurs auxiliaires, nous retenons la valeur de 50 % proposée par Corbett et al. (2009).

Nous obtenons une consommation journalière des moteurs auxiliaires de 8 tonnes/jour. Les moteurs auxiliaires des porte-conteneurs fonctionnent en permanence au MGO. Les coûts de carburant provenant de la consommation des moteurs auxiliaires (C^{aux} en dollars) sont égaux à :

$$C^{aux} = Cons^{aux} \times Pr^{MGO}(T_{mer} + T_p) \quad (5)$$

Avec : Pr^{MGO} le prix du MGO, T_{mer} le temps passé en mer et T_p le temps passé au port.

Les coûts portuaires et de canal

D'après MEDDTL (2012), les coûts portuaires (comprenant le pilotage, le remorquage, le lamanage et les droits portuaires) pour un navire de 13 000 EVP s'élèvent en moyenne à $\$_{2008}$137 200 par escale, et les droits de passage du canal de Suez sont de $\$_{2008}$196 000 par passage.

Calcul des coûts de manutention

Les coûts de manutention des conteneurs varient en fonction du port où a lieu l'opération de chargement ou déchargement. En outre, certains ports différencient leurs tarifs en fonction du sens de la marchandise (export ou import) et de la taille du conteneur (20 pieds ou 40 pieds), tandis que d'autres ports proposent un tarif unique de manutention. Nous retenons un tarif unique moyen de $\$_{2008}$200 par mouvement de manutention proposé dans MEDDTL (2012), et pour la manutention des conteneurs vides, nous retiendrons un ratio de 85 % du coût de manutention d'un conteneur plein (MEDDTL, 2012).

Le nombre de conteneurs pleins manutentionnés lors d'une rotation ($NCont^{pl}$) se calcule de la manière suivante :

$$NCont^{pl} = \frac{C \times (t_{Asie}^{pl} + t_{Eur}^{pl})}{2 \times t_{40'} + t_{20'}} \times 2 \quad (6)$$

Avec C la capacité réelle du navire (en EVP) ; t_{Asie}^{pl} le taux de remplissage de conteneurs pleins à destination de l'Asie ; t_{Eur}^{pl} le taux de remplissage de conteneurs pleins à destination de l'Europe ; $t_{40'}$ le ratio de conteneurs de 40 pieds, et $t_{20'}$ le ratio de conteneurs de 20 pieds.

Le nombre de conteneurs vides manutentionnés ($NCont^{vide}$) est égal à :

$$NCont^{vide} = \frac{C \times t_{Eur}^{vide}}{2 \times t_{40'} + t_{20'}} \times 2 \quad (7)$$

Avec t_{Eur}^{vide} le taux de conteneurs vides vers l'Europe.

Calcul des coûts de conteneurs

L'opérateur peut posséder son parc de conteneurs ou le louer en partie à des sociétés spécialisées. Pour rendre les calculs plus aisés, nous avons supposé que la totalité des conteneurs transportés sont loués. Nous retenons un coût moyen de $1,1 par jour pour un conteneur 40 pieds et de $0,7 par jour par jour pour un conteneur 20 pieds. A cela s'ajoute le coût de la maintenance, de la réparation et de l'assurance qui est estimé à $0,5 par jour par unité (MEDDTL, 2012).

Calcul des coûts d'agence

Dans la ligne régulière, les frais d'agence correspondent aux frais liés à l'accueil du navire au port par l'agent maritime qui vérifie que l'escale se déroule dans de bonnes conditions pour le compte de l'armateur, et aux frais de dédouanement, de facturation, d'émission de la documentation, et d'enlèvement de la marchandise. Usuellement, ces frais sont des commissions sur les frets de l'ordre de 10 % du taux de fret (MEDDTL, 2012). Pour le calcul des coûts d'agence, nous supposons qu'ils s'élèvent à 10 % des coûts du service (hors coûts de manutention).

2.2.3 La structure de coûts du service dans le scénario de référence

A partir des données d'entrée sur les caractéristiques du navire, de la configuration du service, des coûts journaliers, des différents calculs intermédiaires présentés ci-dessus, et en se plaçant dans le scénario de référence défini dans le chapitre 4 (utilisation de LSFO à $630 en

SECA et d'IFO à $590 hors SECA), nous obtenons en sortie la structure de coûts du service type Europe du Nord/Asie de l'Est (tableau 47).

Les coûts de soute qui pèsent pour 20 % des coûts totaux constituent le deuxième poste le plus important après les coûts de manutention, alors même que le navire circule à une vitesse de *slow steaming*.

Tableau 47 - Structure de coûts par rotation du service Europe du Nord/Asie de l'Est dans le scénario de référence

Coûts de capital ($\$_{2008}$/rotation)	2 202 130	13 %
Coûts d'exploitation ($\$_{2008}$/rotation)	934 500	5 %
Coûts de soute ($\$_{2008}$/rotation)	3 443 017	20 %
Coûts de ports et de canal ($\$_{2008}$/rotation)	2 314 480	13 %
Coûts d'agence ($\$_{2008}$/rotation)	1 041 400	6 %
Coûts de conteneurs ($\$_{2008}$/rotation)	1 519 875	9 %
Coûts de manutention ($\$_{2008}$/rotation)	5 796 875	34 %
Total	**17 252 277**	100 %
Coût par EVP transporté	965	

3. Les lignes conteneurisées Europe du Nord / Asie de l'Est confrontées aux politiques environnementales : analyse des choix stratégiques des opérateurs

Comment se traduira dans la structure de coûts des services maritimes entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est l'entrée en vigueur des différentes politiques de réduction des émissions du transport maritime ? Quels choix stratégiques permettront de répondre à ces politiques tout en minimisant leurs coûts ?

3.1 Les options stratégiques pour les lignes conteneurisées Europe du Nord / Asie de l'Est

3.1.1 Les options stratégiques étudiées

Quelles options stratégiques techniques et organisationnelles parmi celles que nous avons présentées dans le chapitre 4 sont envisageables pour notre service type Europe du Nord/Asie de

l'Est ? On peut tout d'abord envisager les options technologiques de réduction des émissions de SO_x alternatives au MGO, scrubber et GNL, dans le cadre du scénario 1. Néanmoins, le navire ne circule en SECA que sur une petite partie du trajet (moins de 7 % de la rotation). A priori, il vaut mieux utiliser du MGO en SECA, plutôt que d'investir dans un scrubber ou dans le GNL dans le scénario 1. En revanche, dans le cadre des scénarios 3 et 4 où le seuil global de teneur en soufre est abaissé à 0,5 %, les options GNL ou scrubber pourraient permettre d'atténuer les surcoûts par rapport à une utilisation de MDO à 0,5 %. Ces hypothèses seront vérifiées dans la prochaine sous-section.

La ligne conteneurisée se prête particulièrement bien à la mise en œuvre de trois options organisationnelles parmi celles identifiées dans le chapitre 4 (§ 1.2.4) : agir sur la vitesse des navires, agir sur la taille des navires et modifier les ports desservis. En effet, comme évoqué dans la première section, il s'agit des trois grandes catégories de décisions que l'armateur doit prendre concernant la planification de son service. Même si un certain nombre de paramètres entrent en compte dans la réflexion (cf. sous-section 1.2), l'armateur dispose de marges de manœuvre sur ces aspects organisationnels.

Concernant la vitesse du navire, on peut envisager deux comportements :

- dans le cadre du scénario 1 dans lequel il existe une importante différence de prix entre le carburant utilisé en SECA et le carburant utilisé hors SECA (dans le cas où l'armateur a choisi l'option MGO), la vitesse du navire pourrait être abaissée en SECA pour consommer moins de carburant dans la zone où l'énergie devient relativement chère. Néanmoins, pour maintenir le temps de transit et le même nombre de navires sur la rotation, ceci implique d'accélérer hors SECA ce qui se traduit par une augmentation de la consommation d'IFO hors SECA. Une telle différenciation de la vitesse implique donc un compromis entre les économies de MGO en SECA et la consommation additionnelle d'IFO hors SECA. Nous déterminerons si les économies de MGO sont supérieures aux coûts additionnels de consommation hors SECA, permettant ainsi une réduction des coûts.

- dans le cadre du scénario 3, où le prix du carburant augmente sur toute la rotation avec le passage à 0,5 % hors SECA (dans le cas où l'armateur a choisi l'option MGO), la vitesse moyenne du navire pourrait être abaissée sur toute la rotation et un navire supplémentaire serait ajouté pour maintenir une fréquence hebdomadaire. Nous vérifierons si les économies de carburant sont supérieures aux coûts liés à l'ajout d'un navire et permettent de compenser la hausse du coût de carburant provoquée par l'utilisation de carburant à 0,5 % de teneur en soufre.

Cette option suppose que l'armateur a à sa disposition des navires supplémentaires et que les chargeurs acceptent une augmentation du temps de transit.

En ce qui concerne les réorganisations d'escales, on peut envisager :

- de limiter la zone SECA en renonçant à desservir les ports les plus à l'est de la rangée Nord dans le cadre du scénario 1. Le service type que nous avons retenu va jusqu'à Hambourg, ce qui implique une distance de 1 500 milles nautiques en SECA. En limitant l'itinéraire jusqu'à Rotterdam et en conservant le même nombre de ports en Europe du Nord (en desservant par exemple Le Havre, Rotterdam, Anvers, Southampton), la distance en SECA est raccourcie de 400 milles nautiques.

- d'ajouter des escales à l'aller et au retour dans un port situé en périphérie de l'UE afin de limiter le périmètre européen du carbone, dans le cadre du scénario 2. Notre service type ne réalisant pas d'escale intermédiaire entre l'Europe et l'Asie, il comporte en effet une grande partie de son trajet dans le périmètre européen du carbone (qui comprend les émissions des trajets entre le dernier port non européen et le premier port européen touché, entre les ports de l'UE, et entre le dernier port européen et le premier port non européen). L'ajout d'une escale à Tanger dans l'itinéraire permettrait de réduire considérablement la part de son trajet soumis aux permis d'émission (Franc et Sutto, 2014). L'ajout du port de Tanger dans l'itinéraire à l'aller et au retour implique néanmoins des frais de port et une légère accélération de la vitesse pour maintenir le temps de transit, sauf si deux escales sont retirées en Europe ou en Asie afin de maintenir le nombre d'escales constant.

Enfin, la mise en service de navires plus grands permet de réduire les coûts unitaires. Néanmoins, nous n'examinerons pas cette option car nous ne disposons pas de données de coûts sur les navires de plus de 13 000 EVP. En outre, le mouvement de l'augmentation de la taille des navires semble amené à se poursuivre avec ou sans politique environnementale, comme en témoigne l'arrivée prochaine de navires de 19 000 EVP, signe que les économies d'échelle ne sont aujourd'hui pas épuisées sur la route Europe/Asie. Le tableau 48 récapitule les options stratégiques que nous envisageons dans les différents scénarios réglementaires.

Tableau 48 - Options stratégiques envisageables dans les différents scénarios réglementaires

Scénario 1	Options techniques	- Utilisation de MGO en SECA et d'IFO hors SECA - Investissement dans un scrubber et utilisation d'IFO - Investissement dans une propulsion au GNL et utilisation de GNL
	Options organisationnelles	- Utilisation de MGO en SECA et d'IFO hors SECA avec une diminution de la vitesse uniquement en SECA - Limitation de la distance en SECA en évitant les ports les plus à l'est de la rangée Nord.
Scénario 2	Option organisationnelle	- Pas d'option : paiement de quotas carbone en fonction des émissions de la rotation - Paiement de quotas carbone en fonction des émissions de la rotation + ajout d'une escale à Tanger pour raccourcir le périmètre européen du carbone
Scénario 3	Options techniques	- Utilisation de MGO (0,1 %) en SECA et de MDO (0,5 %) hors SECA - Investissement dans un scrubber et utilisation d'IFO - Investissement dans une propulsion au GNL et utilisation de GNL
	Option organisationnelle	- Diminution de la vitesse moyenne et ajout d'un navire sur la rotation
Scénario 4	Options techniques	- Utilisation de MGO (0,1 %) en SECA et de MDO (0,5 %) hors SECA + investissement dans une réduction catalytique sélective (RCS) - Investissement dans un scrubber et utilisation d'IFO + investissement dans une réduction catalytique sélective (RCS) - Investissement dans une propulsion au GNL et utilisation de GNL

3.1.2 Eléments méthodologiques pour le calcul des coûts des options stratégiques

Nous avons développé dans le chapitre 5 les méthodes de calcul de coûts induits par les différentes options techniques (§ 2.2.2 du chapitre 5). Pour éviter des redondances avec le chapitre précédent, nous ne présentons ici que les éléments méthodologiques spécifiques à la ligne conteneurisée.

Investissement dans un scrubber et utilisation d'IFO

Aucun navire de grande taille n'a été équipé à ce jour de scrubber. Il n'existe donc pas de retour d'expérience quant à leur utilisation sur des grands porte-conteneurs et peu de données de coûts de capital. Nous avons retenu le coût d'investissement initial de 13 millions de dollars

proposé par GTT (2014) pour un porte-conteneurs de 13 000 EVP. Le coût de capital journalier du scrubber s'obtient en distribuant le coût initial de l'investissement ($CI_{scrubber}$) sur toute la durée de vie en années du scrubber (n) sous un certain taux d'intérêt (t). Nous obtenons ainsi le coût de capital journalier du scrubber ($CAP^{j}_{scrubber}$) à partir de la formule des annuités constantes, divisée par le nombre de jour par an :

$$CAP^{j}_{scrubber} = \frac{CI_{scrubber} \times t}{(1-(1+t)^{-n}) \times 365} \tag{8}$$

Comme dans le chapitre 5, nous retenons un taux d'intérêt de 10 % et une durée de vie de quinze ans. Nous supposons également que le scrubber fonctionne en boucle ouverte. Son fonctionnement nécessite un surcroît de consommation de 3 %. Le navire utilise continuellement de l'IFO. Dans les scénarios 1 et 2 (teneur en soufre de 0,1 % en SECA et 3,5 % en dehors), le scrubber fonctionne uniquement lorsque le porte-conteneurs est en zone SECA. Dans les scénarios 3 et 4, (teneur en soufre limitée à 0,1 % en SECA et 0,5 % en dehors), le scrubber fonctionne en permanence.

Investissement dans une propulsion au GNL et consommation de GNL

De même que pour les scrubbers, aucun porte-conteneurs de grande taille n'a été équipé à ce jour d'une propulsion fonctionnant au GNL. Pour un trajet long Europe/Asie, l'utilisation de GNL requiert une cuve cryogénique de grand volume (5000 m^3), pour limiter le nombre d'avitaillements pendant le voyage (GTT, 2014). En conséquence, l'option GNL présente des coûts de capital sensiblement plus élevés que l'option scrubber, avec un coût d'investissement initial de 23 millions de dollars (GTT, 2014). On obtient ensuite le coût de capital journalier (CAP^{j}_{GNL}) en retenant les mêmes valeurs du taux d'intérêt et de durée de vie que pour l'option scrubber (t = 10 % ; n = 15 ans) :

$$CAP^{j}_{GNL} = \frac{CI_{GNL} \times t}{(1-(1+t)^{-n}) \times 365} \tag{9}$$

La consommation horaire de GNL des moteurs principaux (C^{princ}_{GNL}) et auxiliaires (C^{aux}_{GNL}) s'obtient avec les mêmes formules que celle d'un moteur fonctionnant au fuel, mais avec une valeur de consommation spécifique différente :

$$C^{princ}_{GNL} + C^{aux}_{GNL} = \frac{CSC^{princ}_{GNL} \times CM^{princ} \times P^{princ}}{10^6} \left(\frac{V_i}{V_0}\right)^3 + \frac{CSC^{aux}_{GNL} \times CM^{aux} \times P^{aux}}{10^6} \tag{10}$$

Avec : CSC_{GNL}^{princ} la consommation spécifique de carburant GNL des moteurs principaux et CSC_{GNL}^{aux} la consommation spécifique de carburant GNL des moteurs auxiliaires. Selon Smith et al. (2014), la consommation spécifique de GNL est inférieure de 15 % à celle de l'IFO. On a donc $CSC_{GNL}^{princ} = 149 g/kWh$ et $CSC_{GNL}^{aux} = 187\ g/kWh$; les autres paramètres conservent les mêmes valeurs que celles retenues pour les moteurs au fuel.

Diminuer la vitesse en SECA et l'augmenter hors SECA avec un temps de transit constant

Dans l'hypothèse où la vitesse moyenne en SECA (notée V^{SECA}) est différente de la vitesse moyenne hors SECA (notée $V^{hors\ SECA}$), les coûts de carburant des moteurs principaux (C^{princ}) sont égaux à :

$$C^{princ} = Cons_{Vseca}^{princ} \times T_{mer}^{SECA} \times Pr^{SECA} + Cons_{Vhors\ seca}^{princ} \times T_{mer}^{hors\ SECA} \times Pr^{hors\ SECA} \quad (11)$$

Avec : $Cons_{Vseca}^{princ}$, la consommation journalière des moteurs principaux à la vitesse V^{SECA} (en tonnes par jour) ; et $Cons_{Vhors\ seca}^{princ}$, la consommation journalière des moteurs principaux à la vitesse $V^{horsSECA}$ (en tonnes par jour) ; T_{mer}^{SECA} le temps passé en mer en zone SECA (en jour), Pr^{SECA} le prix du carburant utilisé en SECA, $T_{mer}^{hors\ SECA}$ le temps passé en mer hors SECA, et $Pr^{hors\ SECA}$ le prix du carburant utilisé en dehors des zones SECA.

En utilisant la formule (2), on obtient :

$$C^{princ} = \frac{24}{10^6} CSC^{princ} CM^{princ} P^{princ} \left(\frac{1}{V_0}\right)^3 (V^{SECA^3} T_{mer}^{SECA} Pr^{SECA} + V^{horsSECA^3} T_{mer}^{hors\ SECA} Pr^{hors\ SECA}) \quad (12)$$

On a :

$$T_{mer}^{SECA} = \frac{D^{SECA}}{V^{SECA} \times 24} \quad (13)$$

$$T_{mer}^{horsSECA} = \frac{D^{horsSECA}}{V^{horsSECA} \times 24} \quad (14)$$

D'où :

$$C^{princ} = \frac{CSC^{princ} CM^{princ} P^{princ}}{10^6 \cdot V_o^{\ 3}} (V^{SECA^2} D^{SECA} Pr^{SECA} + V^{horsSECA^2} D^{horsSECA} Pr^{hors\ SECA}) \quad (15)$$

Nous cherchons la combinaison (V^{SECA} ; $V^{hors\ SECA}$) qui minimise les coûts de carburant, pour un nombre de navires N sur la rotation fixé. Cette combinaison peut être trouvée à partir d'une méthode simple sur tableur présentée dans Doudnikoff et Lacoste (2014).

Paiement de permis d'émission en fonction des émissions de la rotation

L'inclusion du transport maritime dans le marché européen de permis d'émission en 2020 implique que l'armateur doit payer des permis d'émission pour la quantité de CO_2 émise entre le dernier port non européen touché et le premier port européen, entre les ports européens, et entre le dernier port de l'UE et le premier port d'escale situé en dehors de l'UE. Nous avons fait l'hypothèse que notre service type ne réalise pas d'escale intermédiaire entre l'Europe et l'Asie. En conséquence, il devra payer des permis d'émission entre le dernier port d'Asie (par exemple Singapour) et le premier port de l'UE (par exemple Rotterdam), entre les ports de l'UE (par exemple, entre Rotterdam, Hambourg, Felixtow, Le Havre), et entre le dernier port de l'UE (Le Havre) et le premier port d'Asie (Singapour), ce qui concerne une large part de son trajet (17 150 milles nautiques, sur un total de 23 000). La quantité de CO_2 émise sur ce périmètre s'obtient en multipliant la quantité de carburant consommée (obtenue à partir de la distance, de la vitesse du navire, et de la consommation journalière) par le facteur d'émission de CO_2 du type de carburant utilisé. La quantité de CO_2 en tonnes est ensuite multipliée par le prix du permis d'émission. De manière similaire au chapitre 5, nous testons deux hypothèses : dans la première, nous supposons que le transport maritime doit s'acquitter de permis d'émission uniquement pour ses émissions de CO_2 à partir de 2020 ; dans la seconde, nous supposons que le transport maritime doit s'acquitter de permis d'émission pour ses émissions de CO_2 et de méthane dès 2020 (cf. chapitre 5, § 2.2.2).

L'option d'inclure une escale à Tanger à l'aller et au retour raccourcit le trajet entre le dernier port non-européen touché et le premier port européen, et entre le dernier port européen et le premier port non-européen. La distance incluse dans le périmètre européen du carbone n'est plus que de 3 300 milles nautiques. Dans cette option, l'armateur peut soit conserver les mêmes escales en Europe et en Asie, mais l'ajout de deux escales à Tanger implique des frais de port et une légère augmentation de la vitesse pour maintenir le temps de transit, soit retirer deux escales en Europe ou en Asie afin de garder un nombre d'escales constant. Les deux hypothèses seront testées.

Diminuer la vitesse de la rotation et ajouter un navire

Comme mentionné précédemment, la diminution de la vitesse moyenne du navire nécessite l'ajout d'un navire sur la rotation pour maintenir une fréquence hebdomadaire. La vitesse moyenne requise sur la rotation avec $N+1$ navires (qu'on appelle V_{slow}) est donnée par la formule suivante :

$$V_{slow} = \frac{D}{((N+1)\times 7 - T_p - T_r)\times 24} \quad (16)$$

où D est la distance totale de la rotation ; $N+1$, le nombre de navires ; T_p est le temps passé au port et T_r la réserve de temps (*buffer time* en anglais).

