

Le fret mondial et le changement climatique



Développement durable

Rapport de la mission présidée par
Michel Savy



Le fret mondial et le changement climatique

PERSPECTIVES ET MARGES DE PROGRÈS

2010

Michel Savy
président

Johanne Buba, Caroline Daude
rapporteurs

Dominique Auverlot
coordinateur

Avant-propos



Vincent Chriqui,
directeur général
du Centre d'analyse
stratégique

Le transport de marchandises produit aujourd'hui près de 10 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone. Pourtant, ce thème est quasiment absent du débat public. À peine l'a-t-on effleuré lors du Sommet de Copenhague fin 2009.

Les comptabilités nationales n'incluent qu'une partie des émissions imputables au fret – celles liées au transport sur le territoire domestique. Et les engagements contraignants manquent pour encourager ce secteur à diminuer son empreinte carbone. Même l'Union européenne, avec tout son volontarisme écologique, n'est pas parvenue à réduire les émissions du transport en général, alors qu'elle obtenait des résultats significatifs en la matière dans d'autres secteurs.

Quant aux émissions liées aux échanges internationaux, elles échappent aux objectifs que se sont assignés les États et ne sont soumises actuellement à aucune contrainte particulière. Leur régulation a longtemps été occultée, négligée ou reportée. Au fil des conférences sur le climat, deux agences, l'Organisation maritime internationale et l'Organisation de l'aviation civile internationale, se sont vu attribuer la tâche de contrôler et de limiter, autant que possible, les émissions des secteurs maritime et aérien. Cela n'a pas rendu plus évidente la fixation d'objectifs précis et partagés. On sait combien il est difficile à des pays si divers par leur richesse et leur histoire de trouver une position commune devant un défi aussi global que le réchauffement climatique.

Le poids du transport de marchandises dans les émissions mondiales de CO₂ – 10 % donc – peut paraître modeste si on le compare à celui de l'industrie et de l'énergie mais il est en constante augmentation, à l'inverse de ce que l'on constate pour les deux autres secteurs. Si les tendances actuelles se poursuivent, les émissions du transport de fret (domestique et international) pourraient bien tripler à l'horizon 2050. Un effort aussi vigoureux qu'immédiat devient impératif.

La suppression des barrières commerciales et l'ouverture progressive de certains pays – en un mot la mondialisation – se traduisent par des échanges multipliés, les produits parcourant des distances toujours plus grandes pour arriver jusque dans nos magasins. On conçoit l'importance de l'enjeu : comment réguler les émissions nationales et internationales du transport de marchandises sans freiner la croissance économique, sans nuire à la compétitivité de nos entreprises et sans faire porter un trop grand effort sur les consommateurs finaux ? Ce rapport tente d'ouvrir des pistes, en identifiant des améliorations technologiques et en proposant des outils économiques susceptibles de découpler la croissance économique et les émissions liées au transport de marchandises.

On trouvera réunies ici une trentaine de propositions. Dans les secteurs maritime et aérien, il est important d'engager dès à présent des actions concrètes en vue de limiter les émissions, par exemple en imposant des normes plus strictes sur la construction des nouveaux équipements ou en fixant des objectifs de réduction. Sans doute faudra-t-il en passer par une réglementation, comme la limitation de la vitesse des navires, qui permettrait des gains d'énergie considérables. Compte tenu des contraintes qui pèsent sur l'offre et la demande de pétrole et des considérations écologiques, la recherche de substituts « verts » au pétrole, notamment au kérosène, devra être intensifiée.

À l'échelle européenne, les véhicules utilitaires légers ou les poids lourds, contrairement aux véhicules légers, ne sont pas soumis à des normes de consommations unitaires : là aussi, il faudra modifier la réglementation. Internaliser un prix du carbone dans le prix des carburants pourrait être un bon moyen d'accélérer l'évolution vers des véhicules plus propres mais aussi une logistique plus performante.

La solution d'un transfert modal vers des modes moins consommateurs a fait couler beaucoup d'encre. Souvent recommandé par les associations écologistes comme par les pouvoirs publics, le transfert du routier vers le ferroviaire, s'il apparaît nécessaire, se heurte cependant à de nombreuses difficultés. Comment en effet reporter plus de 15 % du trafic routier vers les trains, sachant les

rigidités des lignes ferroviaires, de la desserte et des infrastructures existantes ? Si l'on veut approcher un tel objectif, il faut que le secteur ferroviaire gagne en compétitivité et en fiabilité, et bénéficie d'un modèle industriel repensé dans un cadre européen. On pourrait imaginer par exemple que davantage de trains longs et lourds soient mis en circulation, sur des axes dédiés si possible, et sur des trajets internationaux. Par ailleurs, le fret ferroviaire à l'échelle européenne se développera d'autant plus facilement qu'il pourra s'appuyer sur des partenariats entre les opérateurs ferroviaires, dans le respect des règles de la concurrence et anti-trust, ce qui nécessite d'engager un dialogue avec la Commission européenne et les autres États membres.