On peut ensuite calculer les différents éléments de la structure de coûts de la rotation avec V_{slow} et $N+1$ navires à partir des formules données dans la sous-section 2.2.

3.2 L'impact des politiques environnementales sur les coûts du transport maritime

3.2.1 Impacts des options sur la structure de coûts dans les différents scénarios réglementaires

Les coûts des différentes options ont été calculés et injectés dans la structure de coûts de notre service type pour chaque scénario réglementaire.

Scénario 1 : impact du passage à 0,1 % en SECA

Le tableau 49 détaille les variations dans les coûts des différents postes impactés par les options examinées dans le cadre du scénario 1, et leurs répercussions dans les coûts totaux et par EVP par rapport au scénario de référence. L'utilisation de MGO dans une zone SECA qui ne représente que 7 % de la distance totale de la rotation se traduit par une augmentation limitée de 3,9 % des coûts de carburant. L'option MGO implique une augmentation de 0,8 % des coûts totaux de la rotation, soit un surcoût de $7 par EVP transporté. Cette hausse paraît faible au regard de l'importance des coûts totaux de la rotation, mais naviguer en SECA avec du MGO impose tout de même un surcoût de $38 000 par jour passé en SECA avec nos hypothèses de prix des carburants.

Le ralentissement de la vitesse en zone SECA permet d'atténuer très légèrement cette hausse qui passe à $6/EVP, soit 0,6 % d'augmentation des coûts totaux. La combinaison (V^{SECA} ; $V^{horsSECA}$) qui permet de minimiser les coûts de carburant est (15,1 nœuds ; 18,2 nœuds). La diminution des coûts de carburant que permet la différenciation de la vitesse par rapport au maintien de la même vitesse sur la rotation est faible car les économies de coûts de MGO en SECA sont en partie compensées par la consommation additionnelle d'IFO hors SECA. En outre, il convient de souligner que notre hypothèse d'une différenciation de la vitesse entre zone SECA et zone hors SECA peut être réductrice par rapport au comportement réel de gestion de la vitesse.

Celle-ci est en effet amenée à être ajustée tout du long de la rotation : accélération dans les zones de piraterie, effet des courants et de la météo, vitesse différente selon le sens de la rotation, accélération/décélération en cas de retard/avance, etc. En conséquence, étant donné à la fois la faiblesse de la réduction des coûts de carburant résultant d'une différenciation SECA/hors SECA et le fait que la gestion de la vitesse soit dans la réalité plus complexe que supposée dans notre modèle, nous conjecturons que les armateurs ne devraient pas chercher à ralentir leurs navires uniquement en SECA.

Réorganiser les escales pour limiter la distance en SECA permet de limiter le surcoût qui devient particulièrement faible : 0,2 % des coûts totaux soit $2 par EVP. Cette faible augmentation vient à la fois du raccourcissement de la zone SECA et du raccourcissement de la distance totale par rapport au scénario de référence.

Les options scrubber et GNL se traduisent quant à elles par une augmentation respective de 1,9 % des coûts totaux (soit $18 par EVP) et de 4,6 % des coûts totaux (soit $44 par EVP), provenant d'une forte augmentation des coûts de capital : +15 % pour l'option scrubber et +26 % pour l'option GNL. L'option GNL se traduit en outre par une augmentation de 6 % des coûts de carburant par rapport au scénario de référence. Cette option n'apparaît pas avantageuse dans le cadre du scénario 1, car elle implique à la fois des coûts élevés de capital et une hausse des coûts de carburant supérieure à celle résultant de l'utilisation de MGO en SECA.

Tableau 49 - Effets du scénario 1 sur le service type Europe/Asie en fonction des options stratégiques

Variation des coûts / scénario de référence		
Option MGO en SECA (IFO hors SECA)		
Carburant (%)	3,9 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**0,8 %**	**$7 / EVP**
Option MGO en SECA (IFO hors SECA) et diminution vitesse en SECA		
Carburant (%)	3,1 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**0,6 %**	**$6 / EVP**
Option MGO en SECA (IFO hors SECA) et réorganisation d'escales pour limiter la distance en SECA		
Carburant (%)	1,1 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**0,2 %**	**$2 / EVP**
Option IFO + scrubber		
Capital (%)	14,9 %	
Carburant (%)	- 0,2 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**1,9 %**	**$18 / EVP**
Option GNL		
Capital (%)	26,3 %	
Carburant (%)	6,0 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**4,6 %**	**$44 / EVP**

Dans le scénario 1, l'option MGO est donc la plus favorable en termes de coûts. Le passage au MGO en SECA se traduit par une augmentation des coûts totaux de la rotation qui reste faible. Ce surcoût peut en outre être rendu quasiment négligeable en réorganisant les escales pour diminuer la distance en SECA de la rotation.

Scénario 2 : impact de l'inclusion du transport maritime dans le marché européen de permis d'émission en 2020

Nous avons considéré le coût des permis d'émission comme un coût de carburant. Ce coût est en effet proportionnel à la quantité de carburant consommée et dépend du type de carburant.

Tableau 50 - Effets du scénario 2 sur le service type Europe/Asie en fonction des options stratégiques

Variation des coûts / scénario de référence		
Option MGO en SECA (IFO hors SECA)		
Carburant (%)	12,2 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**2,4 %**	**$23 / EVP**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+ 1,7 %*	*+ $16 / EVP*
Option IFO + scrubber		
Capital (%)	14,9 %	
Carburant (%)	8,4 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**3,6 %**	**$34 / EVP**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+1,7 %*	*+ $16 / EVP*
Option GNL – Hypothèse inclusion du CO_2 dans l'EU ETS		
Capital (%)	26,3 %	
Carburant (%)	12,2 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**5,8 %**	**$56 / EVP**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+1,2 %*	*+ $12 / EVP*
Option GNL – Hypothèse inclusion du méthane et de CO_2 dans l'EU ETS		
Capital (%)	26,3 %	
Carburant (%)	14,1 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**6,2 %**	**$60 / EVP**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+1,6 %*	*+ $16 / EVP*
Option MGO – inclusion de 2 escales à Tanger et maintien des autres escales		
Carburant (%)	12,2 %	
Coûts de ports (%)	11,9 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**4,0 %**	**$39 / EVP**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+0,3 %*	*+ $3 / EVP*
Option MGO – inclusion de 2 escales à Tanger et retrait de 2 autres escales		
Carburant (%)	5,3 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**1,1 %**	**$10 / EVP**
Dont contribution du coût carbone à l'augmentation des coûts totaux	*+ 0,3 %*	*+ $3/ EVP*

L'intégration du transport maritime dans le marché européen de permis d'émission implique une augmentation supplémentaire des coûts totaux de 1,7 % (soit $16 par EVP) lorsque les options MGO et scrubber ont été choisies (tableau 50). L'option GNL, dans l'hypothèse où seules les émissions de CO_2 sont incluses dans le périmètre de l'EU ETS, permet d'atténuer ces surcoûts qui s'élèvent à 1,2 %. En revanche, lorsque le méthane est inclus dans le périmètre de l'EU ETS, les surcoûts liés au paiement de permis d'émission sont quasiment équivalents à ceux des options MGO et scrubber. Dans le scénario 2, l'option MGO reste la plus favorable en termes de coûts. Le surcoût cumulé « soufre + carbone » est de 2,4 % des coûts totaux de la rotation, soit $23/EVP.

L'inclusion d'une escale intermédiaire à Tanger à l'aller et au retour permet de fortement réduire le surcoût carbone qui n'est plus que de 0,3 % des coûts totaux, soit $3 par EVP. Dans l'hypothèse où deux escales de la rotation sont retirées pour conserver le même nombre d'escales, la hausse des coûts totaux est de 1,1 % (contre 2,4 % sans escale intermédiaire à Tanger). En revanche, si les escales sont maintenues en Europe et en Asie, les surcoûts résultant des coûts de port supplémentaires et de l'augmentation de la vitesse ne sont pas compensés par la baisse des coûts carbone : les coûts totaux augmentent de 4 %. En conséquence, l'option d'ajouter deux escales à Tanger pour limiter le périmètre carbone implique de retirer deux autres escales de la rotation.

Scénario 3 : impact du passage à 0,5 % partout dans le monde

Le passage à une teneur en soufre limitée à 0,5 % hors SECA renchérit les coûts totaux de la rotation de 6,2 % lorsque l'option MDO est choisie (tableau 51). Le scénario 3 implique ainsi une augmentation totale de 8,7 % des coûts de la rotation par rapport au scénario de référence, soit $84 par EVP. La réduction de la vitesse et l'ajout d'un navire sur le service permettent de limiter cette hausse des coûts totaux à 6,1 %, soit $59 par EVP. La diminution de la consommation que permet la diminution de la vitesse ne permet néanmoins pas de compenser totalement la hausse du prix du carburant induite par le passage au MDO hors SECA. Elle implique en outre une augmentation des coûts de capital, d'exploitation et de conteneurs en raison de l'allongement de la durée du cycle.

Dans ce scénario, les options scrubber et GNL se traduisent par des surcoûts inférieurs à celui de l'option MGO (avec et sans réduction de la vitesse) : avec un scrubber, les coûts totaux augmentent de 4 % soit $38 par EVP. Avec une propulsion au GNL, la hausse de coûts est de 5,8 % soit $56 par EVP dans l'hypothèse où seules les émissions de CO_2 sont incluses dans le

périmètre de l'EU ETS, et de 6,2 % soit $60 par EVP dans l'hypothèse d'une inclusion du méthane dans l'EU ETS. Dans le scénario 3, l'option scrubber devient donc la plus favorable en termes de coûts. Elle permet d'atténuer de moitié la hausse des coûts par rapport à l'option MGO.

Tableau 51 - Effets du scénario 3 sur le service type Europe/Asie en fonction des options stratégiques

Variation des coûts / scénario de référence		
Option MGO en SECA (0,1%) et MDO hors SECA (0,5%)		
Carburant (%)	43,5 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**8,7 %**	**$84 / EVP**
Dont contribution du passage à 0,5 % à l'augmentation des coûts totaux	*+ 6,2 %*	*+ $60 / EVP*
Option MGO en SECA (0,1%) et MDO hors SECA (0,5%), diminution de la vitesse et ajout d'un navire		
Carburant (%)	17,2 %	
Capital, exploitation, conteneurs par allongement de la durée de rotation (%)	10,0 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**6,1 %**	**$59 / EVP**
Option IFO + scrubber		
Capital (%)	14,9 %	
Carburant (%)	10,4 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**4,0 %**	**$38 / EVP**
Dont contribution du passage à 0,5 % à l'augmentation des coûts totaux	*+ 0,5 %*	*+ $4 / EVP*
Option GNL – Hypothèse inclusion du CO_2 dans l'EU ETS		
Capital (%)	26,3 %	
Carburant (%)	12,2 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**5,8 %**	**$56 / EVP**
Dont contribution du passage à 0,5 % à l'augmentation des coûts totaux	*+ 0 %*	*+ $0 / EVP*
Option GNL – Hypothèse inclusion du méthane et de CO_2 dans l'EU ETS		
Capital (%)	26,3 %	
Carburant (%)	14,1 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**6,2 %**	**$60 / EVP**
Dont contribution du passage à 0,5 % à l'augmentation des coûts totaux	*+0 %*	*+ $0 / EVP*

Scénario 4 : impact du passage à la norme Tier III en Europe du Nord en 2020

Dans les cas où les options MGO et scrubber ont été choisies, les coûts opérationnels et de capital de la réduction catalytique sélective (RCS) renchérissent de 0,9 % les coûts totaux (tableau 52). Cette hausse est limitée, mais l'accumulation des politiques environnementales dans le scénario 4 résulte en une augmentation totale des coûts de la rotation qui n'est pas négligeable : 9,6 % pour l'option MGO soit $93 par EVP, 4,9 % pour l'option scrubber soit $47 par EVP, 5,8 % pour l'option GNL (sans inclusion du méthane dans l'EU ETS) soit 56$ par EVP, et 6,2 % pour l'option GNL (avec inclusion du méthane dans l'EU ETS) soit $60 par EVP. L'option

scrubber est à nouveau celle qui permet de minimiser la hausse des coûts. Néanmoins, la différence de surcoût avec l'option GNL est de moins de $9 par EVP dans ce scénario lorsque le méthane n'est pas inclus dans le marché européen de quotas.

L'option scrubber et RCS cumulée à une réorganisation des escales pour raccourcir le périmètre européen du carbone (deux escales à Tanger et retrait d'escales en Asie et Europe) résulte en une augmentation totale des coûts de 3,6 % soit $35 par EVP. Cette combinaison d'options permet de réduire nettement les surcoûts par rapport à l'option MGO combinée à une RCS.

Tableau 52 - Effets du scénario 4 sur le service type Europe/Asie en fonction des options stratégiques

Variation des coûts / scénario de référence		
Option MGO en SECA (0,1%) et MDO hors SECA (0,5%) + RCS		
Capital (%)	5,8 %	
Coûts d'exploitation (%)	3,6 %	
Carburant (%)	43,5%	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**9,6 %**	**$93 / EVP**
Dont contribution de la RCS à l'augmentation des coûts totaux	*+ 0,9 %*	*+ $9 / EVP*
Option IFO + scrubber + RCS		
Capital (%)	20,7 %	
Coûts d'exploitation (%)	3,6 %	
Carburant (%)	10,4 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**4,9 %**	**$47 / EVP**
Dont contribution de la RCS à l'augmentation des coûts totaux	*+ 0,9 %*	*+ $9 / EVP*
Option GNL – Hypothèse inclusion du CO_2 dans l'EU ETS		
Capital (%)	26,3 %	
Carburant (%)	12,2 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**5,8 %**	**$56 / EVP**
Option GNL – Hypothèse inclusion du méthane et de CO_2 dans l'EU ETS		
Capital (%)	26,3 %	
Carburant (%)	14,1 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**6,2 %**	**$60 / EVP**
Option IFO + scrubber + RCS - inclusion de 2 escales à Tanger et retrait de 2 autres		
Capital (%)	20,7 %	
Coûts d'exploitation (%)	3,8 %	
Carburant (%)	3,6 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**3,6 %**	**$35 / EVP**

Synthèse

Nos hypothèses de départ ont ainsi pu être vérifiées : la SECA ne représentant qu'une petite partie de la route, les surcoûts résultant de l'usage de MGO sont limités dans le scénario 1. En

revanche, dès lors que le seuil global de teneur en soufre passe à 0,5 % (scénarios 3 et 4), le recours aux options scrubber ou GNL devient pertinent pour atténuer la hausse des coûts.

Dans les scénarios 3 et 4, l'option scrubber est plus avantageuse pour réduire les surcoûts que l'option GNL, malgré le fait que le GNL émette moins de CO_2 et ne nécessite pas l'installation d'une RCS dans le scénario 4. Ceci s'explique par la grande différence de coûts de capital entre les deux options pour un porte-conteneurs de 13 000 EVP (13 M$ pour l'option scrubber contre 23 M$ pour l'option GNL).

Enfin, les réorganisations d'escales pour limiter le trajet de la rotation inclus dans le périmètre européen du carbone et la distance en SECA permettent une nette atténuation des surcoûts carbone et soufre dans les scénarios 1 et 2, même si ces surcoûts restent limités en l'absence de telles réorganisations.

Le tableau 53 reprend les résultats des tableaux précédents pour proposer un classement des options en fonction de leurs coûts dans les différents scénarios réglementaires. Le tableau fait bien apparaître l'évolution du choix stratégique le plus pertinent selon la succession des scénarios réglementaires.

Tableau 53 - Classement des options en fonction de leurs coûts dans les différents scénarios réglementaires

	Classement des options, de la moins coûteuse (1) à la plus coûteuse (4)			
	1	2	3	4
Scénario 1	MGO en SECA, IFO hors SECA + modification des paramètres de la ligne (réorganisation d'escales pour limiter la distance en SECA)	MGO en SECA, IFO hors SECA, sans modification des paramètres de la ligne	Utilisation d'IFO avec scrubber en SECA	GNL
Scénario 2	MGO en SECA, IFO hors SECA + modification des paramètres de la ligne (ajout de 2 escales à Tanger, retrait de 2 autres escales)	MGO en SECA, IFO hors SECA, sans modification des paramètres de la ligne	Utilisation d'IFO avec scrubber en SECA	GNL
Scénario 3	Utilisation d'IFO avec scrubber en SECA et hors SECA	GNL	MGO en SECA et MDO hors SECA + modification des paramètres de la ligne (réduction de la vitesse avec ajout d'un navire)	MGO en SECA et MDO hors SECA, sans modification des paramètres de la ligne
Scénario 4	Utilisation d'IFO avec scrubber en SECA et hors SECA + RCS + modification des paramètres de la ligne (ajout de 2 escales à Tanger, retrait de 2 autres)	Utilisation d'IFO avec scrubber en SECA et hors SECA + RCS, sans modification des paramètres de la ligne	GNL	MGO en SECA et MDO hors SECA + RCS

3.2.2 Prise en compte de l'incertitude relative aux prix des carburants et des permis

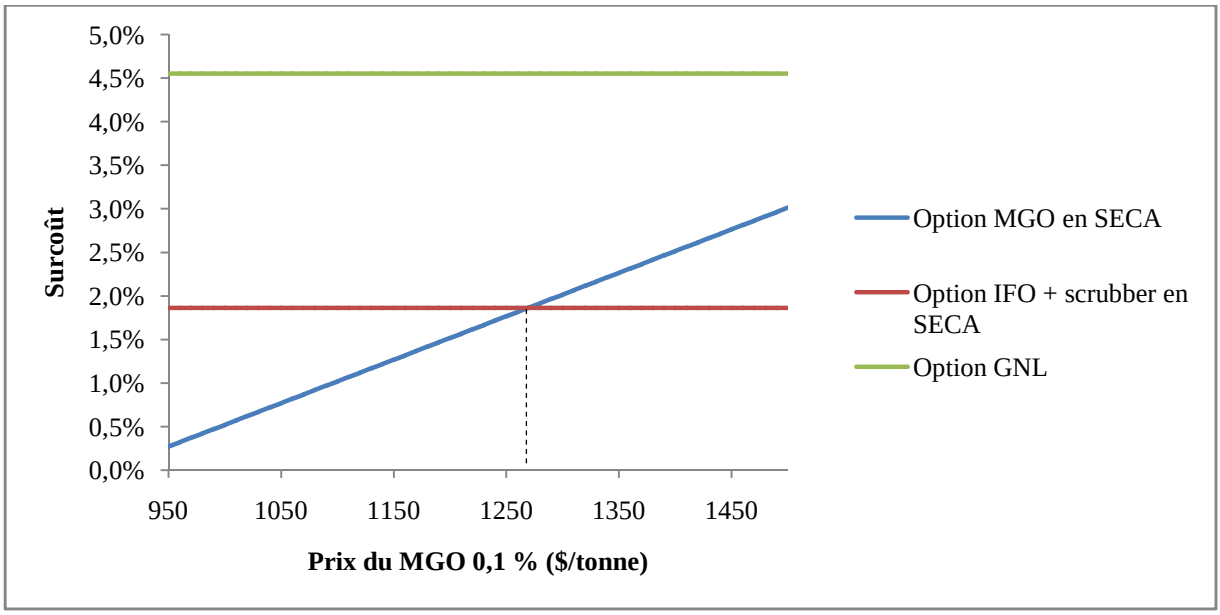
Les conclusions précédentes sont dépendantes des hypothèses réalisées sur le prix des carburants et le prix des permis d'émission. Pour tenir compte de l'incertitude liée à l'évolution des prix des différents carburants marins et du prix des permis d'émission, nous avons réalisé des tests de sensibilité des coûts à ces paramètres. De manière similaire à la démarche réalisée dans le chapitre précédent, il s'agit de voir comment évoluent les surcoûts par rapport au scénario de référence en fonction des prix des carburants et des permis d'émission, et de déterminer à partir de

quelles hypothèses on observe des changements dans les options stratégiques permettant de minimiser les surcoûts. Les projections des prix des carburants construites dans le chapitre 4 correspondent à une évolution tendancielle, c'est-à-dire qu'elles reposent sur l'hypothèse que l'évolution du prix des énergies fossiles et des permis d'émission reflète des tendances actuelles. D'autres projections auraient pu être réalisées sur la base de scénarios de rupture, impliquant une modification radicale de l'évolution future des prix par rapport à leur évolution passée. Les tests de sensibilité permettent de vérifier si les changements dans les options stratégiques permettant de minimiser les surcoûts sont obtenus dans le cadre d'une évolution des prix tendancielle ou contrastée.

Sensibilité au prix du MGO

La figure 34 présente l'évolution des surcoûts dans le scénario 1 en fonction du prix du MGO à 0,1 %, toutes choses égales par ailleurs. Elle met en évidence que le MGO doit coûter au minimum $1270 (soit 115 % plus cher que l'IFO) pour que l'option scrubber soit moins chère que l'option MGO, un niveau déjà atteint dans le passé mais seulement à l'occasion de pics éphémères (cf. chapitre 3, figure 16). En revanche, l'option GNL demeure la plus chère dans l'intervalle de prix testé. Dans le cadre d'une évolution tendancielle du prix du MGO, l'incertitude sur l'évolution du prix du MGO ne devrait donc pas remettre en question la pertinence économique de l'option MGO en SECA dans le scénario 1.