Un dernier point, en forme d'avertissement, me semble devoir être souligné. Si toutes les recommandations de ce rapport étaient adoptées, on ne parviendrait au mieux qu'à stabiliser les émissions du transport de marchandises d'ici à 2050. Peut-on faire davantage, quand le GIEC recommande de diviser par deux les émissions mondiales à l'horizon 2050 ? Oui, peut-être, dans la mesure où nos projections des émissions du transport de fret s'appuient sur les hypothèses suivantes : le processus de mondialisation se poursuivra et les habitudes de consommation de demain seront les mêmes qu'aujourd'hui. Or la lutte contre le changement climatique est avant tout une problématique globale, qui va bien au-delà des seuls grands opérateurs de transports et industriels. De plus en plus, le consommateur sera en première ligne, et l'on perçoit déjà les signes d'une prise de conscience générale des enjeux. Les pouvoirs publics auront de ce point de vue un rôle de premier plan, notamment pour inciter les citoyens à développer des habitudes de consommation plus respectueuses de l'environnement. Ce sera d'ailleurs le sujet d'une prochaine publication du Centre d'analyse stratégique.

Le présent rapport est le fruit des travaux d'un groupe coordonné par le département Développement durable du Centre d'analyse stratégique et composé d'experts d'horizons variés, la logistique, l'économie, l'ingénierie, etc. Je tiens à les remercier, de même que les personnes auditionnées, les animateurs, et tout particulièrement le président de la mission, Michel Savy.

Sommaire

Introduction	11
---------------------------	-----------

Le réchauffement climatique : des gaz à effet de serre au forçage radiatif	15
---	-----------

1 ■ L'effet de serre et la capacité d'absorption de la terre	15
--	----

2 ■ Les différents types de gaz à effet de serre	17
--	----

3 ■ Le forçage radiatif	18
-------------------------------	----

Le transport de marchandises en Europe et dans le monde : évolution, état des lieux, tendances	23
---	-----------

1 ■ Émissions et fret	23
-----------------------------	----

1.1. Un panorama mondial	23
--------------------------------	----

1.2. Un zoom sur l'Europe	31
---------------------------------	----

2 ■ Tendances et évolutions du fret	34
---	----

2.1. Le transport intérieur de marchandises : à chaque région du monde ses modes privilégiés	34
--	----

2.2. Les échanges internationaux ne cessent de croître	36
--	----

2.3. Prédominance du mode routier en Europe	44
---	----

3 ■ Nouveaux enjeux	47
---------------------------	----

3.1. Une disponibilité en carburant incertaine	47
--	----

3.2. Une prise de conscience environnementale	56
---	----

3.3. Les économies émergentes transforment le commerce international	57
--	----

4 ■ Les effets de la crise	58
4.1. Scénarios d'impact de la crise financière sur la croissance économique	58
4.2. Impact sur le fret aérien	60
4.3. Impact sur le transport maritime	60
4.4. Impact sur le fret ferroviaire	61
Prévisions et projections aux horizons 2030 et 2050	63
1 ■ Projections mondiales d'évolution de la demande de transport	65
1.1. Les scénarios mondiaux d'émissions du GIEC	65
1.2. Le secteur maritime	66
1.3. Le secteur aérien	69
1.4. Les transports terrestres	71
1.5. Agrégation de l'ensemble des secteurs	71
2 ■ Projections européennes d'évolution de la demande de transport	73
2.1. Le routier reste le mode dominant	75
2.2. L'Europe reste une plaque tournante : les échanges extra-européens et à longue distance intra-européens gagnent en importance	75
2.3. Des améliorations technologiques non négligeables	76
Sur quels modes et par quels moyens agir pour réduire efficacement les émissions de GES ?	79
1 ■ Marges de réduction des émissions de GES	79
1.1. Le secteur routier	79
1.2. Le secteur maritime	83
1.3. Le secteur aérien	85
1.4. Le report modal	87
1.5. Un découplage indispensable	88

2 ■ Les actions à mettre en œuvre	90
2.1. La nécessité de recourir à des outils économiques : le triptyque taxe, marché de permis, normes	90
2.2. Le secteur routier	94
2.3. Le secteur maritime	95
2.4. Le secteur aérien	102
2.5. Le secteur ferroviaire	105
3 ■ Synthèse	105
Trente propositions pour un commerce international plus durable	111
1 ■ Mieux comprendre l'impact des émissions des transports sur le forçage radiatif et préparer les technologies de demain	111
2 ■ Réduire l'empreinte environnementale de chaque tonne transportée	113
2.1. Le secteur maritime	113
2.2. Le secteur aérien	115
2.3. Le secteur routier	117
2.4. Le secteur ferroviaire	119
2.5. Le secteur fluvial	120
3 ■ Réduire les tonnes-kilomètres : la logistique	120
Conclusion	123
Annexes	125
Annexe 1 : Lettre de mission	127
Annexe 2 : Composition du groupe de travail	129
Annexe 3 : Personnes auditionnées	131
Bibliographie	133

Introduction

La secrétaire d'État chargée de la Prospective et du Développement de l'Économie numérique a été saisie, par lettre du 5 juin 2009, par les secrétaires d'État en charge de l'Écologie et des Transports, d'une mission de réflexion sur la compatibilité de l'évolution à venir du transport de marchandises international (et européen) avec la nécessaire réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Dans cette perspective, le Centre d'analyse stratégique a mis en place un groupe de travail, présidé par Michel Savy, professeur à l'université de Paris-Val-de-Marne et à l'École nationale des Ponts et Chaussées. Ce groupe avait pour but de formuler des recommandations de politiques publiques destinées à résoudre l'équation suivante : comment faire face à l'augmentation de la demande de transport de marchandises tout en respectant les objectifs de réduction des émissions de GES, au niveau national comme aux niveaux européen et mondial ?

La problématique

La réflexion se donne pour point de départ les perspectives d'évolution du transport de marchandises. Tous les scénarios tendanciels envisagés par la littérature internationale promettent à ce secteur un développement considérable d'ici à 2050. Ce mouvement s'explique par la hausse du PIB de chaque pays mais également par la mondialisation qui se traduit, depuis la Seconde Guerre mondiale, par une croissance des échanges plus rapide que celle de la production. Sept milliards de tonnes de marchandises sont aujourd'hui échangées entre l'Europe, l'Amérique et l'Asie, contre à peine 550 millions en 1950.

Les projections de croissance brossent le tableau suivant : le transport mondial de marchandises devrait tendanciellement être multiplié par trois entre 2000 et 2050 ; simultanément, il nous faut diviser par deux les émissions mondiales de GES (auxquelles le transport contribue pour environ un quart) si l'on veut suivre les recommandations de la grande majorité des climatologues pour limiter l'élévation de la température moyenne mondiale à 2 °C d'ici à la fin du siècle.

Il conviendrait pour cela : de diviser le taux d'émissions de GES par unité de transport produite par un facteur pouvant aller jusqu'à 6 dans les quarante ans à venir ; ou de découpler très fortement la croissance du trafic de la croissance économique ; ou de réduire fortement le taux de croissance de l'économie ; ou encore de combiner ces trois facteurs !

Pistes de travail

La réflexion a croisé une approche classique divisant le fret selon les modes (les techniques) de transport utilisés et une approche géographique, distinguant autant que possible les transports internationaux et nationaux, ou continentaux et intercontinentaux. Des réunions de travail auxquelles ont contribué des experts du monde de l'entreprise, de l'administration et de la recherche ont exploré les thèmes suivants :

- la disponibilité des ressources pétrolières ;
- l'avenir possible du transport maritime ;
- les réactions face à la crise et les perspectives à long terme du transport aérien ;
- la prospective du transport terrestre en France à l'horizon 2050 ;
- l'impact des choix logistiques sur les émissions de CO₂ ;
- la logistique urbaine et les nouveaux comportements d'achat ;
- la position de la Commission européenne sur la lutte contre le changement climatique dans le domaine du transport.

Démarche

La réflexion du groupe et le rapport qui en est issu s'organisent dès lors en plusieurs étapes.

Dans un premier temps, on rappelle les principales données relatives aux liens entre émissions de gaz à effet de serre et changement climatique, en distinguant la part prise par les activités de transport. La diminution de cette contribution est la question de fond qui a motivé la mission.

On rassemble les informations à l'échelle mondiale en essayant de séparer les transports de personnes et de marchandises. Repérer les grandes masses, à l'échelle globale et en Europe, c'est déjà identifier les domaines sur lesquels concentrer les analyses puis les propositions.

Sur cette base, une démarche plus analytique est mise en œuvre. La question posée étant de caractère prospectif, on s'efforce de désigner les principales tendances d'évolution du fret à long terme, qu'elles tiennent à la demande de transport (l'activité économique et le commerce mondiaux) ou à l'offre (la répartition du fret entre les modes de transport et l'évolution de chacun d'entre eux). La prise en compte déjà amorcée du changement climatique est examinée secteur par secteur, tandis que la crise économique actuelle est appréhendée à la fois comme un révélateur des dynamiques et leviers d'action en place et comme un anticipateur de changements à plus long terme.

Ces éléments sont assemblés dans une projection de long terme, cadre indispensable pour mesurer à la fois l'ampleur des problèmes à affronter et l'impact attendu des mesures à préconiser, qui constituent la dernière étape du raisonnement.

D'ores et déjà, il est clair qu'il n'y aura pas de remède miracle. Il faudra mettre en œuvre une somme de solutions partielles mais touchant toutes les composantes du système mondial de transport de marchandises. Systématiquement combinées et additionnées, ces solutions pourront favoriser la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le fret et contribuer ainsi à leur diminution globale à l'horizon 2050 : des gisements de réduction devront être identifiés dans tous les modes de transport et à toutes les échelles.



Le réchauffement climatique : ☺ des gaz à effet de serre au forçage radiatif

Le changement climatique est un phénomène complexe, résultant de l'interaction de différents types de gaz, auxquels est associé un « forçage radiatif » variable (notion qui sera définie dans ce chapitre), dans un environnement à la capacité d'absorption elle-même variable. Il est donc important de clarifier plusieurs points, puisque les données qualitatives comme quantitatives varient selon le périmètre, le type de gaz et l'environnement étudiés.

1 ■ L'effet de serre et la capacité d'absorption de la terre

La terre absorbe les rayonnements du soleil et les renvoie sous forme de rayonnement infrarouge (IR). La présence de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère permet une réflexion de ces rayonnements IR vers le sol, augmentant ainsi la température terrestre qui, sans ces gaz, serait très inférieure à 0°C. La température a régulièrement varié au cours de l'histoire. Cependant, la grande majorité des climatologues s'accordent sur l'origine anthropique de la hausse moyenne des températures que nous connaissons aujourd'hui.