Figure 34 - Evolution des surcoûts dans le scénario 1 en fonction du prix du MGO (0,1 %)

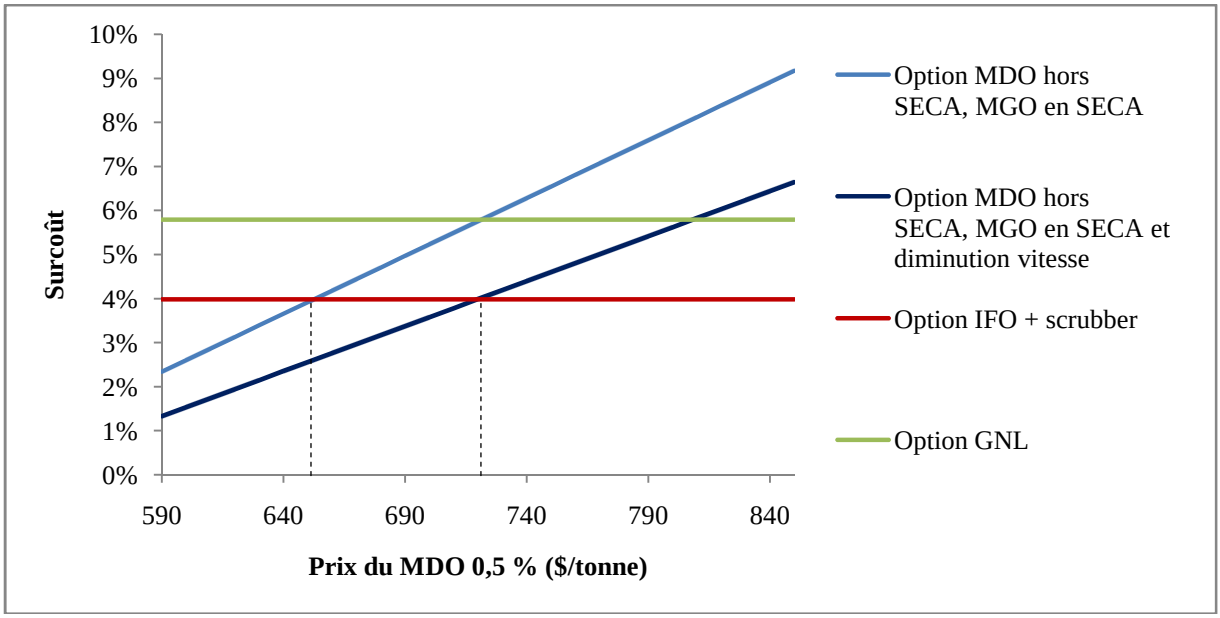


Réalisation : M. Doudnikoff.

La figure 35 présente l'évolution des surcoûts dans le scénario 3 en fonction du prix du MDO à 0,5 %, toutes choses égales par ailleurs. La figure révèle que pour un prix du MDO inférieur à $720/tonne (soit un prix qui doit être moins de 22 % plus cher que l'IFO), il vaut mieux utiliser du MDO et ralentir la vitesse en ajoutant un navire sur le service qu'investir dans un scrubber. Si l'armateur ne peut pas diminuer la vitesse (soit parce qu'il ne dispose pas de navire supplémentaire, soit parce que l'augmentation du temps de transit n'est pas acceptable pour les chargeurs), l'option MDO devient moins chère que l'option scrubber dès lors que le prix du MDO (0,5 %) est inférieur à $650 (soit un prix qui doit être moins de 10 % plus cher que l'IFO).

Le prix du MDO (0,5 %) retenu pour notre projection est 40 % plus élevé que celui de l'IFO. Il n'existe pas de données présentant l'évolution passée du prix du MDO à 0,5 % car ce produit n'est actuellement pas utilisé par les navires. Par conséquent, il n'est pas possible de dire si les niveaux de prix trouvés précédemment s'inscrivent dans une évolution tendancielle ou contrastée. Néanmoins, la demande accrue de distillats devrait exercer une tension sur les prix. Les niveaux de prix trouvés précédemment sont a priori trop bas pour s'inscrire dans l'évolution des prix qui soit la plus probable. En conséquence, dans le cadre d'une évolution tendancielle, l'incertitude sur l'évolution du prix du MDO (0,5 %) ne devrait pas remettre en question la pertinence économique des options scrubber et GNL dans le scénario 3.

Figure 35 - Evolution des surcoûts dans le scénario 3 en fonction du prix du MDO (0,5 %)

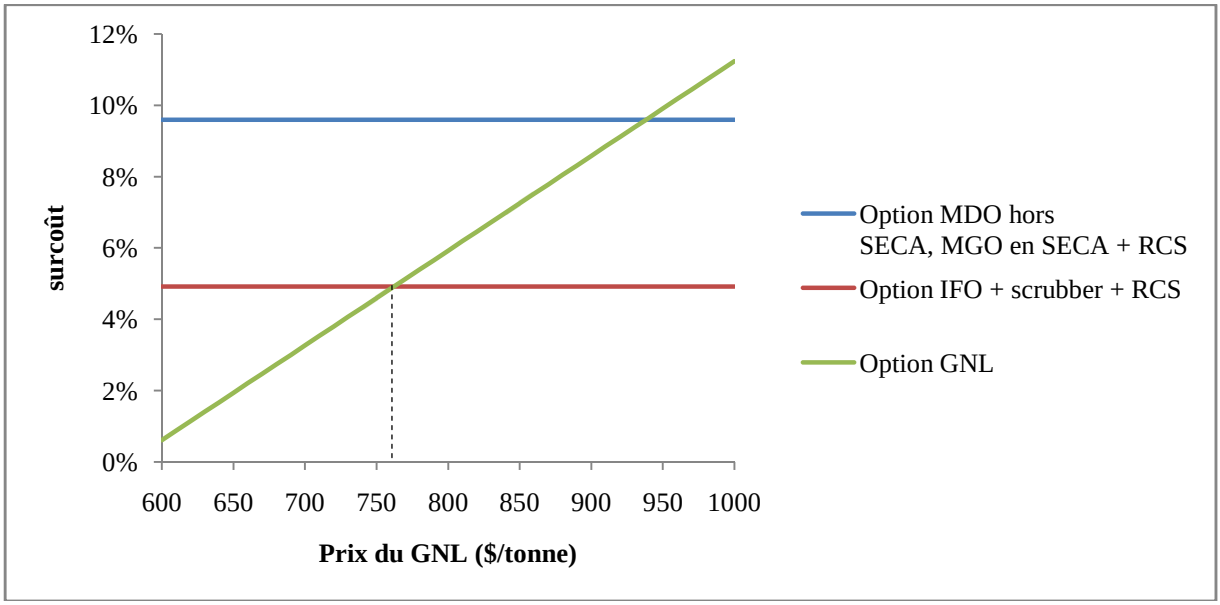


Réalisation : M. Doudnikoff.

Sensibilité au prix du GNL

La figure 36 représente l'évolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix du GNL, toutes choses égales par ailleurs. Un prix du GNL inférieur à $760/tonne rend l'option GNL moins coûteuse que l'option scrubber combiné à une réduction catalytique sélective. Il s'agit d'un prix inférieur de 4 % au prix de notre projection ($795/tonne de GNL, cf. chapitre 4, § 2.3.3). L'incertitude sur l'évolution du prix du GNL peut donc avoir un impact sur la pertinence économique du choix entre scrubber et GNL dans le cadre d'une évolution tendancielle.

Figure 36 - Evolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix du GNL



Réalisation : M. Doudnikoff.

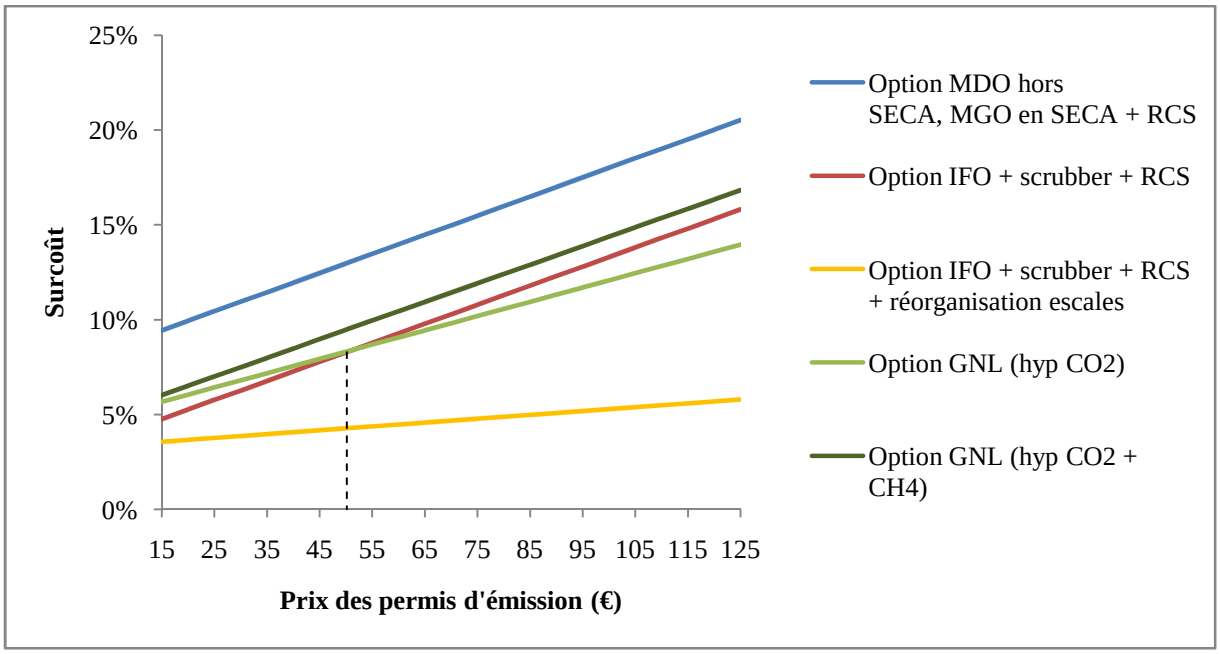
Le test de sensibilité au prix du GNL a aussi été conduit dans le scénario 1, afin de déterminer à partir de quel prix l'option GNL se révèle la moins coûteuse lorsque seule la politique « soufre en SECA » est mise en œuvre. Cette analyse a montré qu'un prix du GNL inférieur à $660 rend l'option GNL moins coûteuse que l'option scrubber toutes choses égales par ailleurs. Il s'agit d'un prix inférieur de 17 % au prix de notre projection, un prix du GNL qui reste dans le champ des évolutions tendancielles du prix du GNL.

Sensibilité au prix des permis d'émission

La figure 37 représente l'évolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix des permis d'émission, toutes choses égales par ailleurs. La figure met en évidence que plus le prix

des permis d'émission est élevé, et plus l'option de réorganisation des escales (inclusion d'escales à Tanger) est pertinente pour minimiser les surcoûts. Dans le cas où l'armateur ne souhaite pas réorganiser ses escales, la figure montre qu'un prix du carbone supérieur à 50€, est nécessaire pour faire basculer les surcoûts en faveur de l'option GNL, à condition que seul le CO_2 soit inclus dans le périmètre de l'EU ETS. En revanche, si le méthane est inclus dans l'EU ETS, l'option scrubber reste l'option qui minimise les surcoûts.

Figure 37 - Evolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix des permis d'émission



Réalisation : M. Doudnikoff.

Comme mentionné dans le chapitre 5, entre 2005 et 2014, le prix du permis d'émission dans le marché européen du carbone a évolué entre 0€ et 30€. Depuis 2011, le prix du permis d'émission ne cesse de diminuer, oscillant autour de 5€ en 2014. Même si l'EU ETS devrait être refondu[123] à l'occasion de la quatrième phase qui débute en 2020, il est peu probable que le prix du carbone atteigne un niveau de 50€ en 2020, sauf à considérer un scénario de rupture. L'incertitude sur le prix des permis d'émission ne devrait donc pas faire basculer les surcoûts en faveur du GNL.

[123] La Commission européenne envisage une réforme du marché européen de quotas afin de créer une réserve de stabilité. Elle permettrait d'adapter les volumes de quotas d'émission à mettre aux enchères et de remédier au problème des excédents de quotas qui ont entraîné une chute des prix ces dernières années.

Synthèse

Nos analyses de sensibilité ont révélé que, sauf à considérer une modification radicale de l'évolution passée du prix du MGO et du prix des permis d'émission, les conclusions tirées dans la section précédente ne sont pas remises en question. En revanche, il suffit d'avoir un prix du GNL inférieur de 17 % au prix du GNL de nos projections pour faire basculer les coûts en faveur de l'option GNL dans le scénario 1, et de seulement 4 % dans le scénario 4. Dans le cadre d'une évolution tendancielle, l'incertitude sur l'évolution du prix du GNL est donc susceptible d'avoir un impact sur la pertinence économique du choix entre scrubber, MGO et GNL dans les différents scénarios réglementaires.

4. Les conséquences sur l'offre de transport conteneurisé entre l'Europe et l'Asie

A partir des analyses conduites dans la partie précédente et de la connaissance du marché conteneurisé entre l'Europe et l'Asie, nous cherchons à présent à brosser un tableau de l'évolution possible de l'offre de transport sur ce marché en réaction aux politiques environnementales et aux coûts qu'elles ajoutent aux services maritimes.

4.1 Options techniques vs options organisationnelles

Il existe une différence fondamentale dans la décision du choix d'une option selon qu'elle soit technique ou organisationnelle. Cette différence vient de la présence ou non de critères de décision liés au marché. Les options techniques seront considérées en fonction de leurs caractéristiques intrinsèques, de l'évolution attendue du prix des carburants et de la réglementation, tandis que les options organisationnelles seront considérées en fonction de leur capacité à réduire les surcoûts des politiques de réduction des émissions mais aussi de facteurs liés au marché. Par exemple, la réduction de la vitesse n'est possible que s'il y a surcapacité et que si les chargeurs acceptent un allongement du temps de transit. De nombreux critères entrent en compte dans le choix des ports d'escales (cf. § 1.2.1), qui peuvent limiter la possibilité de réorganiser les escales dans le seul but de réduire les coûts des politiques environnementales. Enfin, le déploiement de navires plus grands nécessite d'avoir des volumes suffisants de fret pour les remplir. Le choix des options organisationnelles est donc contraint par les conditions du marché. L'armateur n'a pas la possibilité de les mobiliser si certaines conditions ne sont pas

remplies. Le choix des options techniques est quant à lui indépendant de tels critères de marché, ce qui les prémunit des fluctuations en résultant.

Les options organisationnelles présentent néanmoins l'avantage d'être réversibles et ajustables, à la différence des options techniques (à l'exception de l'option MGO). Une fois qu'un scrubber ou une propulsion au GNL a été installé, il n'est plus possible de revenir en arrière, alors qu'une vitesse qui a été diminuée a toujours la possibilité d'être réaugmentée, et les escales peuvent être modifiées. Les options organisationnelles apparaissent ainsi moins risquées et définitives.

Enfin, les options organisationnelles ne peuvent être utilisées seules pour répondre à la réglementation. Elles sont nécessairement combinées à une option technique, dont elles permettent d'atténuer les surcoûts. Ralentir la vitesse permet de limiter les coûts de carburant et les émissions de CO_2, mais ne dispense pas d'utiliser du MGO ni de payer des quotas d'émission. Réorganiser les escales permet de limiter le périmètre carbone mais pas de l'éliminer complètement. De même, les réorganisations d'escales pour limiter la zone SECA en privilégiant les ports les plus à l'ouest de la rangée Nord (Southampton, Le Havre, Anvers) ne permettent pas de l'éviter totalement.

4.2 Une mutation de la flotte qu'en cas de passage à 0,5 % de la teneur en soufre

Les analyses de coûts de la précédente section ont révélé que la mutation de la flotte, soit par des scrubbers, soit par du GNL, semble inévitable dès lors que la limite de teneur en soufre des carburants marins est limitée à 0,5 % partout dans le monde, en raison de la différence de coûts par rapport à l'option MDO (0,5 %). La zone SECA et l'intégration du transport maritime dans le marché européen de permis d'émission ne suffisent pas à elles seules à provoquer de telles transformations des navires. La transition technologique de la flotte de porte-conteneurs entre l'Europe et l'Asie dépendra de la date à laquelle il sera décidé de limiter la teneur en soufre à 0,5 % hors SECA en 2020 ou 2025.

L'analyse de coûts de la précédente section a montré que l'option scrubber résulte en des surcoûts inférieurs à ceux de l'option GNL en raison de la différence dans les coûts de capital entre les deux options. Néanmoins, le test de sensibilité au prix du GNL a montré que l'incertitude sur l'évolution du prix du GNL peut faire basculer les surcoûts en faveur de l'option GNL. Le choix entre GNL et scrubber, uniquement sur la base des coûts, apparaît donc délicat. Divers critères feront basculer le choix en faveur de l'une ou l'autre : les retours d'expérience des navires

qui auront été équipés à la suite du passage à 0,1 % en SECA dès 2015, les progrès techniques sur les scrubbers, l'évolution réglementaire qu'il s'agisse de l'édiction de règles strictes sur les rejets des scrubbers (cf. chapitre 3, § 2.2.1), de la possibilité de manutentionner les conteneurs pendant le soutage au GNL[124], etc.

4.3 Vers une réorganisation des réseaux maritimes conteneurisés ?

Dans le cadre des scénarios 1 et 2 où seules des politiques ayant un impact régional sont mises en œuvres (passage à 0,1 % en zone SECA, intégration du transport maritime dans le marché européen du carbone), la question qui se pose est celle de leur capacité à induire des réorganisations des réseaux maritimes conteneurisés pour éviter ou limiter ces périmètres. Les surcoûts calculés dans la précédente section en l'absence de telles réorganisations paraissent faibles à première vue : le passage en SECA impose un surcoût de 0,8 % des coûts totaux, et l'inclusion du transport maritime dans le marché européen de permis implique une hausse de 1,7 % des coûts totaux (la rotation ne comportant pas d'escale intermédiaire). Un entretien auprès de la compagnie française CMA CGM en 2014 a néanmoins révélé que « dès qu'il y a une contrainte, un impact sur les coûts de revient, cela a un impact sur l'offre de service : on va se poser des questions ». Nous nous proposons d'examiner et de discuter chacune des réorganisations que l'on peut envisager.

4.3.1 Limiter la distance de la rotation en SECA ?

Comme on l'a vu dans la section précédente, la limitation de la distance de la rotation en SECA en privilégiant les ports les plus à l'ouest de la rangée Nord permet de réduire le surcoût résultant du passage à 0,1 % en SECA qui n'est plus que de 0,2 % des coûts totaux. L'économie réalisée par le raccourcissement du trajet du navire-mère en SECA reste néanmoins très faible : elle s'élève à $5 par EVP. Il est loin d'être acquis qu'elle soit suffisante pour délaisser des ports comme Hambourg et Bremerhaven. En outre, cela implique un allongement du trajet des feeders pour desservir les ports à l'est de la mer du Nord et de la Baltique depuis l'ouest de la rangée Nord. Or les feeders sont également impactés par le passage en SECA et verront leurs coûts augmenter. Se pose également la question de la concurrence modale pour la partie du transport entre le port principal et la destination finale. Ce segment peut être réalisé avec différents modes

[124] Il est actuellement interdit de faire de la manutention LoLo pendant le soutage au GNL. Néanmoins des travaux réglementaires sont en cours pour établir des règles de sécurité permettant de le faire.

et le recours à des lignes de feeder n'a rien d'automatique. Les services de feeder sont en effet en concurrence avec la route ou le rail sur de nombreux itinéraires en particulier vers la Suède, la Pologne et les pays baltes (Dubreuil, 2003). Les surcoûts résultant du scénario 1 ont aussi été calculés pour un service feeder naviguant entièrement dans la zone SECA (tableau 56). Le tableau 54 présente les données qui ont permis de réaliser les calculs, et le tableau 55 détaille la structure de coûts du service feeder dans le scénario de référence. Les coûts liés à la manutention sont prépondérants. Ils représentent plus de 60 % du coût total du transport d'un conteneur par feeder. Même si la part du poste carburant est limitée (12 % des coûts totaux dans le scénario de référence), l'utilisation de MGO se traduit par une hausse des coûts totaux de 7,8 %, soit $31 par EVP, tandis que l'installation d'un scrubber entraîne un surcoût de seulement 0,7 % soit $3 par EVP.

En conséquence, plus que la réorganisation du trajet du navire-mère pour limiter la distance en SECA, c'est la partie réalisée en feeder qui pourrait faire l'objet de réorganisations avec un transfert potentiel vers des modes terrestres, en fonction de l'ampleur des surcoûts que subira le navire feeder naviguant en SECA et de la capacité de l'armateur à équiper son feeder d'un scrubber ou d'une propulsion au GNL.

Tableau 54 - Caractéristiques et données de coûts du service feeder retenu

Caractéristiques du navire et configuration du service	
Capacité	1600 EVP
Distance totale	1800 milles nautiques
Distance en SECA	1800 milles nautiques
Vitesse	19 nœuds
Taux de remplissage	85 %
Ratio conteneur 40 pieds/20 pieds	60 %
Nombre d'escales en Europe	4
Durée moyenne d'une escale	0,75 jour
Fréquence	hebdomadaire
Nombre de jours en mer	3,9
Nombre de jours au port	3
Durée de la rotation (semaine)	1
Données de coûts	
Coûts de capital	6 098 ($/jour)
Coûts d'exploitation	5581 ($/jour)
Charges portuaires	38 426 ($/escale)
Coûts d'agence	10 % des coûts sans manutention
Manutention	200 ($/EVP)

Source : MEDDTL (2012).