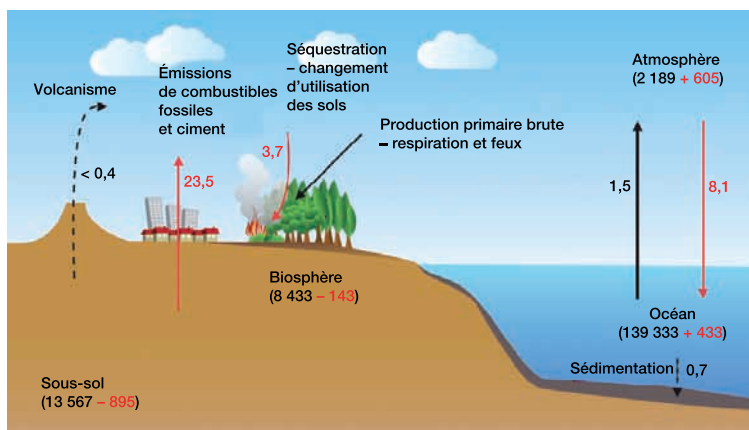
Le cycle naturel des émissions de GES est complexe. La terre absorbe et rejette naturellement des GES, en particulier du CO₂. Il existe quatre grands réservoirs permettant de stocker le carbone : l'atmosphère (sous forme gazeuse), la biosphère (matière organique des êtres vivants), l'océan (CO₂ dissous) et le sous-sol. Sur les 1 038 gigatonnes (Gt) de CO₂ libérées chaque année par les activités humaines depuis la biosphère et le sous-sol, l'atmosphère en absorbe 605 et les océans 433¹. L'atmosphère est le réservoir le plus affecté par les activités anthropiques, puisque la quantité de carbone y a augmenté de près de 30 % par rapport à l'ère préindustrielle.

[1] Caisse des Dépôts (2009), *CO₂ et énergie, France et Monde, Chiffres clés*.

L'augmentation des concentrations de CO_2 et les conséquences du réchauffement climatique (diminution de la salinité des océans ou régime de vent plus fort) modifient en outre les capacités d'absorption du puits océanique. De même, si les conséquences d'un réchauffement climatique sur les puits forestiers sont mal connues, on ne peut contester que la déforestation – massive dans plusieurs parties du monde – diminue le CO_2 absorbé et augmente les émissions.

📌 Cycle du carbone dans les années 1990

(en milliards de tonnes équivalent CO_2)



Lecture : Les flux « naturels » sont en noirs, ceux résultant des activités humaines en rouge.

Source : Caisse des Dépôts

Une élévation moyenne de la température de 3 °C à 4 °C, par rapport à la période 1980-1999, pourrait avoir des conséquences extrêmement graves :

- une fonte des couvertures glaciaires pouvant entraîner une élévation de plusieurs mètres du niveau de la mer ; 30 % des zones humides côtières de la planète pourraient être perdues ; des millions de personnes pourraient être victimes d'inondations côtières chaque année ;
- une diminution des ressources en eau aux latitudes moyennes et dans les zones semi-arides ; une réduction corrélative de la productivité agricole (les rendements pourraient baisser de 50 % dans certains pays africains dès 2020) ; et une exposition de centaines de millions de personnes à un stress hydrique accru ;

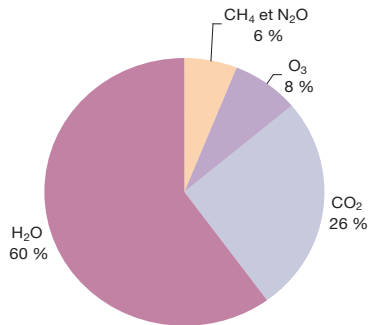
- une augmentation générale des phénomènes climatiques extrêmes : cyclones, tempêtes, crues, canicules ;
- un risque de disparition de plus de 30 % des espèces vivantes, une disparition progressive des récifs coralliens et, d'une manière générale, un bouleversement des écosystèmes terrestres et marins incapables de s'adapter à une évolution aussi rapide du climat ;
- enfin, une probabilité de voir la biosphère terrestre devenir une source nette de carbone, ce qui pourrait constituer un effet accélérateur du changement climatique.

2 ■ Les différents types de gaz à effet de serre

Si la vapeur d'eau, principalement d'origine naturelle, est le principal acteur de l'effet de serre (*voir graphique suivant*), le dioxyde de carbone CO_2 est au cœur des débats.

◆ Part des principaux gaz dans la réflexion des rayonnements vers la terre

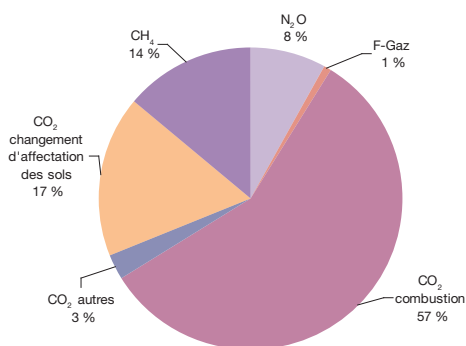
(en W/m^2)



Source : Quatrième Rapport d'évaluation du GIEC, Changements climatiques 2007 : les éléments scientifiques

En effet, le CO_2 a un faible pouvoir de réchauffement par molécule en comparaison des autres principaux gaz à effet de serre, mais compte tenu de sa longue durée de séjour et de l'augmentation de sa concentration dans l'atmosphère, il est celui qui a le plus contribué au réchauffement climatique depuis 1750. Il représentait à lui seul 77 % des émissions en 2004 (*voir graphique suivant*).

Émissions par gaz et source



Source : Quatrième Rapport d'évaluation du GIEC, Changements climatiques 2007 : les éléments scientifiques

3 ■ Le forçage radiatif

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, qui elles-mêmes diffèrent selon la localisation¹. Le forçage radiatif, mesuré en watts par mètre carré, quantifie les modifications de radiation dues au GES (énergie renvoyée vers le sol) par rapport à une année de référence. Un forçage positif signifie une contribution positive au réchauffement climatique (un effet chauffant), un forçage négatif une contribution négative (un effet refroidissant). À chaque gaz est associée une durée de séjour dans l'atmosphère², donnée approximative puisqu'elle dépend de nombreux paramètres (conditions météorologiques, réactions chimiques, etc.) :

- CO₂ : entre 2 ans et des milliers d'années ;
- CH₄ : 12 ans ;
- N₂O : 110 ans ;
- hydrofluorocarbures : entre 1 et 260 ans ;
- perfluorocarbures : environ 10 000 ans ;
- SF₆ : 3 200 ans.

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) compare les gaz à effet de serre entre eux, selon la valeur de leur « pouvoir

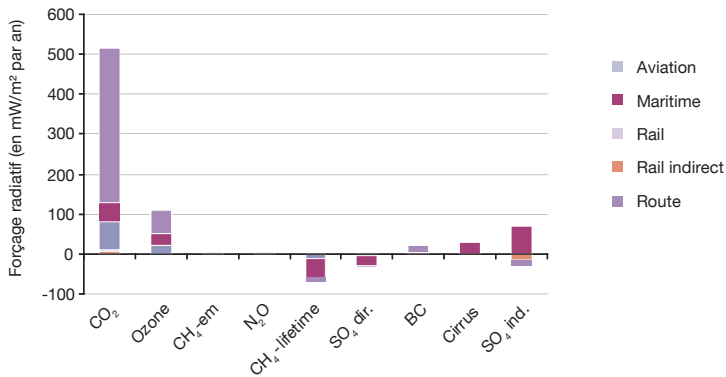
[1] Forum international des transports (2008), *Greenhouse Gas Reduction Strategies in the Transport Sector*, Rapport préliminaire, OCDE/FIT.

[2] Caisse des Dépôts (2009), *op. cit.*

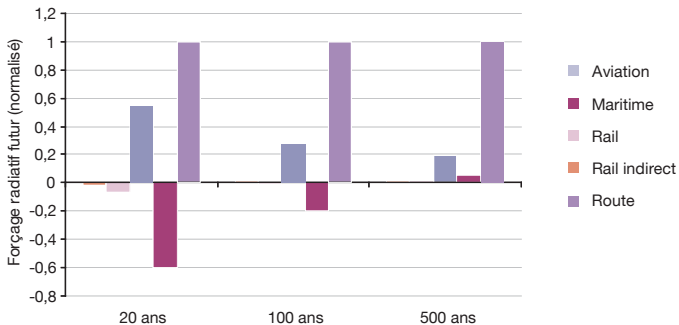
de réchauffement global ». Cet indicateur est défini comme le rapport entre la perturbation du bilan radiatif de la Terre pendant une période déterminée qui suit l'émission ponctuelle d'un kilo d'un gaz et la perturbation sur la même période d'une émission ponctuelle d'un kilo de CO₂. Afin de tenir compte des effets de long terme, il est calibré pour observer l'impact relatif des gaz sur une période de 100 ans (PRG 100)¹. Le graphique suivant présente le forçage radiatif de chaque mode de transport, c'est-à-dire l'impact de chacun sur le changement climatique compte tenu de la nature des gaz émis et de leur persistance dans l'atmosphère.

Forçage radiatif et modes de transport

Forçage radiatif en mW/m² par an
sur une période d'observation de 100 ans



Pouvoir de réchauffement global
sur trois périodes d'observation



Source : Fuglestedt J. et al. (2007)

[1] PRG : potentiel de réchauffement global.

L'ozone est le deuxième contributeur à l'effet de serre après le CO₂ mais ne compte pas parmi les six gaz retenus par le Protocole de Kyoto puisqu'il est généralement synthétisé en altitude à partir de gaz précurseurs sous l'action du rayonnement solaire¹.

Le secteur routier représente 10 % des émissions de GES et l'aviation moins de 1 %, mais ces proportions sont bien différentes si l'on considère le forçage radiatif (*voir graphique précédent*). Sur une période de 20 ans, l'aviation a un pouvoir de réchauffement global à peine deux fois moins important que celui de la route². Selon le GIEC, le forçage radiatif de l'aviation est de 2 à 4 fois supérieur à celui causé par les seules émissions de CO₂, contre un facteur 1,5 pour les autres activités humaines³, puisque le forçage radiatif d'une unité de carburant consommé en altitude est bien supérieur à celui d'une unité de carburant consommé à la surface, d'une part à cause des changements dans la composition chimique de l'atmosphère, d'autre part à cause de la formation de traînées nuageuses⁴. L'avion émet de l'oxyde d'azote (NOx) aux limites de la troposphère et de la stratosphère, entraînant une formation d'ozone troposphérique et une dégradation du méthane (CH₄). De plus, la vapeur d'eau émise à cette altitude contribue directement à l'effet de serre.