Tableau 55 - Structure de coûts dans le scénario de référence

Coûts de capital ($\$_{2008}$/rotation)	42 696	4 %
Coûts d'exploitation ($\$_{2008}$/rotation)	38 901	4 %
Coûts de soute ($\$_{2008}$/rotation)	136 378	12 %
Coûts de ports ($\$_{2008}$/rotation)	153 704	14 %
Coûts d'agence ($\$_{2008}$/rotation)	37 412	3 %
Coûts de conteneurs ($\$_{2008}$/rotation)	2 448	0,2 %
Coûts de manutention ($\$_{2008}$/rotation)	680 000	64 %
Total	**1 091 530**	100 %
Coût par EVP transporté	401	

Tableau 56 - Surcoûts du service feeder dans le scénario 1

Variation des coûts / scénario de référence		
Option MGO en SECA		
Carburant (%)	62 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**7,8 %**	**$31 / EVP**
Option IFO + scrubber		
Capital (%)	38,2 %	
Carburant (%)	-6,2 %	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**0,7 %**	**$3 / EVP**
Option GNL		
Capital (%)	59,3 %	
Carburant (%)	4,3%	
Coûts totaux (% et $/EVP)	**2,9 %**	**$11 / EVP**

4.3.2 Limiter le périmètre européen du carbone en ajoutant des escales intermédiaires dans des ports hors UE ?

Le raccourcissement du trajet du navire soumis aux permis d'émission par l'ajout d'une escale intermédiaire à l'aller et au retour à Tanger permet d'atténuer le surcoût carbone qui n'est plus que de 0,3 % des coûts totaux (contre 1,7 % sans escale intermédiaire). Ce type de stratégie s'apparente à une fuite de carbone pour le législateur européen. Il faut souligner que près de 60 % des services Europe du Nord/Asie de l'Est réalisent au moins une escale intermédiaire dans un port hors UE en 2012 (cf. sous-section 2.1). En conséquence le surcoût carbone de ces services est déjà inférieur à celui de notre service type. En outre, si tous les armements incluent une escale à Tanger, des problèmes de congestion portuaire se poseront, et cela pourrait conduire le port à augmenter ses tarifs, ce qui réduirait l'intérêt de l'escale. D'autres ports méditerranéens hors UE, un peu plus éloignés, peuvent aussi permettre de limiter le périmètre carbone, tels que Enfidha, Damiette et Port Said. L'inclusion du transport maritime dans le marché européen du carbone favorise les services réalisant des escales intermédiaires, et plus particulièrement dans le port de

Tanger, mais cela ne devrait pas entraîner la systématisation de telles escales. En effet, comme évoqué précédemment (§ 1.2.1), les escales intermédiaires doivent être justifiées économiquement pour compléter le remplissage du navire, et un certain nombre d'autres critères entrent en compte dans le choix des ports. De surcroît, la généralisation du *slow steaming* entraîne une augmentation globale du temps de transit, ce qui conduit les transporteurs à diversifier leur offre de services pour tenir compte de la préférence de certains chargeurs pour des temps de transit plus courts. La diminution du temps de transit s'obtient en limitant le nombre d'escales avec des services directs Europe du Nord/Asie de l'Est. En conséquence, l'inclusion d'escales intermédiaires sur des services qui cherchent à offrir un temps de transit court et direct entre l'Europe et l'Asie ne rentre pas dans la logique de ce type d'offre.

4.3.3 Développer les liaisons directes Europe du Sud/Asie de l'Est ?

La zone SECA et un périmètre européen du carbone pourraient-ils favoriser la desserte de l'Europe par les ports du sud de l'Europe (Marseille, Gênes, Valence, Trieste, etc.) ? Ces derniers permettent en effet à la fois d'éviter la zone SECA et de diminuer la distance incluse dans le périmètre européen du carbone par rapport aux ports d'Europe du Nord. Les ports de la rangée Nord constituent la porte d'entrée principale de l'Europe pour la distribution de fret, grâce à une stratégie efficace de régionalisation (Gouvernal et al., 2012). La régionalisation est définie comme l'expansion de la portée de l'hinterland d'un port grâce à des stratégies des autorités portuaires, des transporteurs maritimes et des prestataires de services logistiques pour améliorer l'efficacité des relations port / hinterland, comme le développement de services multimodaux, la mise en place de terminaux intérieurs et de zones logistiques (Notteboom et Rodrigue, 2005). Ainsi, les ports d'Europe du Nord ont bénéficié d'un avantage de premier entrant par rapport aux ports méditerranéens, au travers des économies d'échelle réalisées à la fois sur la partie maritime avec de plus grandes capacités de terminaux, et sur la partie terrestre avec la mise en œuvre de transports massifiés ferrés et fluviaux (Gouvernal et al., 2012). Ceci crée un cercle vertueux : les volumes importants traités par les ports d'Europe du Nord permettent d'offrir des fréquences élevées de services maritimes, ferrés et fluviaux, favorisant leur compétitivité. En outre, les ports de la rangée Nord bénéficient d'un avantage géographique avec l'existence d'un réseau fluvial à grand gabarit, mais le facteur décisif a été la multiplication des services ferroviaires et l'installation de terminaux intérieurs le long des corridors de transport (Gouvernal et al., 2012).

Les ports méditerranéens s'efforcent de rattraper ce retard et d'améliorer leur position, en développant à leur tour des stratégies de régionalisation : projets d'expansion de terminaux à Barcelone, Valence, Marseille, Gênes, etc., efforts communs de marketing (association Intermed),

développement de corridors, etc. Néanmoins, ces initiatives ont lieu dans un contexte où les ports d'Europe du Nord sont eux-mêmes très actifs dans l'intensification de leurs réseaux intermodaux (Notteboom, 2010). Les ports d'Europe du Nord bénéficient ainsi d'une avance considérable en offre de services intermodaux. En conséquence, même si les services directs entre l'Europe du Sud et l'Asie de l'Est pourraient bénéficier d'un avantage en coûts résultant de l'évitement de la zone SECA et du raccourcissement du périmètre européen du carbone, les ports d'Europe du Sud resteront pénalisés par la portée limitée de leur hinterland et l'avance prise par l'Europe du Nord dans le processus de régionalisation.

4.3.4 Conclusion : pas de changements majeurs dans la configuration des services principaux

Le passage à 0,1 % en SECA et l'intégration du transport maritime dans le marché européen de permis d'émission donnent un léger avantage en coûts à certaines configurations de services moins impactées par la portée de ces réglementations. Il s'agit des services desservant les ports à l'ouest de la rangée Nord, des services qui ont une escale intermédiaire dans un port méditerranéen hors UE, et des services directs entre l'Asie et les ports d'Europe du Sud. Cela pourrait inciter certains armements à privilégier ces configurations. Néanmoins, il est peu probable d'aboutir à une généralisation de celles-ci car les surcoûts environnementaux ne peuvent à eux seuls forcer de tels changements dans les services principaux. En effet, les considérations commerciales et les logiques propres au marché ne vont pas dans le sens d'une telle généralisation. En outre, ces surcoûts restent peu élevés par rapport aux coûts totaux des services et ils devraient pouvoir être absorbés par les chargeurs via des surcharges dédiées. Enfin, la situation dans laquelle des règles différentes s'appliquent en fonction du périmètre où circule le navire ne va pas perdurer. La teneur en soufre des carburants utilisés dans toutes les zones maritimes de l'UE hors SECA (eaux territoriales, zones économiques exclusives et zones de prévention de la pollution des Etats membres) passera à 0,5 % dès 2020, atténuant la différence entre la SECA européenne et le reste de l'Europe, et ce taux entrera en vigueur partout dans le monde en 2020 ou 2025. En outre, dans l'hypothèse où une politique européenne de réduction des émissions de CO_2 du transport maritime serait mise en œuvre, il est vraisemblable qu'elle précède de quelques années un système semblable adopté au niveau mondial. Dès lors qu'il y a une uniformisation des politiques de réduction, les configurations mentionnées perdent leur avantage.

Conclusion

La mutation de la flotte de porte-conteneurs entre l'Asie et l'Europe du Nord, soit par des scrubbers, soit par du GNL, semble inévitable dès lors que la limite de teneur en soufre des carburants marins est limitée à 0,5 % partout dans le monde. La zone SECA et l'intégration du transport maritime dans le marché européen de permis d'émission ne suffisent pas à elles seules à provoquer de telles transformations des navires, sauf si le prix du GNL évolue selon une tendance basse. Ces politiques à impact régional favorisent néanmoins certaines configurations de services moins exposées à leur portée d'application. Il s'agit des services desservant les ports à l'ouest de la rangée Nord, des services qui ont une escale intermédiaire dans un port méditerranéen hors UE, et des services directs entre l'Asie et les ports d'Europe du Sud. Cela pourrait inciter certains armements à privilégier ces configurations. Pour autant, celles-ci ne devraient pas se voir généraliser. Les considérations commerciales et les logiques propres au marché ne vont en effet pas dans un tel sens. Les surcoûts résultant du passage à 0,1 % en SECA et de l'intégration du transport maritime dans le marché européen de permis d'émission restent de surcroît peu élevés au regard des coûts totaux de la rotation, et pourraient être absorbés par les chargeurs via des surcharges. Enfin, la situation dans laquelle des règles différentes s'appliquent en fonction du périmètre où circule le navire est provisoire.

Au final, les réorganisations devraient plus affecter le segment réalisé en feeder en Europe du Nord que le segment intercontinental. Les liaisons feeders en SECA sont en effet en concurrence avec les modes terrestres, et les surcoûts résultant du passage au MGO pourrait faire basculer des trafics vers ces modes. Ce point dépasse la portée de ce chapitre qui est consacré aux lignes internationales entre l'Europe et l'Asie, mais il mériterait une étude approfondie.

Conclusion de la partie 2

L'approche de la stratégie comme décision déterminante pour l'entreprise n'impliquant pas forcément de recherche d'avantage concurrentiel durable, nous permet d'explorer, de manière prospective, les choix stratégiques des compagnies maritimes face aux politiques de réduction des émissions. Une méthodologie générale d'analyse du choix stratégique des armateurs à l'horizon 2020 a été élaborée. Elle repose sur l'élaboration de scénarios réglementaires, l'identification des options techniques et organisationnelles dans chacun de ces scénarios, l'étude des impacts de ces options sur la structure de coûts des services maritimes, et l'hypothèse d'une sélection des options guidée par la recherche de la minimisation des coûts.

L'application de cette méthodologie au marché de transport roulier transmanche a révélé que les politiques de réduction renforcent un peu plus la compétitivité des lignes maritimes du détroit par rapport aux lignes de la Manche Ouest, et celle des navettes ferroviaires empruntant le tunnel sous la Manche par rapport aux liaisons maritimes. Même si les options techniques, scrubber ou motorisation au GNL, permettent une nette atténuation des surcoûts résultant des politiques environnementales, la Manche Ouest reste plus impactée que les traversées maritimes du détroit, qui sont elles-mêmes confrontées à la concurrence du lien fixe. Les politiques environnementales pourraient alors intensifier une tendance en cours depuis plusieurs années : celle du transfert géographique de trafics de la Manche Ouest vers le détroit, et du transfert modal du transport maritime vers le transport ferroviaire du tunnel. L'offre pourrait évoluer vers une diminution des services en Manche Ouest et le retrait d'une compagnie sur le détroit. L'ampleur des modifications de l'offre par rapport à la situation actuelle dépendra de l'évolution du prix du MGO, de la capacité des compagnies à financer des transformations de leurs navires, de l'évolution réglementaire (ajout ou non de politiques « carbone » et « NO_x » à la politique soufre) et du contexte macroéconomique (croissance économique et cours livre sterling/euro).

L'application de la méthodologie aux lignes conteneurisées entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est a permis d'établir que les politiques à impact régional ne sont pas de nature à induire des mutations des flottes. En revanche, elles donnent un léger avantage en coûts à certaines configurations de services moins exposées à leurs périmètres d'application : il s'agit des

services desservant les ports à l'ouest de la rangée Nord, des services qui ont une escale intermédiaire dans un port méditerranéen hors UE, et des services directs entre l'Asie et les ports d'Europe du Sud. Si les armements devraient considérer ces configurations dans leur réflexion de planification des services, leur généralisation n'apparaît pas envisageable. En effet, les ports méditerranéens permettent de limiter à la fois le temps de transit vers l'Asie et les surcoûts des politiques de réduction des émissions, mais ils restent pénalisés par la portée limitée de leur hinterland ; la limitation de la distance en SECA en ne desservant que les ports les plus à l'ouest de la rangée Nord implique un recours accru aux feeders (qui connaitront une forte hausse de leurs coûts en SECA) ou aux modes terrestres, pour une réduction des coûts du segment principal qui reste faible ; l'ajout systématique d'escales à Tanger ou dans un autre port méditerranéen hors UE pour limiter le périmètre européen du carbone ne va pas de soi, le choix des ports étant déterminé par d'autres critères que les seuls coûts. Au final, les surcoûts environnementaux n'apparaissent pas assez élevés pour forcer à eux seuls de tels changements d'organisation dans les services principaux. Enfin, la situation dans laquelle des règles différentes s'appliquent en fonction du périmètre où circule le navire n'est pas immuable. Dès lors qu'il y a une uniformisation des politiques de réduction, les configurations mentionnées perdent leur avantage.

Les effets apparaissent ainsi bien différenciés entre notre étude de cas du cabotage et celle du transport international, ces marchés ne présentant pas les mêmes structures de coûts, le même environnement concurrentiel, ni la même exposition aux politiques de portée régionale. Néanmoins, quelques points communs ressortent dans l'analyse. D'une part, l'abaissement de la teneur en soufre des carburants sur la totalité du service (passage à 0,1 % en SECA dans le cas du transmanche, passage à 0,5 % hors SECA dans le cas du transport conteneurisé Europe/Asie) incite fortement les armateurs à équiper leur navire de technologies alternatives à l'usage de MGO/MDO (scrubber ou GNL). Le choix entre les deux technologies dépendra de la manière dont la compagnie maritime anticipe l'évolution du prix du GNL et l'évolution réglementaire (ajout de politiques carbone et « NO_x » à la politique soufre, et évolution réglementaire liée à l'utilisation des scrubbers et du GNL). D'autre part, les politiques de réduction des émissions sont de nature à induire des changements dans l'offre, mais seulement en conjonction avec d'autres facteurs, d'ordre macroéconomique ou propre au marché, allant dans le sens de ces changements. Ainsi, pour le transmanche, les politiques de réduction des émissions tendent à une diminution de l'offre en Manche Ouest, mais l'ampleur de cette diminution dépend d'autres facteurs et elle va dans le sens d'un mouvement déjà enclenché depuis plusieurs années. Pour les lignes conteneurisées Europe/Asie, les politiques environnementales de portées régionales donnent un avantage aux ports méditerranéens par rapport aux ports de la rangée Nord, mais le rééquilibrage des flux entre l'Europe du Nord et l'Europe du Sud dépendra, entre autres, des stratégies de

régionalisation que mettront en œuvre les ports d'Europe du Sud (Gouvernal et al., 2012). Au final, les politiques de réduction des émissions du transport maritime favorisent certains changements de l'offre plus qu'elles ne les déclenchent.

Conclusion générale

A travers l'étude des politiques de réduction des émissions du transport maritime, deux objets d'étude relativement distincts mais complémentaires ont été investis : celui de leur élaboration par les institutions internationale et européenne, et celui de leur intégration dans les réflexions stratégiques des compagnies maritimes.

Les émissions du transport maritime constituent une problématique particulière à plus d'un titre, qui se distingue à la fois de la problématique des émissions atmosphériques des autres secteurs, et de celle liée aux autres externalités négatives du transport maritime. Elles émanent d'un secteur qui est le support de l'économie mondiale et des échanges internationaux, et qui en conséquence connaît une forte croissance. Les cadres politiques mis en place pour la réduction des émissions atmosphériques terrestres sont inadaptés pour ce secteur international qui doit faire l'objet de mesures spécifiques. La pollution atmosphérique des navires est peu médiatisée, peu visible, difficile à quantifier et ses effets sont reportés dans le temps et dans l'espace. Elle s'apparente au modèle de l'univers controversé de Godard (1993), modèle dans lequel la prise de décision publique est complexifiée par le manque de repères scientifiques, la gestion du temps de rythmes différenciés, et la remise en cause du recours à l'analyse économique comme aide à la décision.

Ces particularités alimentent la complexité des processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime. La mise en politique de la réduction des émissions du transport maritime marque la transposition à ce secteur de problématiques initialement terrestres sur le milieu atmosphérique, les politiques environnementales maritimes visant jusque-là à préserver uniquement le milieu marin. Les acteurs doivent s'affranchir de perceptions spontanées concevant le transport maritime comme un mode de transport efficace, peu polluant, et dont les rejets seraient sans effet sur les populations et l'environnement car émis en mer. Le choix des instruments de réduction résulte d'un délicat exercice de conciliation des intérêts divergents des Etats à l'OMI et est guidé par la perception qu'ont les acteurs des problèmes, elle-même influencée par des connaissances scientifiques évolutives. Les processus comportent de multiples enchevêtrements et sont marqués par des influences réciproques entre la scène européenne et la scène internationale. Pour l'Union européenne, la maîtrise des émissions du transport maritime

apparaît comme un enjeu d'influence dans un régime international jugé trop faible. Elle est également le marqueur de la progression des compétences de l'UE en matière d'environnement et de transport maritime. A l'OMI, la recherche de convergence d'intérêts conflictuels, l'incertitude et la mobilisation de savoirs en univers controversé impliquent des dynamiques d'apprentissage collectif. D'où le temps long des processus de production des politiques de réduction des émissions du transport maritime. Entamés en 1988 pour les SO_x et les NO_x et en 1997 pour les GES, les processus sont toujours en cours. Même si de nombreux points communs apparaissent dans l'analyse, les politiques de réduction des émissions de polluants de l'air d'un côté, et de GES de l'autre, résultent de deux processus d'élaboration distincts, traduisant une approche segmentée de la pollution de l'air et des changements climatiques.

Les politiques publiques sont inséparables de leurs modes d'appropriation par les acteurs qui en sont la cible. Les formats des instruments de politiques, la nature de leurs interactions et les anticipations qu'elles génèrent ont des implications pour les compagnies maritimes qui dépassent leur prise en compte habituelle des politiques en matière de sécurité et d'environnement. Les formats des instruments se détachent en effet de la tradition réglementaire maritime par leur absence de prescription qui laisse de la flexibilité aux armateurs concernant les moyens d'atteindre les objectifs définis, leur rétroactivité potentielle, l'existence de périmètres géographiques, et le partage d'informations avec le régulateur. L'absence de prescription implique pour les armements des choix entre plusieurs alternatives qui peuvent concerner toute leur flotte (lorsque l'instrument est rétroactif). Ces choix sont contraints par la géographie, en raison de l'existence de différents périmètres de régulation. Les armateurs doivent aussi tenir compte de la compatibilité de leurs choix avec les autres politiques, ainsi que leur compatibilité avec leurs évolutions possibles. En effet, les différentes politiques ne sont pas à proprement parler incohérentes ni incompatibles entre elles, mais peu d'attention a été portée à leurs interactions, et par conséquent, leur combinaison n'a pas été optimisée. Enfin, en l'absence de clôture définitive des processus politiques sur les émissions du transport maritime, les armements font face à une incertitude sur les calendriers de mise en œuvre et les contours de certains instruments. Ils sont également susceptibles d'être soumis à de nouvelles exigences réglementaires sur leurs émissions au gré de l'évolution des modes de perception des problèmes. Cela a pour conséquence d'empêcher la stabilisation de leur environnement et de réduire la sécurité de leurs investissements. Ainsi, par les choix complexes qu'elles imposent, les politiques de réduction des émissions du transport maritime comportent une dimension stratégique inédite dans leur prise en compte par les armements. Elles donnent lieu à des possibilités diverses de comportements des compagnies face à la réglementation.

Les choix stratégiques que doivent effectuer les compagnies maritimes peuvent-ils se traduire par des réorganisations de l'offre de transport maritime de lignes régulières ? Une étude approfondie par marché maritime s'impose, le transport maritime étant composé de divers marchés présentant des fonctionnements et des structures de coûts différents. Les choix stratégiques des compagnies et leurs impacts sur l'offre de transport ont ainsi été traités par des études de cas. Le développement d'une méthodologie générale basée sur les coûts permet de disposer d'un cadre analytique applicable à tous les marchés maritimes. La méthodologie développée permet d'explorer, de manière prospective, les choix stratégiques des compagnies maritimes face aux politiques de réduction des émissions à l'horizon 2020. Cette méthodologie a été appliquée au marché de transport roulier entre la France et le Royaume-Uni, et au marché de transport conteneurisé entre l'Asie et l'Europe.