Un autre point intéressant révélé par ce graphique est le pouvoir de réchauffement global négatif du secteur maritime. Les gaz émis par la marine marchande ont des effets sur le climat qui peuvent se compenser, du moins pendant une partie de la durée d'observation : la nature et la localisation des émissions de NOx font que l'effet refroidissant dû à la disparition de méthane dans l'atmosphère (première transformation possible des NOx) est supérieur à l'effet chauffant dû à la formation d'ozone (deuxième transformation possible des NOx). Cet effet est accentué par les émissions de SO₂ qui présentent également un forçage négatif. Le pouvoir de réchauffement global, négatif sur une courte période d'observation, deviendrait toutefois positif après 100 ans, les émissions de la marine marchande glissant à moyen terme d'un forçage négatif à un forçage positif. L'effet refroidissant ne peut du reste justifier l'absence de réglementation du secteur maritime, car les émissions de NOx, SO₂ et autres gaz contribuent

[1] Les six gaz à effet de serre visés par le Protocole de Kyoto sont : le dioxyde de carbone [CO₂] ; le méthane [CH₄] ; l'oxyde nitreux [N₂O] ; les hydrofluorocarbones [HFC] ; les hydrocarbures perfluorés [PFC] ; l'hexafluorure de soufre [SF₆].

[2] Fuglestad J. *et al.* (2008), « Climate forcing from the transport sectors », *PNAS*, vol. 105, n° 2, National Academy of Sciences of the USA, janvier, p. 454-458.

[3] Institut français de l'environnement (2004), « Transport aérien de passagers et effet de serre », *Les données de l'environnement*, n° 97, novembre.

[4] www.aiaa.org/aerospace/Article.cfm?issuetocid=14&ArchiveIssueID=5.

fortement à la pollution locale et portent atteinte à la santé humaine. D'ores et déjà, le Comité de protection de l'environnement marin de l'Organisation maritime internationale a modifié en octobre 2008 la Convention Marpol¹ afin de réduire la teneur en soufre des combustibles de soute : cette valeur, qui devait être jusqu'à présent inférieure à 4,5 %, sera limitée dès 2010 à 1 %, puis en 2015 à 0,1 % dans les zones de contrôles d'émissions, telles la mer Baltique et la mer du Nord. En dehors de celles-ci, elle devrait progressivement être abaissée à 3,5 % en 2012 puis à 0,5 % en 2020.

Conclusion

Si le Protocole de Kyoto et la prise en compte des six gaz à effet de serre apportent un premier éclairage sur la contribution des modes de transport au changement climatique, une analyse plus poussée du forçage radiatif montre que cette première comptabilisation reflète imparfaitement l'ensemble du problème. Ce phénomène reste mal compris et nécessite un effort de recherche supplémentaire.

L'intégration dans la réflexion d'autres gaz que le CO₂ et la prise en compte de certains effets indirects sur le climat conduisent-elles à des réponses différentes à la question qui nous est posée, concernant les modes à réguler d'urgence ?

On peut particulièrement s'interroger sur :

- le secteur maritime, pour lequel il est important de prendre en compte l'ensemble des émissions, en particulier le SO₂ (qui engendre d'autres effets tels que les pluies acides et dont les émissions devraient progressivement être réduites, conformément aux décisions de l'OMI). Les émissions du mode maritime conduisent en effet aujourd'hui à un forçage radiatif particulièrement faible, voire négatif, qui pourrait durer plusieurs décennies ;
- le secteur aérien, en raison de l'effet accru des émissions en altitude ;
- l'ozone, qui contribue fortement au réchauffement climatique mais ne figure pas sur la liste des gaz à effet de serre retenus par le Protocole de Kyoto.

Le secteur routier est pour le moment le premier émetteur de GES, mais les perspectives de croissance du fret aérien et son pouvoir de réchauffement global pourraient en faire un des chantiers prioritaires des politiques envisagées.

[1] Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires, dite Convention Marpol, signée le 2 novembre 1973, modifiée en 1978.

En conclusion, cet examen des relations entre émissions de gaz à effet de serre et changement du climat introduit la question encore mal connue du forçage radiatif et soulève de nombreuses interrogations. Il incite à une poursuite des recherches scientifiques pour comprendre la complexité des phénomènes et éclairer les décisions à prendre. Il apparaît aussi que les émissions de gaz carbonique sont la variable centrale dans l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre. De fait, une amélioration de l'efficacité énergétique conduit à diminuer non seulement les émissions de CO₂, mais aussi celles des autres gaz provenant de la combustion : la suite de ce travail insistera donc particulièrement sur le dioxyde de carbone.

Le transport de marchandises en Europe et dans le monde : évolution, état des lieux, tendances

1 ■ Émissions et fret

1.1. Un panorama mondial

En 2007, les émissions mondiales dues à la consommation ou à la production d'énergie ont atteint 28,9 milliards de tonnes de CO₂, soit un bond de 38 % par rapport à 1990. Avant d'examiner la part du transport dans ces émissions, il est intéressant d'analyser leur répartition géographique.

Les pays émergents emboîtent le pas aux pays du Nord en matière d'émissions

En 1990, la Convention-cadre des Nations unies pour le changement climatique (CCNUCC)¹ établit une distinction entre les pays industrialisés ou « en transition », qui forment les pays dits « de l'Annexe 1 », et les pays en développement. Alors que les premiers étaient responsables de près de 70 % des émissions de CO₂

[1] L'Annexe 1 renvoie à la Convention-cadre des Nations unies. Les parties signataires – des économies développées ou « en transition vers une économie de marché » – s'engagent à adopter des mesures nationales pour atténuer les changements climatiques en limitant leurs émissions et en renforçant les puits et réservoirs de GES. L'Annexe B renvoie elle au Protocole de Kyoto. Elle comprend des objectifs chiffrés de réduction des émissions de GES pour une liste de signataires qui sont sensiblement les mêmes que dans l'Annexe 1, à l'exception des États-Unis. Selon l'article 3 du Protocole de Kyoto : « Les Parties visées à l'Annexe 1 font en sorte, individuellement ou conjointement, que leurs émissions anthropiques agrégées, exprimées en équivalent-dioxyde de carbone, des gaz à effet de serre indiqués à l'Annexe A ne dépassent pas les quantités qui leur sont attribuées, calculées en fonction de leurs engagements chiffrés en matière de limitation et de réduction des émissions inscrits à l'Annexe B et conformément aux dispositions du présent article, en vue de réduire le total de leurs émissions de ces gaz d'au moins 5 % par rapport au niveau de 1990 au cours de la période d'engagement allant de 2008 à 2012 ». L'Annexe 1 regroupe l'Australie, le Canada, l'Union européenne, les États-Unis, l'Islande, le Japon, la Nouvelle-Zélande, la Suisse, la Turquie, la Biélorussie, la Fédération de Russie, l'Ukraine. L'Annexe B comprend les pays de l'Annexe 1, sans la Biélorussie ni la Turquie. S'y ajoutent la Croatie, le Liechtenstein, Monaco et la Slovaquie.

en 1990, ils en représentent aujourd'hui à peine la moitié. La forte croissance économique des pays émergents, notamment de la Chine, explique en grande partie la hausse des émissions des pays Non-Annexe 1 : + 111 % entre 1990 et 2007. En 1997, les pays de l'Annexe 1 (y compris les États-Unis) signaient le Protocole de Kyoto, qui les astreignait à des objectifs de réduction. Celui-ci n'est entré en vigueur qu'en février 2005, après sa ratification par la Russie : le Sénat américain ne l'a en revanche jamais approuvé.

Le tableau suivant indique les émissions par pays pour l'année 2007, ainsi que l'évolution entre 1990 et 2007.

Émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie dans le monde

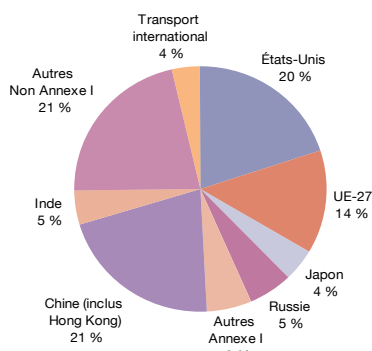
	2007 en MtCO ₂	Part 2007	Évolution 1990-2007
Amérique du Nord	6 780	23,4 %	+ 21,3 %
dont : Canada	573	2 %	+ 32,5 %
États-Unis	5 769	19,9 %	+ 18,6 %
Amérique latine	1 016	3,5 %	+ 68,2 %
dont : Brésil	347	1,2 %	+ 79,8 %
UE-27	3 926	13,6 %	- 3,3 %
ex-UE à 15	3 200	11 %	+ 3,6 %
dont : Allemagne	798	2,8 %	- 16,0 %
Espagne	345	1,2 %	+ 67,5 %
France	369	1,3 %	+ 4,9 %
Italie	438	1,5 %	+ 10,0 %
Royaume-Uni	523	1,8 %	- 5,4 %
12 nouveaux membres	727	2,5 %	- 25,2 %
Russie	1 587	5,5 %	- 27,2 %
Afrique	882	3 %	+ 61,5 %
Moyen-Orient	1 389	4,8 %	+ 136,1 %
Asie	10 695	36,9 %	+ 122,0 %
dont : Chine	6 071	21 %	+ 170,6 %
Corée du Sud	489	1,7 %	+ 113,1 %
Inde	1 324	4,6 %	+ 124,7 %
Japon	1 236	4,3 %	+ 16,1 %
Océanie	432	1,5 %	+ 53,6 %
Pays de l'Annexe 1	14 259	49,2 %	+ 2,6 %
Pays hors Annexe 1	13 681	47,2 %	+ 111,4 %
Soutes internationales maritimes et aériennes	1 022	3,5 %	+ 67,4 %
Monde	28 962	100 %	+ 38,0 %

Source : AIE, CO₂ et énergie, France et Monde – Repères, Édition 2009, Meeddat et Caisse des Dépôts

Ce tableau appelle plusieurs observations :