Le marché du transport maritime roulier se caractérise par une concurrence géographique asymétrique entre les lignes longues de la Manche Ouest et les lignes courtes du détroit du Pas de Calais, et par une concurrence modale entre les services maritimes et les services ferroviaires du tunnel sous la Manche. Les politiques de réduction accentuent la compétitivité des lignes maritimes du détroit par rapport aux lignes de la Manche Ouest, et celle des navettes ferroviaires empruntant le tunnel sous la Manche par rapport aux liaisons maritimes. Même si les options techniques, scrubber ou motorisation au GNL, permettent une nette atténuation des surcoûts résultant des politiques environnementales, la Manche Ouest reste plus impactée que les traversées maritimes du détroit, qui sont elles-mêmes confrontées à la concurrence du lien fixe. Les politiques environnementales pourraient alors amplifier un mouvement en cours depuis plusieurs années : le basculement géographique de trafics de la Manche Ouest vers le détroit, et le transfert modal du transport maritime vers le transport ferroviaire du tunnel. L'offre pourrait évoluer vers une diminution des services en Manche Ouest et le retrait d'une compagnie sur le détroit. L'ampleur des modifications de l'offre par rapport à la situation actuelle dépendra de facteurs endogènes au marché (capacité des compagnies à financer des transformations technologiques de leurs navires) et exogènes (évolution du prix du MGO, évolution réglementaire et contexte macroéconomique).

A la différence du transport roulier transmanche, les services du transport maritime conteneurisé au long cours ne sont couverts que partiellement par les politiques de portée régionale (zone SECA, zone NECA, périmètre européen d'un instrument de marché du carbone). L'application de la méthodologie au marché du transport conteneurisé international entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est a mis en évidence que les politiques à impact régional donnent un léger avantage en coûts à certaines configurations de services moins exposées à leurs périmètres

d'application. Il s'agit des services desservant les ports à l'ouest de la rangée Nord, des services qui ont une escale intermédiaire dans un port méditerranéen hors UE, et des services directs entre l'Asie et les ports d'Europe du Sud. Les armements devraient considérer ces configurations dans leur réflexion de planification des services, mais leur généralisation apparaît peu probable. En effet, les surcoûts environnementaux n'apparaissent pas assez élevés pour forcer à eux seuls de tels changements d'organisation dans les services principaux et amener les armateurs à renoncer aux avantages procurés par la diversification de leur offre. Enfin, la situation dans laquelle des règles différentes s'appliquent en fonction du périmètre où circule le navire n'est pas durable. La teneur en soufre des carburants utilisés dans toutes les zones maritimes de l'UE hors SECA (eaux territoriales, zones économiques exclusives et zones de prévention de la pollution des Etats membres) passera à 0,5 % dès 2020, atténuant la différence entre la SECA européenne et le reste de l'Europe, et ce taux entrera en vigueur partout dans le monde en 2020 ou 2025. En outre, dans l'hypothèse où une politique européenne de réduction des émissions de CO_2 du transport maritime serait mise en œuvre, il est vraisemblable qu'elle précède de quelques années un système semblable adopté au niveau mondial. Dès lors qu'il y a une uniformisation des politiques de réduction, les configurations mentionnées perdent leur avantage.

Les effets des politiques de réduction des émissions du transport maritime se révèlent ainsi différenciés entre notre étude de cas du transport de courte distance et celle du transport international, ces marchés ne présentant pas les mêmes structures de coûts, le même environnement concurrentiel, ni la même exposition aux politiques de portée régionale. Dans le cas du transport maritime roulier transmanche, les surcoûts environnementaux sont élevés et agissent sur l'équilibre concurrentiel du marché en donnant un avantage aux liaisons courtes et aux services ferroviaires. Dans le cas du transport maritime conteneurisé international entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est, les surcoûts sont de moindre ampleur et modifient à la marge l'équilibre concurrentiel entre les ports de l'ouest et de l'est de la rangée Nord, et entre les ports de la rangée Nord et de la rangée Sud de l'Europe.

Des points communs sont toutefois ressortis de l'analyse. D'une part, l'abaissement de la teneur en soufre des carburants sur la totalité du service (passage à 0,1 % en SECA dans le cas du transmanche, passage à 0,5 % hors SECA dans le cas du transport conteneurisé Europe/Asie) incite fortement les armateurs à équiper leur navire de technologies alternatives à l'usage de MGO/MDO (scrubber ou GNL). Le choix entre les deux technologies dépendra de la manière dont la compagnie maritime anticipe l'évolution du prix du GNL et l'évolution réglementaire (ajout de politiques carbone et « NO_x » à la politique soufre qui renforce l'intérêt du GNL, et évolution réglementaire liée à l'utilisation des scrubbers et du GNL). D'autre part, les politiques

de réduction des émissions du transport maritime sont de nature à induire des changements dans l'offre, mais seulement en combinaison avec d'autres facteurs, d'ordre macroéconomique ou propre au marché ou à des considérations commerciales, allant dans le sens de ces changements. Ainsi, pour le transmanche, les politiques de réduction des émissions tendent à une diminution de l'offre en Manche Ouest, mais l'ampleur de cette diminution dépend d'autres facteurs et elle va dans le sens d'un mouvement déjà amorcé depuis plusieurs années. Pour les lignes conteneurisées Europe/Asie, les politiques environnementales de portée régionale donnent un avantage aux ports méditerranéens par rapport aux ports de la rangée Nord, sans pour autant que l'on puisse parler de rééquilibrage des flux entre l'Europe du Nord et l'Europe du Sud qui dépendra de toute façon d'un grand nombre de facteurs dont les stratégies de régionalisation que mettront en œuvre les ports d'Europe du Sud.

In fine, et c'est la réponse à notre problématique de thèse, les politiques de réduction des émissions du transport maritime favorisent certains changements de l'offre plus qu'elles ne les suscitent. Elles sont plus à même de catalyser des réorganisations en conjonction avec d'autres facteurs qu'à ne les amorcer réellement. Il n'en reste pas moins que la réduction des émissions du transport maritime constitue indubitablement un enjeu prégnant et que la prise en compte des politiques entre dans les décisions stratégiques des armements.

Perspectives

Cette thèse pourrait donner lieu à des développements ultérieurs en poursuivant l'application de la méthodologie proposée à d'autres études de cas. La réponse à notre problématique de thèse étant inductive, c'est-à-dire qu'elle est fondée sur un nombre limité d'études de cas, d'autres analyses sont nécessaires pour la confirmer ou la réajuster. Le marché feeder en Europe du Nord pourrait par exemple faire l'objet d'une étude approfondie. Il serait intéressant de déterminer si les surcoûts résultant des politiques de réduction des émissions pourraient entraîner des basculements de trafics de la mer vers les modes terrestres et quels itinéraires sont les plus à même d'être impactés.

Le travail pourrait également être élargi au transport maritime à la demande. Ce type de transport maritime est adossé à des organisations industrielles. En effet, la valeur à la tonne des marchandises en vrac est généralement faible par rapport aux produits manufacturés. En conséquence, la localisation des industries est déterminée par la recherche de la limitation des coûts du transport de vrac. Comme l'explique Lacoste (2013) : « les distances qui séparent les zones agricoles, les zones minières et les champs d'hydrocarbures, des ports d'exportation

peuvent être assez importantes, et les économies d'échelle du système de transport terrestre devront couvrir la contrainte imposée par la localisation de la ressource et son éloignement ; les volumes transportés, selon le produit par trains blocs sur voies dédiées, par pipelines ou gazoducs de plusieurs centaines de kilomètres, jusqu'au port d'embarquement justifient les investissements et abaissent le coût de transport ramené à la tonne ; […] En revanche après expédition maritime, c'est à dire à l'autre bout de la chaîne au port de déchargement, les industriels […] cherchent à s'implanter au plus près des terminaux (dans les Zones Industrialo-Portuaires) pour diminuer les coûts de pré et post acheminements en l'absence de réseaux de transports dédiés de grand gabarit qui sont très rares, exception faite de la voie fluviale ». L'étude de l'impact des politiques de réduction des émissions sur le transport maritime de vrac implique de s'intéresser à des problématiques industrielles, et pas seulement à des logiques de transport comme pour la ligne régulière. L'orientation suivie pourrait être l'examen des effets potentiels des politiques de réduction des émissions sur l'organisation de la demande des matières premières et la répartition des outils industriels de transformation.

Enfin, nous avons suivi une démarche prospective pour explorer les choix stratégiques des compagnies maritimes, car les aspects les plus contraignants de ces politiques n'étaient pas encore mis en œuvre au moment de la réalisation de ce travail (notamment la limite sur le teneur en soufre des carburants de 0,1 % en SECA à partir de 2015, la limite de 0,5 % hors SECA en 2020 ou 2025, la norme Tier III en NECA à partir de 2016, l'instrument de marché du carbone envisagé). Dans les prochains mois et années, un regard rétrospectif pourra être porté sur les effets des politiques de réduction des émissions sur le transport maritime. Les choix qu'auront faits les compagnies, la constitution d'avantages concurrentiels en fonction des choix réalisés, et plus largement l'évolution des politiques environnementales et des transports maritimes constitueront de nouveaux champs à explorer.

Bibliographie

Acciaro, M. (2014). Real option analysis for environmental compliance: LNG and emission control areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 28*, 41–50.

Acciaro, M., Vanelslander, T., Sys, C., Ferrari, C., Roumboutsos, A., Giuliano, G., Lam, Y.S.L., Kapros, S. (2014). Environmental sustainability in seaports: a framework for successful innovation. *Maritime Policy & Management, 41*(5), 480–500.

ADEME. (2006). *Etude sur le niveau de consommation de carburant des unités fluviales françaises. Efficacités énergétiques et émissions unitaires de CO_2 du transport fluvial de marchandises.* Etude menée par TL et Associés pour le compte de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) et de Voies Navigables de France (VNF).

AEA. (2009). *Cost Benefit Analysis to support the impact assessment accompanying the revision of Directive 1999/32/EC on the sulphur content of certain liquid fuels*. Report to European Commission.

AMEC. (2013). *Impact on Jobs and the Economy of Meeting the Requirements of MARPOL Annex VI*. Report for the UK Chamber of Shipping.

Angelelli, P. (2012). *La libre immatriculation des navires : un gain pour les petites économies insulaires ? (étude à partir du cas d'Etats de la Caraïbe).* Thèse de doctorat en sciences économiques, Université des Antilles et de la Guyane.

Aronietis, R., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2010). Port competitiveness determinants of selected European ports in the containerized cargo market. In *Proceedings of the 2010 International Association of Maritime Economists Conference, Lisbon.*

Attarça, M. (2002). Les ressources politiques de l'entreprise : proposition d'une typologie. In *Actes de la XIème Conférence annuelle de l'Association Internationale de Management Stratégique, Paris.*

Autorité de la concurrence. (2012). *Décision n° 12-DCC-154 du 7 novembre 2012 relative à la prise de contrôle exclusif d'actifs de la société SeaFrance par la société Groupe Eurotunnel*.

Baird, I. S., & Thomas, H. (1985). Toward a Contingency Model Toward of Strategic Risk. *The Academy of Management Review, 10*(2), 230–243.

Balland, O., Erikstad, S. O., & Fagerholt, K. (2012). Optimized selection of air emission controls for vessels. *Maritime Policy & Management, 39*(4), 387–400.

Balland, O., Girard, C., Erikstad, S. O., & Fagerholt, K. (2014). Optimized selection of vessel air emission controls—moving beyond cost-efficiency. *Maritime Policy & Management*, *41*(1), 1–15.

Banque Mondiale. (2013). Données. Disponible sur http://donnees.banquemondiale.org/. Consulté le 23 mars 2014.

Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, *17*(1), 99–120.

Battarbee, R. W., Simpson, G. L., Shilland, E. M., Flower, R. J., Kreiser, A., Yang, H., & Clarke, G. (2014). Recovery of UK lakes from acidification: An assessment using combined palaeoecological and contemporary diatom assemblage data. *Ecological Indicators*, *37*, 365–380.

Bengtsson, S. (2011). *Life Cycle Assessment of Present and Future Marine Fuels*. Thesis for the degree of licentiate of engineering, Chalmers University of Technology.

Bensedrine, J. (1998). Les entreprises face aux controverses politico-scientifiques. *Revue Française de Gestion, Juin-Juillet*.

Bergano, C. (2002). Les coûts de passage portuaire des navires porte-conteneurs utilisés sur les lignes régulières entre l'Europe et l'Extrême-Orient. Note de Synthèse du SES, Ministère des Transports, juillet-août.

Blanchard, D. (2000). Approche jurique de la coordination entre niveaux de pouvoir dans le système de l'Union européenne. In Baslé M., (édité par), *Economie politique de la coordination en Europe*, Economica, (pp. 271-302).

Blanco-Bazán, A. (2004). IMO – Historical highlights in the life of a UN Agency. *Journal of the History of International Law / Revue d'histoire du droit international*, *6*(2), 259–283.

Bloor, M., Baker, S., Sampson, H., & Dahlgren, K. (2013). *Effectiveness of international regulation of pollution controls : the case of the governance of ship emissions*. Project funded by the UK's Economic & Social Research Council.

Bloor, M., Sampson, H., Baker, S., & Dahlgren, K. (2013). The instrumental use of technical doubts: Technological controversies, investment decisions and air pollution controls in the global shipping industry. *Science and Public Policy*, 1–11.

Bode, S., Isensee, J., Krause, K., & Michaelowa, A. (2001). Climate policy: Analysis of ecological, technical and economic implications for international maritime transport. *International Journal of Maritime Economics*, *4*, 164–184.

Boisson, P. (1998). *Politiques et droit de la sécurité maritime*. Paris, Bureau Veritas.

Bollen, J., Guay, B., & Corfee-morlot, J. (2009). *Co-benefits of climate change mitigation policies: literature review and new results*. OECD report.

Brittany Ferries. (2014). Les chiffres clés. http://corporate.brittany-ferries.com/chiffres-cles.aspx. Consulté le 11 novembre 2014.

Brynolf, S., Magnusson, M., Fridell, E., & Andersson, K. (2014). Compliance possibilities for the future ECA regulations through the use of abatement technologies or change of fuels. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *28*, 6–18.

Buhaug, Ø., Corbett, J. J., Eyring, V., Endresen, Ø., Faber, J., Hanayama, S., et al. (2009). *Second IMO GHG study*. International Maritime Organisation, London.

Burkel, J.-C. (2012). La réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur du transport maritime international. In Maljean-Dubois S., Wemaere M., (sous la direction de), *Les négociations internationales du post 2012 – une lecture juridique des enjeux fondamentaux*. Rapport de recherche.

Cabantous, L., Chanel, O., & Vergnaud, J. (2010). Transport, health and climate change: Deciding on the optimal policy. *Economie Internationale*, *120*(2009), 11–36.

Capaldo, K., Corbett, J. J., Kasibhatla, P., Fischbeck, P., & Pandis, S. N. (1999). Effects of ship emissions on sulphur cycling and radiative climate forcing over the ocean. *Nature*, *400*(6746), 743–746.

Cariou, P. (2011). Is slow steaming a sustainable means of reducing CO_2 emissions from container shipping? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *16*(3), 260–264.

Cariou, P., & Cheaitou, A. (2012). The effectiveness of a European speed limit versus an international bunker-levy to reduce CO_2 emissions from container shipping. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *17*(2), 116–123.

Cavagnol, A., & Roulle, P. (2013). *Management stratégique des organisations*. Gualino éditeur / Lextenso éditions.

CE Delft. (2009). *Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport*. Report for DG Environment, European Commission.

CE Delft. (2011). *Analysis of GHG marginal abatement cost curves*. Report commissioned by Ocean Policy Research Foundation.

CETE Méditerranée. (2013). *Analyse du dispositif d'observation "transit 2010" - Le transit national*. Ministère des Transports.

CGDD. (2012). *Les consommateurs face à l'affichage environnemental*. Etudes & documents n° 74, Commissariat Général au Développement Durable.

CGDD. (2013). *Bilan carbone des biocarburants : vers une prise en compte des changements indirects d'affectation des sols*. Etudes & documents n° 79, Commissariat Général au Développement Durable.

Chantelauve, G. (2006). *Evaluation des risques et réglementation de la sécurité, Cas du secteur maritime - Tendances et applications*. Thèse de doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

Cheaitou, A., & Cariou, P. (2013). An inventory management model with random demand : centralized versus decentralized liner shipping systems. In *Proceedings of the 2013 International Association of Maritime Economists Conference, Marseille*.

CITEPA. (2014). *Rapport National d'Inventaire pour la France au titre de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto*.

Citores, A. (2012). *La contribution des parties prenantes à l'intégration de normes environnementales en droit maritime*. Thèse de doctorat en droit, Université Paul Cézanne - Aix-Marseille.

Colvile, R., Hutchinson, E., Mindell, J., & Warren, R. (2001). The transport sector as a source of air pollution. *Atmospheric Environment*, *35*(9), 1537–1565.

Comtois, C., & Lacoste, R. (2010). Dry bulk shipping Logistics. In Comtois, C., Song D-W., & Panayides P. (ed.), *Maritime Logistics: a complete guide to effective shipping and port management*, Kogan Page, London, (pp. 163–176).

Containerisation International. (2012). Leading services between Asia and Northern Europe (April 2012).

Containerisation International December. (2013). http://europe.nxtbook.com/nxteu/informa/ci_201312/. Consulté le 27 mars 2014.

Containerisation International May. (2013). http://europe.nxtbook.com/nxteu/informa/ci_201305/#/10. Consulté le 1er avril 2014.

Corbett, J. J., & Fischbeck, P. (1997). Emissions from Ships. *Science*, *278*(5339), 823–824.

Corbett, J. J., & Fischbeck, P. S. (2001). International technology policy challenges in regulating ship emissions. In Corbett, J. J., & Fishbeck P. S. (ed.), *Improving regulation: Cases in environment, health, and safety*, Farrow R.S., Routledge, (pp. 282-310).

Corbett, J. J., Fischbeck, P. S., & Pandis, S. N. (1999). Global nitrogen and sulfur inventories for oceangoing ships. *Journal of Geophysical Research*, *104*(D3), 3457-3470.

Corbett, J. J., Wang, H., & Winebrake, J. J. (2009). The effectiveness and costs of speed reductions on emissions from international shipping. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *14*(8), 593–598.

Corbett, J. J., & Winebrake, J. (2008). *The impacts of globalisation on international maritime transport activity*. Report for the OECD Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World, 10-12 November 2008, Guadalajara, Mexico.

Corbett, J. J., Winebrake, J. J., Green, E. H., Kasibhatla, P., Eyring, V., & Lauer, A. (2007). Mortality from ship emissions: a global assessment. *Environmental Science & Technology*, *41*(24), 8512–8518.

Corbin, A. (1990). *Le territoire du vide. L'Occident et le désir de rivage, 1750-1840*. Paris, Flammarion.

Crowe, T. (2012). Seaborne trade: The long and the short of it. *Clarkson Research Services, 7 September 2012*. http://www.clarksons.net/markets/feature_display.asp?section=&news_id=33031&title=Seaborne+Trade%3A+The+Long+and+The+Short+of+It. Consulté le 19 mars 2014.

Cullinane, K., & Khanna, M. (2000). Economies of scale in large containerships : optimal size and geographical implications. *Journal of Transport Geography*, *8*, 181–195.

Danish Maritime Authority. (2012). *North European LNG Infrastructure Project, A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations - Appendices*. Full report co-financed by the European Union Trans-European Transport Network.

Danish Maritime authority. (2012). *North European LNG Infrastructure Project. A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations*. Full report co-financed by the European Union Trans-European Transport Network.

Demil, B. (1998). Les comportements stratégiques face à la réglementation, le pionnier et les suiveurs. *Revue Française de Gestion, Juin-Juillet*.

Devin, G. (2013). *Sociologie des relations internationales*. 3ème édition, Collection Repères, Paris La découverte.

DFDS. (2014). *Annual Report 2013*.

Dirks, J. (2004). Decision making in the International Maritime Organization. In Dirks, J., Reinalda B., Verbeek B., (ed.), *Decision Making Within International Organisations*, Routledge, (pp. 201-214).

Doudnikoff, M. (2011). *Transport maritime durable : instrument réglementaire, écotaxe ou permis d'émission négociables ?* Travail de fin d'études, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat.

Doudnikoff, M., Gouvernal, E., & Lacoste, R. (2014). The reduction of ship-based emissions : aggregated impact on costs and emissions for North Europe-East Asia liner services. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, *6*(2), 213–233.

Doudnikoff, M., & Lacoste, R. (2014). Effect of a speed reduction of containerships in response to higher energy costs in Sulphur Emission Control Areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *28*, 51–61.

Dubreuil, D. (2003). *La competitivité par les interfaces : l'exemple du transport maritime comme alternative à la route*. Thèse de doctorat en urbanisme et aménagement, Université Paris-Est.

Ducruet, C., & Notteboom, T. (2012). The worldwide maritime network of container shipping : Spatial structure and regional dynamics. *Global Networks*, *12*(3), 395–423.

EDGAR. (2011). Emission Database for Global Atmospheric Research. Disponible sur: http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=42. Consulté le 10 avril 2014.

Eide, M. S., Endresen, Ø., Skjong, R., Longva, T., & Alvik, S. (2009). Cost-effectiveness assessment of CO_2 reducing measures in shipping. *Maritime Policy & Management*, *36*(4), 367–384.

Eide, M. S., Longva, T., Hoffmann, P., Endresen, Ø., & Dalsøren, S. B. (2011). Future cost scenarios for reduction of ship CO_2 emissions. *Maritime Policy & Management*, *38*(1), 11–37.

Endresen, Ø., Sørgård, E., Behrens, H. L., Brett, P. O., & Isaksen, I. S. a. (2007). A historical reconstruction of ships' fuel consumption and emissions. *Journal of Geophysical Research, Vol. 112*, D12301, 1-17.

Endresen, Ø., Sørgård, E., Sundet, J. K., Dalsøren, S. B., Isaksen2, I. S. A., Berglen, T. F., & Gravir, G. (2003). Emission from international sea transportation and environmental impact. *Journal of Geophysical Research, Vol. 108*, D17.

EPA. (2012). U.S. Emission Control Areas, Briefing for the Mobile Source Technical Review Subcommittee, Washington, DC, December 13, 2012. http://www.epa.gov/air/caaac/mstrs/dec2012/charmley.pdf. Consulté le 16 septembre 2014.

European Commission. (2011). *A roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 - Impact assessment*. SEC (2011) 288, Brussels.

European Commission. (2013a). *EU transport in figures, Statistical pocketbook*.

European Commission. (2013b). Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport and amending Regulation (EU) No 525/2013).

European Environment Agency. (2013). *The impact of international shipping on European air quality and climate forcing*. EEA Technical report No 4/2013.

Eurotunnel. (2009). *Rapport d'activité 2008*.

Eurotunnel. (2013a). *Rapport d'activité 2012*.

Eurotunnel. (2013b). *Document de référence 2012 Groupe Eurotunnel*.

Eurotunnel. (2014). *Rapport d'activité 2013*.

Eyring, V., Isaksen, I. S. A., Berntsen, T., Collins, W. J., Corbett, J. J., Endresen, O., Grainger, R. G., Moldanova, J., Schlager, H., Stevenson, D. S. (2010). Transport impacts on atmosphere and climate: Shipping. *Atmospheric Environment*, *44*(37), 4735–4771.

Eyring, V., Stevenson, D. S., Lauer, A., Dentener, F. J., Butler, T., Collins, W. J., et al. (2007). Multi-model simulations of the impact of international shipping on Atmospheric Chemistry and Climate in 2000 and 2030. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *7*(3), 757–780.

Faucheux, S., & Nicolaï, I. (1998). Les firmes face au développement soutenable : changement technologique et gouvernance au sein de la dynamique industrielle. *Revue d'Economie Industrielle*, *83*, 127–146.

Ferrari, C., Parola, F., & Tei, A. (2013). Slow steaming and shipping perfomances: how a slowing down strategy can speed up the shipping market performances. In *Proceedings of the 13th World Conference on Transport Research (WCTR), Rio de Janeiro*.

Flanner, M. G., Zender, C. S., Randerson, J. T., & Rasch, P. J. (2007). Present-day climate forcing and response from black carbon in snow. *Journal of Geophysical Research*, *112*(D11), D11202.

Florentinus, A., Hamelinck, C., van den Bos, A., Winkel, R., & Cuijpers, M. (2012). *Potential of biofuels for shipping*. Ecofys, report by order of European Maritime Safety Agency (EMSA).

Franc, P., & Doudnikoff, M. (2013). *Evolution de la réglementation sur la teneur en soufre des carburants marins : quels effets sur le marché transmanche après 2015 ?* Rapport du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

Franc, P., & Sutto, L. (2014). Impact analysis on shipping lines and European ports of a cap-and-trade system on CO_2 emissions in maritime transport. *Maritime Policy & Management*, *41*(1), 61–78.

Frémont, A. (2005). *Conteneurisation et mondialisation. Les logiques des armements de lignes régulières.* Texte d'habilitation à diriger des recherches, Université Paris I Panthéon-Sorbonne.

Frémont, A., & Soppé, M. (2005). La desserte de la Rangée Nord-Europe par les armements de lignes régulières : concentration ou dispersion ? 1994-2002. *Flux*, *59*, 22–32.

Fuglestvedt, J., Berntsen, T., Myhre, G., Rypdal, K., & Skeie, R. B. (2008). Climate forcing from the transport sectors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(2), 454–458.

Galès, P. Le. (2010). Gouvernance. In Boussaguet L., Jacquot S., Ravinet P., (sous la dir.), *Dictionnaire des politiques publiques*, 3ème édition, Presses de Sciences Po., (pp. 299–308).

Garraud, P. (2014). Agenda/Émergence. In Boussaguet L., Jacquot S., Ravinet P., (sous la dir.), *Dictionnaire des politiques publiques*, 4ème édition, Presses de Sciences Po., (pp. 58–67).

Gaskell, N. (2003). Decision making and the legal comitee of the International Maritime Organisation. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, *18*(2), 155–214.

Germanischer Lloyd. (2013). *Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels. Key results from a GL and MAN joint study*.

GIEC. (2000). *Scénarios d'émissions, Résumé à l'intention des décideurs.* Rapport spécial du Groupe de travail III du GIEC.

GIEC. (2013). *Changements climatiques 2013, Les éléments scientifiques.* Contribution du groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

Gilbert, P. (2014). From reductionism to systems thinking: How the shipping sector can address sulphur regulation and tackle climate change. *Marine Policy*, *43*, 376–378.

Gilbert, P., & Bows, A. (2012). Exploring the scope for complementary sub-global policy to mitigate CO_2 from shipping. *Energy Policy*, *50*, 613–622.

Godard, O. (1990). Environnement, modes de coordination et systèmes de légitimité : analyse de la catégorie de patrimoine naturel. *Revue Économique*, *41*(2), 215–242.

Godard, O. (1992). Des marchés internationaux de droits à polluer pour le problème de l'effet de serre : de la recherche de l'efficacité aux enjeux de légitimité. *Politiques et Management Public*, *10*(2), 101–131.

Godard, O. (1993). Stratégies industrielles et conventions d'environnement : de l'univers stabilisé aux univers controversés. In *Environnement et économie, Actes du colloque, Paris, 15 et 16 février 1993, Insee Méthodes* (pp. 145–174).

Godard, O. (1998). Les enjeux économiques des politiques de prévention du risque climatique. *La Météorologie*, *8*(24), 54-66.

Godard, O. (2012). Instruments économiques, justification et normes de justice : le cas de la politique climatique. *Cahier n°2012-18, Ecole Polytechnique*.

Gouvernal, E. (2007). Transport maritime. In Savy M., (sous la dir.), *Economie et Gestion du Fret*, Editions T.I. CELSE, (pp. 75-93).

Gouvernal, E., Debrie, J., & Slack, B. (2005). Dynamics of change in the port system of the western Mediterranean. *Maritime Policy & Management*, *32*(2), 107–121.

Gouvernal, E., Rodrigue, J.-P., & Slack, B. (2012). The divergence of regionalization: the challenges of the Mediterranean ports of Europe. In *Proceedings of the 2012 International Association of Maritime Economists Conference, Taipei*.

GTT. (2014). GNL comme carburant, Contribution de GTT pour créer une infrastructure de distribution. *Présentation aux Journées des hydrocarbures (GEP-AFTP), 8 octobre 2014*.

Green port, 24/07/204, Maersk sulphur regulation implications.

Halpern, C. (2011). L'Union Européenne, vecteur d'innovation instrumentale ? *Politique Européenne*, *33*, 89–117.

Heitmann, N., & Khalilian, S. (2011). Accounting for carbon dioxide emissions from international shipping: Burden sharing under different UNFCCC allocation options and regime scenarios. *Marine Policy*, *35*(5), 682–691.

Héran, F. (2011). Pour une approche systémique des nuisances liées aux transports en milieu urbain. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, *59*, 83–112.

Hicks, J. (1932). *The theory of wages*. MacMillan, London.

Hillman, K. (2008). *Environmental assessment and Strategic Technology Choice The Case of Renewable Transport Fuels*. Thesis for the degree of doctor of philosophy, Chalmers University of Technology.

Hjelle, H. M. (2011). The double load factor problem of Ro-Ro shipping. *Maritime Policy & Management*, *38*(3), 235–249.

Hjelle, H. M. (2014). Atmospheric Emissions of Short Sea Shipping Compared to Road Transport Through the Peaks and Troughs of Short-Term Market Cycles. *Transport Reviews*, *34*(3), 379–395.

Hoppe, H. (2006). Goal based standards - a new approach to the international regulation of ship construction. Papers and Articles by IMO Staff : http://www.imo.org/blast/mainframe.asp?topic_id=406&offset=21

Hoyle, B. S. (1988). Development dynamics at the port-city interface. In Hoyle B. S, Pinder D. A., Husain M. S., *Revitalising the Waterfront: International dimensions of dockland redevelopment*, Belhaven Press, London, (pp. 3-19).

Huchet, J.-P. (1997). La ligne régulière : paramètres décisionnels. In Gouvernal E., Guilbault M., Rizet C., (coord.), *Politiques transport et compétitivité*, Editions Hermes, Paris, (pp. 45–70).

Hyvättinen, H., & Hildén, M. (2004). Environmental policies and marine engines—effects on the development and adoption of innovations. *Marine Policy*, *28*(6), 491–502.

IEA. (2009a). *Transport, energy and CO_2*. OECD Publishing, Paris.

IEA. (2009b). *World Energy Outlook*. OECD Publishing, Paris.

IEA. (2012). *CO_2 emissions from fuel combustion, Highlights*. OECD Publishing, Paris.

IMO. (2010). *Full report of the work undertaken by the Expert Group on Feasibility Study and Impact Assessment of possible Market-based Measures.* MEPC 61/INF.2.

Ioannides, E. S. (2007). *The Prestige casualty and resulting initiatives in European and international law*. Sakkoulas Publishers, Athens.

IRN. (2013a). *Freight Ferrystat December 2012*. IRN Research.

IRN. (2013b). *UK ferry market 2012*. IRN Research.

ISL. (2010). *Reducing the sulphur content of shipping fuels further to 0.1 % in the North Sea and Baltic Sea in 2015 : Consequences for shipping in this shipping area*. Report commissioned by the German Shipowners' Association and the Association of German Seaport Operators.

ITMMA. (2010). *Analysis of the Consequences of Low Sulphur Fuel Requirements*. Study commissioned by European Community Shipowners' Association.

Jacquot, S. (2010). Approche séquentielle. In Boussaguet L., Jacquot S., Ravinet P., (sous la dir.), *Dictionnaire des politiques publiques*, 3ème édition, Presses de Sciences Po., (pp. 82–89).

Jafarzadeh, S., & Utne, I. B. (2014). A framework to bridge the energy efficiency gap in shipping. *Energy*, *69*, 603–612.

Jaffe, A. B., & Stavins, R. N. (1994). The energy-efficiency gap: What does it mean? *Energy Policy*, *22*(10), 804–810.

Jevons, W. S. (1865). *The Coal Question: an Inquiry Concerning the Progress of the Nation and the Probable Exhaustion of our Coal Mines*. Macmillan, London.

Jiang, L., Kronbak, J., & Christensen, L. P. (2014). The costs and benefits of sulphur reduction measures: Sulphur scrubbers versus marine gas oil. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *28*, 19–27.

Johnson, H. (2013). *Towards understanding energy efficiency in shipping*. Thesis for the degree of licentiate in engineering, Chalmers University of Technology.

Johnson, H., Johansson, M., & Andersson, K. (2014). Barriers to improving energy efficiency in short sea shipping: an action research case study. *Journal of Cleaner Production*, *66*, 317–327.

Johnson, H., Johansson, M., Andersson, K., & Södahl, B. (2013). Will the ship energy efficiency management plan reduce CO2 emissions? A comparison with ISO 50001 and the ISM code. *Maritime Policy & Management*, *40*(2), 177–190.

Jones, C. (1970). *An introduction to the study of public policy*. Belmont, Duxbury Press.

Jouffray, J.-F., Erhardt, J.-B., & Allais, V. (2013). *Coordination des actions ministérielles relatives à l'emploi du gaz naturel liquéfié comme carburant marin, Un défi maritime à relever collectivement*. Rapport du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable.

Journal de la Marine Marchande, 28/02/2014, Dossier Transmanche, n° 4916.

Journal de la Marine Marchande, 23/06/2014, Une démarche commune des armateurs français et britanniques sur les dangers de la directive soufre.

Kim, H.-J., Chang, Y.-T., Kim, K.-T., & Kim, H.-J. (2012). An epsilon-optimal algorithm considering greenhouse gas emissions for the management of a ship's bunker fuel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *17*(2), 97–103.

Knight, F. (1921). *Risk, uncertainty and profit*. Chicago Press.

Krasner, S. (1983). *International regimes*. Ithaca, Cornell University Press.

Krychowski, C. (2007). *Apport et limites des options réelles à la décision d'investissement stratégique : Une étude appliquée dans le secteur des télécommunications*. Thèse de doctorat en sciences de gestion, Ecole des Hautes Etudes Commerciales.

Kütting, G., & Gauci, G. (1996). International environmental policy on air pollution from ships. *Environmental Politics*, *5*(2), 344–351.

Lacoste, R. (2013a). Caractéristiques des marchandises, contextes industriels et transports maritimes : éléments de cadrage sur la logistique internationale des marchandises en vrac. In Alix Y., Lacoste R., (sous la dir.), *Logistique et transport des vracs*, éditions ems, (pp. 27–57).

Lacoste, R. (2013b). Les flux conteneurs en Méditerranée, répartition entre la rangée Nord (Hambourg - le Havre) et la rangée Méditerranéenne (Gioia Tauro - Algesiras). *Présentation*

faite aux 3èmes Journées Méditerranéennes du Génie Côtier et Portuaire (AIPCN), 3èmes Assises du Port du Futur (CETMEF), Marseille, 22-24 Mai.

Lacoste, R., Franc, P., & Gambet, E. (2011). Quels attributs pour un marché européen de permis d'émission de CO2 dans le transport maritime ? *Transports*, n° 470, 371–379.

Lacoste, R., & Gambet, E. (2012). The European Union carbon policy: data and perimeter issues for the shipping industry. Presentation at *Key Developments in Ports and Maritime Sectors, World Conference on Transport Research, Special Interest Group 2, Antwerp, 21-22 May.*

Lacuisse, M.-E., & Mayaux, P.-L. (2010). L'action publique et la multiplication des niveaux de gouvernement. In Palier B., Surel Y., et al., *Quand les politiques changent, Temporalités et niveaux de l'action publique*, Logiques politiques, L'Harmattan, (pp. 215–246).

Lascoumes, P. (2008). Les politiques environnementales. In Borraz O., Guiraudon V., (sous la dir.), *Politiques publiques 1, La France dans la gouvernance européenne*, Presses de Science Po, (pp. 29-67).

Lascoumes, P. (2012). *Action publique et environnement*. Que sais-je ?, PUF.

Lascoumes, P., & Le Galès, P. (2005). Introduction / L'action publique saisie par ses instruments. In Lascoumes P., Le Galès P., *Gouverner par les instruments*, Presses de Science Po, (pp. 1-10).

Lauer, A., Eyring, V., Hendricks, J., Jöckel, P., & Lohmann, U. (2007). Global model simulations of the impact of ocean-going ships on aerosols, clouds, and the radiation budget. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *7*(19), 5061–5079.

Lautier, D. (2003). Les options réelles : une idée séduisante - un concept utile et multiforme - un instrument facile à créer mais difficile à valoriser. *Economies et Sociétés*, *9*(2-3), 403–432.

Lee, D. S., Lim, L. L., Eyring, V., Sausen, R., Endresen, Ø., & Behrens, H. L. (2007). Radiative forcing and temperature response from shipping. In *Proceedings of the International Conference on Transport, Atmosphere and Climate*, 208–213.

Lefebvre-Chalain, H. (2009). La représentation permanente de la France à l'Organisation Maritime Internationale. *Neptunus*, *15*, 1–6.

Lefebvre-Chalain, H. (2010). *La stratégie normative de l'Organisation Maritime Internationale*. Thèse de doctorat en droit public, Université de Nantes.

Le Marin, 17/12/2010, Les opérateurs de ferries peuvent trembler.

Le Marin, 03/08/2012, Le marché profite à Dunkerque et Eurotunnel.

Le Marin, 29/11/2012, Soufre : les armateurs veulent que la France obtienne une dérogation à l'OMI.

Le Marin, 26/12/2012, Soufre : Armateurs de France se réjouit que l'Europe accepte de réexaminer sa directive.

Le Marin, 31/01/2014, La donne change sur le détroit.

Le Marin, 02/04/2014, Soufre : DFDS supprime sa ligne ferry Esbjerg – Harwich.

Le Marin, 15/09/2014, Le Havre-Portsmouth : DFDS se retire, Brittany Ferries seule en ligne.

Le Marin, 17/09/2014, Émissions de soufre : le calendrier de retrofit des navires de Brittany Ferries arrêté.

Le Marin, 30/10/2014, CMA CGM va réduire les bulbes de dix nouveaux navires.

Le Marin, 20/11/2014, China Shipping baptise le plus grand porte-conteneurs du monde.

Lesourne, J., & Stoffaës, C. (1997). *La prospective stratégique d'entreprise, Concepts et études de cas*. InterEditions, Paris.

Lindstad, H., Asbjørnslett, B. E., & Strømman, A. H. (2011). Reductions in greenhouse gas emissions and cost by shipping at lower speeds. *Energy Policy*, *39*(6), 3456–3464.

Lindstad, H., Asbjørnslett, B. E., & Strømman, A. H. (2012). The importance of economies of scale for reductions in greenhouse gas emissions from shipping. *Energy Policy*, *46*, 386–398.

Livanos, G. a., Theotokatos, G., & Pagonis, D.-N. (2014). Techno-economic investigation of alternative propulsion plants for Ferries and RoRo ships. *Energy Conversion and Management*, *79*, 640–651.

Lloyd's List, 13/02/2014, More owners go for gas fuels.

Lloyd's List, 25/02/2014, Unscrupulous owners may break the low-sulphur rules.

Lloyd's list, 03/06/2014, Denmark takes up 2015 SOx enforcement challenge.

Lloyd's loading list, 06/05/2014, DFDS to close Harwich-Esbjerg ferry route.

Lloyd's Register. (2012). *Implementing the Energy Efficiency Design Index (EEDI) Guidance for owners, operators, shipyards and tank test organisations*.

Lowi, T. J. (1972). Four systems of policy, politics and choice. *Public Administration Review*, *32*(4), 298–310.

Lund, M. T., Eyring, V., Fuglestvedt, J., Hendricks, J., Lauer, A., Lee, D., & Righi, M. (2012). Global-Mean Temperature Change from Shipping toward 2050: Improved Representation of the Indirect Aerosol Effect in Simple Climate Models. *Environmental Science & Technology*, *46*(16), 8868–8877.

Maddox. (2012). *Analysis of market barriers to cost effective GHG emission reductions in the maritime transport sector*. Final report.

Maljean-Dubois, S., & Wemaëre, M. (2010). *La diplomatie climatique, Les enjeux d'un régime international du climat*. A. Pedone, Paris.

MAN diesel & Turbo. (2009). Propulsion Trends in Container Vessels. http://www.mandieselturbo.com/files/news/filesof4672/5510-0040-01ppr_low.pdf. Consulté le 15 mai 2013.

MarineLink.com. (n.d.). The End Of The Grandfather Clause? Implications For Owners, Builders & Suppliers. *Maritime Reporter and MarineNews magazines online*. http://www.marinelink.com/article/ship-simulators/grandfather-implications-builders-suppliers-818. Consulté le 2 juillet 2014.

MEDDE. (2013). *Bilan socio-économique de l'évolution des normes sur la composition des carburants marins : analyse à partir de l'activité de transport maritime desservant les ports français*. Etude menée par MLTC/Systra pour le compte du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

MEDDTL. (2012). *Evaluation des conséquences économiques sur l'activité maritime et portuaire de la mise en place d'un marché de permis d'émissions de CO2 dans le secteur du transport maritime international*. Etude menée par MLTC pour le compte du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement.

Mény, Y., & Thoening, J.-C. (1989). *Politiques publiques*. Presses universitaires de France, Collection Thémis Science politique.

MEPC 65/4/7. (2013). *Rapport final du Groupe de travail par correspondance sur le bilan des innovations technologiques disponibles en vue d'appliquer les normes d'émission de NOx du niveau III prévues par l'Annexe VI de MARPOL*. Marine Environment Protection Committee, 65th session.

MEPC 65/4/19. (2013). Proposal of the United States to enhance energy efficiency in international shipping. Marine Environment Protection Committee, 65th session.

MEPC 65/4/30. (2013). Comments on document MEPC 65/4/19 on enhancing energy efficiency in international shipping, submitted by Belgium, Canada, Denmark, Germany, Japan, Norway and the United Kingdom. Marine Environment Protection Committee, 65th session.

MEPC 66/4/6. (2014). Further technical and operational measures for enhancing energy efficiency of international shipping - Further details of possible metric options to develop further technical and operational measures for enhancing the energy efficiency of international shipping, submitted by Germany and Japan. Marine Environment Protection Committee, 66th session.

Mer et Marine, 24/12/2012, Directive soufre : l'Europe va étudier le réaménagement du calendrier.

Mer et Marine, 26/03/2014, Soutage portuaire au GNL : les armateurs déplorent l'accord européen « a minima ».

Mer et Marine, 17/09/2014, Pegasis : « Ca prendra le temps qu'il faudra » dit Jean-Marc Roué.

Meunier, C., & Zéroual, T. (2006). Transport durable et développement économique. *Développement Durable et Territoires*, Dossier 8.

Mintzberg, H. (1982). *Structure et dynamique des organisations*. Editions d'Organisation.

Miola, A., & Ciuffo, B. (2011). Estimating air emissions from ships: Meta-analysis of modelling approaches and available data sources. *Atmospheric Environment*, *45*(13), 2242–2251.

Muller, P. (2013). *Les politiques publiques*. Que sais-je ? PUF.

Muller, P. (2014). Secteur. In Boussaguet L., Jacquot S., Ravinet P., (sous la dir.), *Dictionnaire des politiques publiques*, 4ème édition, Presses de Science Po, (pp. 591–599).

Murphy, A. J., Landamore, M. J., Pazouki, K., & Gibson, M. (2013). Modelling Ship Emission Factors and Emission Indices. In *Proceedings of the Low Carbon Shipping Conference, September 2013, London*.

Nengye, L., & Maes, F. (2010). The European Union and the International Maritime Organization: EU's external influence on the prevention of vessel-source pollution. *Journal of Maritime Law & Commerce*, *41*(4).

News Shortsea, 23/09/2014, Lines reveal their plans for SECA. http://www.shortsea.info/news.html?a=details&id=1621. Consulté le 3 octobre 2014.

Nielsen, C. K., & Schack, C. (2012). Vessel emission study: comparison of various abatement technologies to meet emission levels for ECA's. In *9th annual Green Ship Technology Conference, Copenhagen*.

Nioche, J.-P., & Tarondeau, J.-C. (1998). Les stratégies d'entreprise face aux réglementations publiques. *Revue Française de Gestion Juin-Juillet*.

Nordhaus, W. D. (1999). Biens publics globaux et changement climatique. *Revue Française d'Economie*, *14*(3), 11–32.

Notteboom, T., & Cariou, P. (2009). Fuel Surcharge Practices of Container Shipping Lines: Is it About Cost Recovery or Revenue Making ? In *Proceedings of the 2009 International Association of Maritime Economists Conference, Copenhagen*.

Notteboom, T., & Cariou, P. (2013). Slow steaming in container liner shipping: is there any impact on fuel surcharge practices? *International Journal of Logistics Management*, *24*(1), 73 – 86.

Notteboom, T. E. (2009). Complementarity and substitutability among adjacent gateway ports. *Environment and Planning A*, *41*(3), 743–762.

Notteboom, T. E. (2010). Concentration and the formation of multi-port gateway regions in the European container port system: an update. *Journal of Transport Geography*, *18*(4), 567–583.

Notteboom, T. E., & Rodrigue, J.-P. (2005). Port Regionalization : Towards a New Phase in Port Development. *Maritime Policy & Management*, *32*(3), 1–22.

Notteboom, T. E., & Vernimmen, B. (2009). The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping. *Journal of Transport Geography*, *17*(5), 325–337.

Oberthür, S. (2003). Institutional interaction to address greenhouse gas emissions from international transport: ICAO, IMO and the Kyoto Protocol. *Climate Policy*, *3*, 191–205.

Odier, F. (1998a). La sécurité maritime : une notion complexe, Le rôle des organisations internationales dans son élaboration. *ADmer Tome III*, 235–243.

Odier, F. (1998b). MARPOL Annexe VI. *ADmer, Tome II*, 193–205.

Okamura, B. (1995). Proposed IMO regulations for the prevention of air pollution from ships. *Journal of Maritime Law and Commerce*, *26*(2), 183–195.

OMC. (2013). Statistiques du commerce international 2013. Disponible sur http://www.wto.org/french/res_f/statis_f/its2013_f/its13_merch_trade_product_f.htm. Consulté le 23 mai 2014

OMI. (2000). *Etude de l'OMI sur les émissions de gaz à effet de serre provenant des navires*. Organisation Maritime Internationale, Londres.

OMI. (2013). *OMI Ce qu'elle est*. http://www.imo.org/About/Documents/2013%20%20What%20it%20is%20EFS%20WEB.pdf. Consulté le 4 mai 2014

Palier, B., & Surel, Y. (2005). Les « trois I » et l'analyse de l'État en action. *Revue Française de Science Politique*, *55*(1), 7-32.

Palier, B., & Surel, Y. (2010). *Quand les politiques changent, Temporalités et niveaux de l'action publique*. Paris, l'Harmattan, Collection Logiques politiques.

Panagakos, G. P., Stamatopoulou, E. V., & Psaraftis, H. N. (2014). The possible designation of the Mediterranean Sea as a SECA: A case study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *28*, 74–90.

Platts. (2014). Broad adoption for methanol as marine fuel a distant possibility. http://www.platts.com/latest-news/petrochemicals/porto/broad-adoption-for-methanol-as-marine-fuel-a-21760350. Consulté le 3 octobre 2014.

Porter, M. E. (1979). How competitive forces shape strategy. *Harvard Business Review*, *57*(2), 137-145.

Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. a. (2010). Balancing the economic and environmental performance of maritime transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *15*(8), 458–462.

Purvin & Gertz. (2009). *Impacts on the EU refining industry & markets of IMO specification changes & other measures to reduce the sulphur content of certain fuels*. Report prepared for European Commission, DG Environment.

Rehmatulla, N., Smith, T., & Wrobel, P. (2013). Implementation Barriers to Low Carbon Shipping. *Proceedings of the Low Carbon Shipping Conference, September 2013, London*.

Ricardo-AEA. (2013). *Support for the impact assessment of a proposal to address maritime transport greenhouse gas emissions.* Report for European Commission - DG Climate Action.

Rigaud, B. (2014). *La gouvernance européenne face aux marées noires : les changements des politiques de sécurité maritime après l'Erika et le Prestige.* Thèse de doctorat en science politique, Université de Laval, Canada.

Ronen, D. (2010). The effect of oil price on containership speed and fleet size. *Journal of the Operational Research Society*, *62*(1), 211–216.

Roqueplo, P. (1988). *Pluies acides : menaces pour l'Europe*. Paris, Economica.

Roqueplo, P. (1993). *Climats sous sourveillance. Limites et conditions de l'expertise scientifique*. Paris, Economica.

Rothlisberger, J. D., Finnoff, D. C., Cooke, R. M., & Lodge, D. M. (2012). Ship-borne Nonindigenous Species Diminish Great Lakes Ecosystem Services. *Ecosystems*, *15*(3), 1–15.

Rousos, E.-P., & Lee, B. S. (2012). Multicriteria analysis in shipping investment evaluation. *Maritime Policy & Management*, *39*(4), 423–442.

Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision* (p. 423). Paris, Économica.

Savy, M. (2007). *Le transport de marchandises*. Eyrolles, éditions d'Organisation.

SBSTA. (1996a). *Detailed information on electricity trade and international bunker fuels*. Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, Fourth session, Geneva, 16-18 December 1996, FCCC/SBSTA/1996/9/Add.2.

SBSTA. (1996b). *Possible revisions to the guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, methodological issues*. Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, Fourth session, Geneva, 16-18 December 1996, FCCC/SBSTA/1996/9/Add.1.

Scharpf, F. (2000). *Gouverner l'Europe*. Presses de Science Po.

Schier, G. (2005). Apports et limites des options réelles à l'évaluation de projets d'investissement. *Vie & Sciences Économiques*, *168 - 169*(3), 95.

Schinas, O., & Stefanakos, C. N. (2012). Cost assessment of environmental regulation and options for marine operators. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *25*, 81–99.

Schinas, O., & Stefanakos, C. N. (2014). Selecting technologies towards compliance with MARPOL Annex VI: The perspective of operators. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *28*, 28–40.

Shipping Tribune / Bloomberg, 06/06/2014, Ship operators propose drones to hunt sulpfur scofflaws.

Skjærseth, J. B. (2006). Protecting the Northeast Atlantic: One problem, three institutions. In Skjærseth J. B., Oberthür S., Gehring T., *Institutional Interaction in Global Environmental Governance: Synergy and Conflict among International and EU Policies*, The MIT Press, (pp. 103-125).

Skjølsvik, K. O., Andersen, A. B., Corbett, J. J., & Skjelvik, J. M. (2000). *Study of greenhouse gas emissions from ships (report to International Maritime Organization on the outcome of the IMO Study on Greenhouse Gas Emissions from Ship.* MEPC 45/8, MARINTEK Sintef Group/Carnegie Mellon University.

Slack, B. (1993). Pawns in the Game: Ports in a Global Transportation System. *Growth and Change*, *24*(4), 579–588.

Slack, B., & Gouvernal, E. (2011). Container freight rates and the role of surcharges. *Journal of Transport Geography*, *19*(6), 1482–1489.

Smith, T. (2012). Technical energy efficiency, its interaction with optimal operating speeds and the implications for the management of shipping's carbon emissions. *Carbon Management*, *3*(6), 589–600.

Smith, T., O'Keeffe, E., Aldous, L., & Agnolucci, P. (2013). *Assessment of Shipping's Efficiency Using Satellite AIS data*. Report prepared for the International Council on Clean Transportation.

Stavins, B. R. N. (2011). The Problem of the Commons : Still Unsettled after 100 Years. *American Economic Review*, *101*(February), 81–108.

Stena. (2013). Methanol a good alternative for ferries and short sea shipping. Presentation at the Interferry Conference, Malta, October 2013.

Stevens, L., Sys, C., Vanelslander, T., & van Hassel, E. (2014). Is new emission legislation stimulating the implementation of sustainable (retrofitting) maritime technologies? In *Proceedings of the International Forum on Shipping, Ports and Airports (IFSPA) 2014*, (pp. 609–618).

Stigler, G. J. (1971). The Theory of Economic Regulation. *Bell Journal of Economic and Management Science*, (2), 3–21.

Stopford, M. (2009). *Maritime Economics*. Third edition, Routledge, London.

Svensson, E. (2011). *The Regulation of Global SOx Emissions from Ships, IMO proceeding 1988-2008*. Thesis for the degree of licentiate of philosophy, Chalmers University of Technology.

Swedish Maritime Administration. (2009). *Consequences of the IMO's new marine fuel sulphur regulations.* Report for the Swedish government.

Tan, A. K.-J. (1997). The regulation of vessel-source marine pollution: reconciling the maritime and coastal state interests. *Singapore Journal of International & Comparative Law*, (1), 355–381.

Tan, A. K.-J. (2006). *Vessel-Source Marine Pollution*. Press, Cambridge University.

Thiétart, R.-A., & Xuereb, J.-M. (2005). *Stratégies. Concepts, méthodes, mise en oeuvre*. 2ème édition, Dunod.

TML. (2010). *COMPASS: The COMPetitiveness of EuropeAn Short-sea freight Shipping compared with road and rail transport*. Report for European Commission, DG Environment.

UNCTAD. (2009). *Review of maritime transport 2009*. United Nations Conference on Trade and Development, Geneva.

UNCTAD. (2013). *Review of maritime transport 2013*. United Nations Conference on Trade and Development, Geneva.

Van Leeuwen, J. (2008). Policy change and spheres of authority in the global environmental governance of shipping in the North Sea. *Paper to be presented at the International Studies Association's Annual Conference 2008: Bridging Multiple Divides*.

Van Leeuwen, J. (2010). *Who greens the waves? Changing authority in the environmental governance of shipping and offshore oil and gas production.* Wageningen Academic Publishers.

Van Leeuwen, J., van Hoof, L., & van Tatenhove, J. (2012). Institutional ambiguity in implementing the European Union Marine Strategy Framework Directive. *Marine Policy*, *36*(3), 636–643.

Vanherle, K., & Delhaye, E. (2010). Road versus short sea shipping; Comparing emissions and external costs. In *Proceedings of the 2010 International Association of Maritime Economists Conference, Lisbon*.

Vedung, E. (1998). Policy Instruments: Typologies and Theories. In Bemelmans-Videc M. L., Rist R. C., Vedung E, *Carrots, Sticks and Sermons: Policy Instruments and Their Evaluation*, New Brunswick, Transaction Publishers, (pp. 21-58).

Wang, D.-H., Chen, C.-C., & Lai, C.-S. (2011). The rationale behind and effects of Bunker Adjustment Factors. *Journal of Transport Geography*, *19*(4), 467–474.

Wang, H., & Minjares, R. (2013). Global Emissions of Marine Black Carbon: Critical Review and Revised Assessment. *Paper presented at the 2013 Transportation Research Board Annual Meeting*.

Wang, S., & Meng, Q. (2012). Sailing speed optimization for container ships in a liner shipping network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *48*(3), 701–714.

Wärtsilä. (2014). *Wärtsilä environmental product guide*. 1/2014 issue.

Winnes, H., & Fridell, E. (2009). Particle Emissions from Ships: Dependence on Fuel Type. *Journal of the Air & Waste Management Association*, *59*(12), 1391–1398.

Wouters, J., Jong, S. de, Marx, A., & De Man, P. (2009). *Study for the Assessment of the EU's Role in International Maritime Organisations*. Leuven Centre for Global Governance Studies, report commissioned by the European Commission.

Wuisan, L., van Leeuwen, J., & van Koppen, C. S. A. (2012). Greening international shipping through private governance: A case study of the Clean Shipping Project. *Marine Policy*, *36*(1), 165–173.

Yang, Z. L., Zhang, D., Caglayan, O., Jenkinson, I. D., Bonsall, S., Wang, J., Huang, M., Yan, X. P. (2012). Selection of techniques for reducing shipping NOx and SOx emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *17*(6), 478–486.

Yao, Z., Ng, S. H., & Lee, L. H. (2012). A study on bunker fuel management for the shipping liner services. *Computers & Operations Research*, *39*(5), 1160–1172.

Annexe 1. Les entretiens réalisés

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie

- Direction des Affaires Maritimes

- Marie-Laure Bailly-Maître, chargée de mission affaires européennes, Mission Flotte de Commerce. Rencontrée en octobre 2013, janvier 2014 et juillet 2014.

- Adam Kapella, adjoint au chef de la Mission Flotte de Commerce. Rencontré en janvier 2014 et juillet 2014.

- Loïc Aballéa, chef de la Mission Flotte de Commerce. Rencontré en janvier 2014.

- Direction des Services de Transport

- Jérôme Meyer, chef du bureau de l'analyse économique des transports fluviaux et maritimes et des ports. Rencontré en janvier 2014.

- Direction des Affaires Européennes et Internationales

- Maud Foucher, chargée de mission transports maritimes et infrastructures, bureau des industries de réseau. Rencontrée en janvier 2014.

- Mission de coordination sur l'emploi du GNL par les navires

- Jean-Bernard Erhardt, administrateur en chef des affaires maritimes. Rencontré en décembre 2013 et mars 2014.

- Direction Générale Energie et Climat

- Lisa Sutto, chargée de mission politique climat/transports, bureau politique climat et atténuation. Rencontrée en décembre 2013.

Commission européenne

- Direction Générale Action pour le climat

- Nicolas Debaisieux, policy officer. Entretien téléphonique en février 2012.

- Heiko Kunst, policy officer. Entretien téléphonique en février 2014.

ONG Transport & Environment

- Antoine Kedzierski, policy officer - shipping and air quality. Entretien téléphonique en novembre 2013.

Association professionnelle

- Armateurs de France

- Patrick Rondeau, expert environnement. Rencontré en juin 2013 et janvier 2014.

Compagnies maritimes

- CMA CGM

- Julien Topenot, responsable sécurité, sûreté, environnement. Rencontré en juillet 2012 et janvier 2014.

- Luc Portier, directeur du développement. Rencontré en janvier 2014.

- Louis Dreyfus Armateur

- Antoine Person, secrétaire général. Rencontré en juin 2013 et février 2014.

- Brittany Ferries

- Christophe Mathieu, adjoint au directeur général. Rencontré en juin 2013.

- MyFerryLink

- Jean-Michel Giguet, directeur général. Rencontré en juin 2013.

- Irish Ferries

- Andrew Sheen, directeur général. Entretien téléphonique en juin 2013.

- P&O Ferries

- John Garner, directeur général. Entretien téléphonique en juin 2013.

Transport ferroviaire

- Eurotunnel

- Jacques Gounon, président directeur général et Vincent Bouthonnier, directeur de la stratégie. Rencontrés en juin 2013.

- Europorte (filiale d'Eurotunnel)

- François Coart, directeur du développement. Rencontré en juin 2013.

Transport routier

- David Sagnard, président directeur général des Transports Carpentier. Entretien téléphonique en juin 2013.

- Philippe Tumoine, président directeur général des Transports Laurent Pellier. Entretien téléphonique en juin 2013.

- Ludovic Calarnou, président directeur général des Transports Mesguen. Entretien téléphonique en juin 2013.

Table des figures

Figure 1 - Répartition modale des importations et exportations en tonnage de l'UE-27 avec le reste du monde en 2011 31
Figure 2 - Evolution des tonnages transportés par voie maritime (en millions de tonnes) et de l'activité maritime mondiale (en milliards de tonnes-milles) entre 1970 et 2013 33
Figure 3 - Evolution comparée des croissances annuelles (en pourcentage) du PIB mondial, des exportations mondiales de marchandises, des échanges maritimes et des échanges maritimes conteneurisés en tonnage entre 1990 et 2012 35
Figure 4 - Evolution comparée de la capacité de la flotte mondiale par type de navire (en millions de tpl) et de l'activité maritime (en milliards de tonnes-milles), 1970-2013 37
Figure 5 - Evolution de la taille moyenne des navires (en millier de tpl), 1980-2006 37
Figure 6 - Evolution de la répartition des navires par type de propulsion dans la flotte mondiale (en pourcentage), 1900-1984 39
Figure 7 - Evolution du prix des carburants marins entre 1965 et 2007 (1965=100) 42
Figure 8 - Evolution comparée de l'activité maritime et de la consommation mondiale de carburant marin d'après les données de l'IEA entre 1971 et 2011, et de Buhaug et al. (2009) entre 1990 et 2007 (1990 = 100) 47
Figure 9 - Bilan du forçage radiatif des différentes émissions du transport maritime en 2005 61
Figure 10 - Calendrier de réduction de la teneur en soufre des carburants marins de l'Annexe VI révisée 105
Figure 11 - Normes sur les émissions de NO_x de l'Annexe VI révisée 106
Figure 12 - Chronogramme simplifié des grandes étapes du processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de SO_x et de NO_x 114
Figure 13 - Chronogramme simplifié des grandes étapes du processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de CO_2 139
Figure 14 - Instruments de réduction des émissions du transport maritime et leur calendrier de mise en œuvre 145
Figure 15 - Carte des zones SECA 147
Figure 16 - Evolution du cours des carburants marins (Rotterdam) (prix constant 2011) 148
Figure 17 - Evolution de la différence de prix entre l'IFO et le MGO en valeur et en pourcentage 148

Figure 18 - Exemple de calcul de la ligne de référence d'EEDI pour une catégorie de navire.....153
Figure 19 - L'approche par phase de l'EEDI 153
Figure 20 - Le cycle de gestion du SEEMP 156
Figure 21 - Processus d'élaboration du choix stratégique.....220
Figure 22 - Principe du modèle de coûts utilisé pour évaluer l'impact des options sur la structure de coûts.....228
Figure 23 - Notre approche méthodologique du choix stratégique 234
Figure 24 - Principaux flux de remorques utilisant des services rouliers en Europe en 2001.....237
Figure 25 - Les services maritimes rouliers entre la France et le Royaume-Uni en 2013.....243
Figure 26 - Analyse concurrentielle du marché de transport de poids lourds entre la France et le Royaume-Uni 247
Figure 27 - Analyse concurrentielle du marché de transport de passagers avec leur véhicule entre la France et le Royaume-Uni.....249
Figure 28 - Part de marché fret et passagers des opérateurs sur le détroit en 2013.....251
Figure 29 - Evolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix du MGO 274
Figure 30 - Evolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix du GNL.....275
Figure 31 - Evolution des surcoûts dans le scénario 2 en fonction du prix des permis d'émission 277
Figure 32 - Evolution des surcoûts dans le scénario 1 en fonction de la durée de vie restante du navire.....280
Figure 33 - Service type Europe du Nord/Asie de l'Est.....304
Figure 34 - Evolution des surcoûts dans le scénario 1 en fonction du prix du MGO (0,1 %).....324
Figure 35 - Evolution des surcoûts dans le scénario 3 en fonction du prix du MDO (0,5 %).....325
Figure 36 - Evolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix du GNL.....326
Figure 37 - Evolution des surcoûts dans le scénario 4 en fonction du prix des permis d'émission 327

Table des tableaux

Tableau 1 - Echanges maritimes mondiaux par type de marchandises en millions de tonnes en 2000 et 2013, et évolution 2000-2013 en pourcentage....34
Tableau 2 - Problème principal-agent selon le contrat d'affrètement....44
Tableau 3 - Efficacité énergétique moyenne (gep/tonne-km) des différentes catégories de navire et des autres modes de transport....49
Tableau 4 - Facteurs d'émission des carburants marins....51
Tableau 5 - Estimations des quantités de polluants atmosphériques émis par le transport maritime en 2007 et contribution aux émissions mondiales....54
Tableau 6 - Consommation d'énergie et émissions des différents modes de transport (fret et passagers) en 2005....55
Tableau 7 - Croissance annuelle moyenne des émissions de CO_2 de différents secteurs et par groupe de pays entre 1990 et 2007....56
Tableau 8 - Croissance annuelle moyenne des émissions de SO_x et de NO_x de différents secteurs et par groupe de pays entre 1990 et 2007....57
Tableau 9 - Effets, durée de vie, et échelle d'impact des émissions atmosphériques primaires et secondaires du transport maritime....63
Tableau 10 - Grandes nations maritimes et principaux pavillons en 2013....65
Tableau 11 - Propositions d'instruments de marché formulées par les Etats et les organisations observatrices de l'OMI lors du CPMM 60 en 2010....130
Tableau 12 - Indicateurs des options envisagées....136
Tableau 13 - Les leviers d'action pour diminuer la valeur d'EEDI d'un navire....155
Tableau 14 - Données à relever par les compagnies dans le cadre de la proposition de la Commission européenne sur l'établissement d'un système de MRV des émissions de CO_2 du transport maritime....158
Tableau 15 - Typologie des formats d'instrument des politiques visant à réduire les externalités du transport maritime....166
Tableau 16 - Classification générique des instruments de réduction des émissions du transport maritime....171

Tableau 17 - Analyse du cycle de vie de l'IFO (scénario de référence), 1) de l'IFO combiné à un scrubber et une réduction catalytique sélective, 2) du MGO combiné à une réduction catalytique sélective, 3) du GNL 178
Tableau 18 - Tableau synoptique des options techniques en fonction des instruments de réduction 213
Tableau 19 - Tableau synoptique des choix stratégiques et de leurs options associées 217
Tableau 20 - Principales barrières identifiées dans la littérature pour expliquer l'existence d'un « energy efficiency gap » dans le transport maritime 224
Tableau 21 - Les scénarios considérés et leurs hypothèses 230
Tableau 22 - Projection des prix du pétrole, du gaz naturel et du carbone pour l'année 2020 231
Tableau 23 - Coefficients utilisés pour obtenir les prix des carburants marins (en $\$_{2008}$/tonne) à partir du prix du pétrole brut (en $\$_{2008}$/baril) 232
Tableau 24 - Projection des prix des différents carburants marins pour l'année 2020 232
Tableau 25 - Vitesse moyenne et efficacité énergétique moyenne (gep/tonne-km) des différentes catégories de navire 235
Tableau 26 - Echanges maritimes conteneurisés en 2012 pour les trois grands flux Est-Ouest, quelques grands flux Nord-Sud, Sud-Sud et intra-Asie en millions d'EVP, et évolution 2011-2012 en pourcentage 238
Tableau 27 - L'offre sur le détroit en 2013 250
Tableau 28 - L'offre sur la Manche Ouest en 2013 254
Tableau 29 - Les trafics des services de la Manche Ouest en 2013 254
Tableau 30 - Hypothèses sur les caractéristiques des navires et des services 258
Tableau 31 - Hypothèses sur les coûts journaliers des services par navire 259
Tableau 32 - Temps passé en mer et au port, et consommation de carburant par rotation 260
Tableau 33 - Structure de coûts par rotation des services du détroit et de la Manche Ouest dans le scénario de référence 261
Tableau 34 - Options stratégiques envisageables par les opérateurs transmanche dans les différents scénarios réglementaires 264
Tableau 35 - Facteurs d'émission des carburants marins 267
Tableau 36 - Effets du scénario 1 sur les services transmanche en fonction des options stratégiques 270
Tableau 37 - Effets du scénario 2 sur les services transmanche en fonction des options stratégiques 271
Tableau 38 - Effets du scénario 4 sur les services transmanche en fonction des options stratégiques 272

Tableau 39 - Evolution du prix de la traversée maritime (en €) en fonction du scénario réglementaire et des options stratégiques retenues..... 281
Tableau 40 - Coûts du transport de fret pour des itinéraires route-mer-route empruntant la Manche Ouest ou le détroit (ferry) dans le scénario de référence et dans les scénarios 1 et 4..... 284
Tableau 41 - Illustration des économies d'échelles sur les coûts de capital, les coûts opérationnels, et la consommation de carburant par navire et par cellule pour différentes tailles de porte-conteneurs..... 297
Tableau 42 - Moyenne et écart-type des temps de transit des services entre l'Europe du Nord et l'Asie 299
Tableau 43 - Trafics Europe/Asie de l'Est en 2012 300
Tableau 44 - Evolution des caractéristiques moyennes des services entre février 2005 et avril 2012..... 302
Tableau 45 - Hypothèses sur les caractéristiques du navire et de la rotation 305
Tableau 46 - Les coûts journaliers du service 306
Tableau 47 - Structure de coûts par rotation du service Europe du Nord/Asie de l'Est dans le scénario de référence..... 309
Tableau 48 - Options stratégiques envisageables dans les différents scénarios réglementaires .. 312
Tableau 49 - Effets du scénario 1 sur le service type Europe/Asie en fonction des options stratégiques..... 317
Tableau 50 - Effets du scénario 2 sur le service type Europe/Asie en fonction des options stratégiques..... 318
Tableau 51 - Effets du scénario 3 sur le service type Europe/Asie en fonction des options stratégiques..... 320
Tableau 52 - Effets du scénario 4 sur le service type Europe/Asie en fonction des options stratégiques..... 321
Tableau 53 - Classement des options en fonction de leurs coûts dans les différents scénarios réglementaires 323
Tableau 54 - Caractéristiques et données de coûts du service feeder retenu..... 331
Tableau 55 - Structure de coûts dans le scénario de référence..... 332
Tableau 56 - Surcoûts du service feeder dans le scénario 1 332

Table des encadrés

Encadré 1 - Les sources de données pour la modélisation de l'activité maritime.....53
Encadré 2 - Le forçage radiatif.....59
Encadré 3 - Le fonctionnement de l'OMI 82
Encadré 4 - Les différentes fonctions maritimes des Etats : la dichotomie Etat du pavillon, Etat du port/Etat côtier 83
Encadré 5 - Le recours à l'unilatéralisme en 2003 par l'Union européenne sur des questions de sécurité maritime à la suite des naufrages de l'Erika et du Prestige.....86
Encadré 6 - La qualité de l'air : un enjeu européen.....101
Encadré 7 - Le marché européen du carbone 126
Encadré 8 - Instruments réglementaires et instruments de marché : les deux grandes approches des politiques environnementales.....128
Encadré 9 - Les biocarburants 151
Encadré 10 - RTE-T, Marco Polo, les aides d'Etat, le programme horizon 2020, FEDER, Life+ 188
Encadré 11 - Remarques sur la constitution d'avantages concurrentiels 206
Encadré 12 - Quelques exemples de choix techniques déjà réalisés par les compagnies maritimes.....214
Encadré 13 - L'injonction de l'autorité britannique de la concurrence envers MyFerryLink.....288

Table des matières

Remerciements 1
Résumé 2
Abstract 3
Sommaire 5
Table des sigles, acronymes et abréviations 9
Introduction générale 13

Partie 1. Les politiques de réduction des émissions du transport maritime : de leur élaboration par les autorités publiques à leur appropriation par les armateurs 27

Chapitre 1. Le transport maritime : une source internationale de pollutions atmosphériques régionale et globale 29
1. Derrière les émissions des navires, la demande et l'offre de transport maritime 29
1.1 Le rôle prééminent du transport maritime dans l'économie mondialisée 30
1.1.1 Un mode prépondérant dans les échanges internationaux car adapté au modèle économique de la mondialisation 30
1.1.2 Des organisations diverses qui s'adaptent aux marchandises et aux volumes 32
1.2 La forte croissance des échanges maritimes et de la flotte de commerce 32
1.2.1 L'évolution des échanges maritimes depuis 1970 32
1.2.2 L'effet multiplicateur de la croissance économique sur les échanges maritimes 34
1.2.3 La forte croissance de la flotte de commerce 36
2. Les émissions du transport maritime, entre efficacité énergétique et forte croissance des émissions de polluants de l'air et de gaz à effet de serre 38
2.1 Le rapport du transport maritime à l'énergie 38
2.1.1 Perspective historique 38
2.1.2 Particularités des carburants utilisés par les navires 40
2.1.3 La gestion de l'énergie dans le transport maritime 41

2.1.4 Transport maritime et consommation d'énergie : une forte croissance malgré une amélioration de l'efficacité énergétique....46
2.1.5 Efficacité énergétique des transports maritimes par rapport aux autres modes....48
2.2 Les émissions atmosphériques générées par le transport maritime....50
2.2.1 Estimation de la quantité de polluants atmosphériques émis par le transport maritime....51
2.2.2 Comparaison avec les autres modes de transport....55
2.2.3 Les dynamiques de croissance des émissions du transport maritime....56
2.2.4 Effets des émissions du transport maritime sur le climat, la santé, et l'environnement : des dynamiques spatio-temporelles différentes....57
3. Les émissions du transport maritime : la combinaison particulière d'une source et d'une externalité négative....64
3.1 Le transport maritime : un secteur international qui nécessite un traitement sectoriel de ses émissions....64
3.1.1 Une internationalité aux multiples formes....64
3.1.2 L'exclusion des émissions du transport maritime des conventions internationales dédiées aux émissions atmosphériques....66
3.1.3 Une exclusion qui implique un traitement sectoriel des émissions du transport maritime....69
3.2 La pollution atmosphérique du transport maritime : une externalité négative qui sort des cadres usuels....70
3.2.1 L'environnement : une thématique qui requiert une approche réglementaire différente de celle de la sécurité....71
3.2.2 Les émissions des navires : une externalité peu visible et difficile à appréhender....73
3.2.3 La pollution atmosphérique du transport maritime : une configuration proche de l'« univers controversé »....75
Conclusion....77

Chapitre 2. L'élaboration des politiques de réduction des émissions du transport maritime....79
1. Avant-propos....80
1.1 Les politiques comme processus....80
1.2 Le rôle de l'Union européenne dans la gouvernance des transports maritimes....85
1.2.1 L'affirmation de l'UE comme une échelle d'action intermédiaire entre l'OMI et les Etats membres....85
1.2.2 La coordination des Etats membres à l'OMI....87

1.3 L'émergence de l'environnement dans les politiques maritimes internationales : la Convention MARPOL 89

2. Le processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de polluants de l'air 92

2.1 L'adoption de l'Annexe VI de MARPOL 92

2.1.1 La mise à l'agenda international d'un problème de pollution régionale 92

2.1.2 Vers une sixième annexe à la Convention MARPOL 94

2.1.3 Les réactions et les prises de position au travers de coalitions Etats / industries 95

2.1.4 L'approche régionale comme outil de consensus 96

2.1.5 L'adoption de MARPOL VI 97

2.1.6 Les enseignements de dix ans de négociations (1987-1997) 99

2.2 La révision de l'Annexe VI de MARPOL 99

2.2.1 La constitution de la pollution de l'air du transport maritime comme domaine d'action de l'UE 100

2.2.2 L'intégration des limites sur la teneur en soufre des carburants marins dans le droit communautaire 101

2.2.3 La révision de l'Annexe VI de MARPOL : l'adoption de normes plus strictes sous l'influence de l'UE et d'une redéfinition du problème 102

2.3 Un processus inachevé 108

2.3.1 La négociation de la directive 2012/33/UE 108

2.3.2 La généralisation du seuil de 0,5 % : incertitude sur la cohérence des calendriers OMI et UE 110

2.3.3 La confusion sur les NECA 111

2.3.4 Conclusion : un jeu de la suspension 112

2.4 Synthèse 113

3. Le processus d'élaboration des politiques de réduction des émissions de CO_2 115

3.1 D'une question méthodologique de la CCNUCC à l'ambiguïté institutionnelle pour l'OMI 115

3.1.1 Les émissions de CO_2 du transport maritime international : un problème méthodologique pour la CCNUCC 115

3.1.2 La mise à l'agenda de l'OMI des émissions de CO_2 du transport maritime international : naissance d'une ambiguïté institutionnelle 118

3.2 Un blocage des négociations à l'OMI qui favorise l'affirmation de l'UE dans la régulation des émissions de CO_2 du transport maritime 119

3.2.1 Un premier recours à l'expertise par l'OMI qui tend à minimiser le problème 119

3.2.2 La lenteur des négociations à l'OMI : des enjeux politiques qui ralentissent le processus décisionnel.....121

3.2.3 La constitution des émissions de CO_2 du transport maritime comme domaine d'action de l'UE.....124

3.3 L'évolution du discours expertal à l'OMI et des solutions préconisées 126

3.3.1 Un deuxième recours à l'expertise qui contribue à recentrer la formulation des solutions vers la recherche de l'efficacité économique 126

3.3.2 Le débat avorté sur les instruments de marché.....128

3.3.3 Retour aux instruments réglementaires : l'adoption d'un amendement à l'Annexe VI de MARPOL incluant l'EEDI et le SEEMP.....132

3.4 Un processus inachevé 133

3.4.1 La résolution sur la coopération technique et le transfert de technologies.....133

3.4.2 La nouvelle stratégie de la Commission européenne : vers un instrument européen de mesure et de rapportage des émissions de CO_2.....133

3.4.3 Le recentrage des débats à l'OMI sur l'efficacité énergétique.....135

3.5 Synthèse 137

Conclusion.....140

Chapitre 3. Une prise en compte des politiques qui revêt une dimension stratégique pour les armateurs 143

1. Les logiques instrumentales des politiques et leurs implications pour les armateurs.....144

1.1 Descriptif des instruments adoptés et ceux envisagés pour la réduction des émissions du transport maritime.....144

1.1.1 Les changements de type de carburant et les dispositifs de réduction équivalents 146

1.1.2 Les normes Tier I, II, et III sur les NO_x.....151

1.1.3 L'EEDI et le SEEMP.....152

1.1.4 L'établissement d'un système européen de surveillance, déclaration et vérification des émissions de CO_2 et la collecte de données envisagée à l'OMI.....157

1.1.5 Vers un instrument de marché du carbone européen ou mondial ?.....159

1.2 Typologie des instruments 161

1.2.1 Elaboration d'une typologie 162

1.2.2 Classification des instruments de réduction des émissions du transport maritime 166
1.3 Implications des formats instrumentaux pour les armateurs 172
1.3.1 Formats « goal-based » et signal-prix : des instruments qui ouvrent les choix 172
1.3.2 Rétroactivité des instruments : une large portée des politiques 172
1.3.3 Différenciation géographique des réglementations : une plus grande complexité et de possibles distorsions 173
1.3.4 Information et technologies : un nouveau rapport vis-à-vis des équipementiers et du régulateur 174
2. Les articulations des politiques 174
2.1 L'articulation entre les politiques de réduction des émissions du transport maritime 175
2.1.1 De l'approche réductionniste dans le traitement des externalités 175
2.1.2 Prendre en compte les émissions du cycle de vie 176
2.1.3 Un risque de *lock-in* technologique 180
2.1.4 Interactions entre politiques de réduction du SO_x et émissions de PM 181
2.1.5 Des synergies non exploitées 182
2.2 Les articulations entre niveaux institutionnels 183
2.2.1 Le cas des scrubbers 183
2.2.2 Le cas du GNL 184
2.3 L'articulation des politiques sectorielles européennes 185
2.3.1 Le forum européen du transport maritime durable : la constitution d'un espace d'échanges intersectoriel 186
2.3.2 L'adaptation des outils existants 187
2.3.3 La directive carburants de substitution 189
2.4 Conclusion 190
3. Une analyse des anticipations 190
3.1 Une absence de clôture définitive des processus politiques 191
3.1.1 L'incertitude sur les calendriers de mise en œuvre et les contours de certaines mesures 191
3.1.2 De nouvelles problématisations amenant de nouvelles exigences réglementaires ? 192
3.2 Les implications pour les armateurs : anticiper les anticipations des autres 194

3.2.1 Anticiper l'évolution des politiques : intégrer de la flexibilité dans les décisions .194

3.2.2 Anticiper l'évolution des préférences des chargeurs 195

Conclusion : une appréhension des politiques qui revêt une dimension stratégique pour les armateurs 197

Conclusion de la partie 1 199

Partie 2. Les choix stratégiques des armateurs de lignes régulières face aux politiques de réduction des émissions du transport maritime : vers une modification de l'offre ? 201

Chapitre 4. Développement d'une approche méthodologique d'analyse du choix stratégique.....203

1. Le choix stratégique des armateurs.....203

1.1 Une approche de la stratégie sous l'angle de la décision 203

1.2 Définition des types de choix stratégiques et de leurs options.....206

1.2.1 Le choix de la non-conformité 207

1.2.2 Le choix d'une stratégie politique 209

1.2.3 Le choix de mesures techniques sur le navire 211

1.2.4 Le choix de mesures organisationnelles sur les services maritimes.....215

1.2.5 Synthèse.....216

2. Une méthodologie d'analyse du choix stratégique 217

2.1 La réalisation du choix stratégique : les critères de sélection des options 218

2.2 La prise en compte du choix stratégique dans la littérature 220

2.2.1 Choix stratégique vis-à-vis de la réduction des émissions de SO_x et de NO_x 221

2.2.2 Choix stratégique vis-à-vis de la réduction des émissions de CO_2.....223

2.3 Méthodologie d'analyse du choix stratégique.....225

2.3.1 Les options examinées.....225

2.3.2 Une analyse de l'impact des options stratégiques sur la structure des coûts.....226

2.3.3 La prise en compte de l'incertitude : scénarios réglementaires, projection des prix des carburants et test de sensibilité.....228

2.3.4 Une sélection des options fondée sur la minimisation des coûts.....233

2.3.5 Synthèse 233

3. Une application à deux marchés du transport maritime 234

3.1 La nécessité d'une approche par marché maritime 234

3.2 L'étude d'un marché du transport maritime de courte distance : le marché roulier transmanche 236

3.3 L'étude d'un marché du transport maritime au long cours : le transport conteneurisé entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est 237

Conclusion 239

Chapitre 5. Une étude de cas des choix stratégiques des armateurs du transport roulier transmanche. 241

1. Le marché transmanche, espace de concurrences interrégionale et intermodale 241

1.1 Le transport de fret et de passagers entre le Royaume-Uni et le continent 242

1.2 Analyse concurrentielle 244

1.2.1 Le marché du fret 244

1.2.2 Le marché des passagers 247

1.3 L'offre de transport du marché transmanche 249

1.3.1 Le détroit : un marché très concurrentiel et en surcapacité 249

1.3.2 La Manche Ouest : un marché anémié et concurrencé par le détroit 253

1.4 Conclusion 256

2. Le marché transmanche confronté aux politiques environnementales : analyse des choix stratégiques des opérateurs 256

2.1 La structure de coûts des services transmanche 257

2.1.1 Sélection de services illustratifs de la Manche Ouest et du détroit 257

2.1.2 Calcul des coûts de capital et d'exploitation 258

2.1.3 Calcul des coûts de voyage 259

2.1.4 La structure de coûts des services transmanche dans le scénario de référence 261

2.2 L'impact des politiques environnementales sur les coûts du transport maritime 262

2.2.1 Des options stratégiques principalement techniques 262

2.2.2 Eléments méthodologiques pour le calcul des coûts des options stratégiques 264

2.2.3 Les impacts sur la structure des coûts des options stratégiques dans les différents scénarios réglementaires 268

2.2.4 Prise en compte de l'incertitude relative aux prix des carburants et des permis 273

3. Les conséquences sur l'offre de transport maritime transmanche 278

3.1 Un recours pertinent mais délicat aux options technologiques 278

3.1.1 La pertinence des options technologiques… 278

3.1.2 …Mais une mutation difficile de la flotte 279

3.2 Des effets différenciés entre la Manche Ouest et le détroit.....281

3.3 Vers un renforcement de la concentration des flux sur la route courte ? 285

3.3.1 De possibles fermetures de services en Manche Ouest 285

3.3.2 Une compétitivité accrue des navettes ferroviaires 286

Conclusion.....289

Chapitre 6. Une étude de cas des choix stratégiques des armateurs du transport conteneurisé international.....291

1. L'organisation du transport maritime conteneurisé international 292

1.1 Le conteneur : une boîte qui implique une organisation spécifique du transport 292

1.1.1 Les conséquences techniques et organisationnelles du conteneur.....292

1.1.2 Une organisation qui met les ports au service des réseaux.....293

1.2 La construction des services conteneurisés : paramètres décisionnels 294

1.2.1 Le choix de l'itinéraire 294

1.2.2 La taille des navires 295

1.2.3 La vitesse des navires 298

1.2.4 Conclusion.....300

2. Focus sur la route entre l'Europe du Nord et l'Asie de l'Est.....300

2.1 L'offre sur la route Europe du Nord/Asie de l'Est en 2012 301

2.2 La structure de coûts des services Europe du Nord/Asie de l'Est.....303

2.2.1 Sélection d'un service illustratif.....303

2.2.2 Calcul des postes de coûts de la rotation 305

2.2.3 La structure de coûts du service dans le scénario de référence 308

3. Les lignes conteneurisées Europe du Nord/Asie de l'Est confrontées aux politiques environnementales : analyse des choix stratégiques des opérateurs 309

3.1 Les options stratégiques pour les lignes conteneurisées Europe du Nord /Asie de l'Est309

3.1.1 Les options stratégiques étudiées 309

3.1.2 Eléments méthodologiques pour le calcul des coûts des options stratégiques 312

3.2 L'impact des politiques environnementales sur les coûts du transport maritime 316

3.2.1 Impacts des options sur la structure de coûts dans les différents scénarios réglementaires 316

3.2.2 Prise en compte de l'incertitude relative aux prix des carburants et des permis 323

4. Les conséquences sur l'offre de transport conteneurisé entre l'Europe et l'Asie 328

4.1 Options techniques vs options organisationnelles.....328

4.2 Une mutation de la flotte qu'en cas de passage à 0,5 % de la teneur en soufre 329

4.3 Vers une réorganisation des réseaux maritimes conteneurisés ?.....330

4.3.1 Limiter la distance de la rotation en SECA ? 330

4.3.2 Limiter le périmètre européen du carbone en ajoutant des escales intermédiaires dans des ports hors UE ? 332

4.3.3 Développer les liaisons directes Europe du Sud/Asie de l'Est ? 333

4.3.4 Conclusion : pas de changements majeurs dans la configuration des services principaux 334

Conclusion.....335

Conclusion de la partie 2 337

Conclusion générale 341

Bibliographie 347

Annexe 1. Les entretiens réalisés 365

Table des figures 367

Table des tableaux 369

Table des encadrés.....373

Table des matières 375