- avec près de 60 % de la richesse (en proportion du PIB mondial) et 20 % de la population, les pays de l'Annexe 1 émettent 46 % de l'ensemble des gaz à effet de serre et 49 % des émissions de CO₂¹. La baisse des émissions de l'Europe des Vingt-sept (UE-27) de 1990 à 2007 s'explique d'abord par les différentes mesures de réduction des consommations et ensuite par la diminution de près de 25 % de celles des pays de l'Est qui ont rejoint l'Union européenne ;
- la désagrégation de l'URSS et la restructuration de l'économie russe ont également entraîné une chute spectaculaire des émissions du même ordre de grandeur (27 %) ;
- en raison d'une croissance économique sans précédent (très supérieure à celle des pays développés), les pays émergents, telles la Chine et l'Inde, ont connu une augmentation considérable de leur consommation sur la dernière décennie. Compte tenu de leur système énergétique largement tourné vers le charbon, ces pays voient croître leurs émissions à une vitesse considérable. Arguant d'un niveau de développement bien en deçà de celui des pays industrialisés, ils invoquent lors des négociations climatiques le principe de « responsabilité commune mais différenciée » afin de justifier leur exemption à l'égard des objectifs de réduction. Ce principe correspond pour eux à un droit inaliénable au développement.

Les grands émetteurs de CO₂ en 2007



Source : AIE

[1] GIEC (2007), *Climate Change 2007*, Synthesis Report, novembre.

Les pays émergents, fortement peuplés pour la plupart, voient leur population croître et l'urbanisation s'accélérer en même temps qu'augmentent leurs besoins énergétiques. L'indicateur d'émissions par habitant reflète à la fois l'accès à l'énergie et la composition du bouquet énergétique. En 2006, les États-Unis enregistraient des émissions de CO₂ par habitant et par an de 19,8 tonnes, quand cet indicateur n'atteignait que 4,8 tonnes en Chine¹. Celle-ci n'en est pas moins devenue en 2007 le premier émetteur du monde devant les États-Unis, notamment à cause d'une population nombreuse, comptant plus de 1,3 milliard d'habitants. Si les Chinois consommaient « à l'américaine », leurs émissions de CO₂ seraient cinq fois plus importantes que celles des États-Unis et égaleraient la totalité des émissions mondiales actuelles.

Les transports représentent une part importante des émissions mondiales

Il apparaît nécessaire de distinguer la part du transport dans les émissions de GES d'origine anthropique et la part du transport dans les seules émissions de CO₂ énergie, c'est-à-dire issues de la combustion d'énergie fossile (*voir les deux graphiques suivants*). Dans le premier cas, les chiffres annoncés sont approximatifs puisque les estimations des émissions liées à la déforestation ou au changement d'affectation des terres restent contestées : il est délicat de déterminer l'origine anthropique de certains phénomènes, et d'évaluer avec précision la teneur en carbone des forêts. Le dernier rapport du GIEC a estimé qu'en 2004, les émissions de gaz à effet de serre s'élevaient à 49 milliards de tonnes équivalent CO₂.

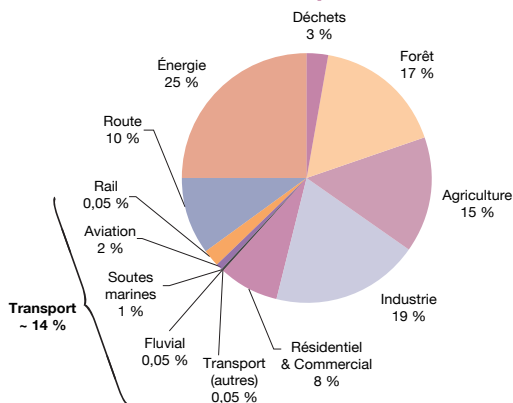
Dans la suite de notre rapport, les valeurs des émissions désigneront principalement les émissions de CO₂ liées à la combustion d'énergie, informations moins contestées et plus précises. Par ailleurs, la comparaison des émissions du secteur des transports avec celles émanant d'autres activités reste délicate car elle est fortement dépendante des hypothèses relatives aux périmètres pris en compte, notamment en ce qui concerne le trafic dit « international ».

Selon l'AIE, les transports sont, après le secteur de l'électricité, le deuxième émetteur mondial de dioxyde de carbone avec plus de 6 600 millions de tonnes de CO₂ en 2007², dont 73 % sont attribuées au transport routier. Cette quantité est du même ordre de grandeur que les émissions totales de GES de la Chine ou

[1] Energy Information Administration [2008], *International Energy Outlook*, septembre.

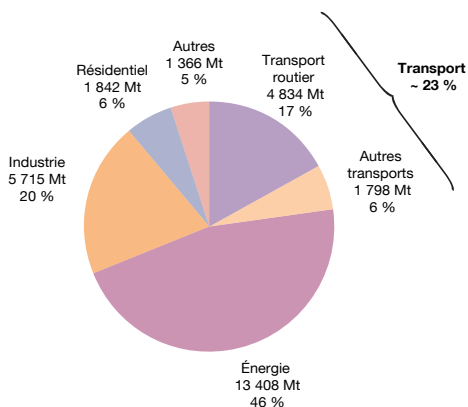
[2] Agence internationale de l'énergie [2009], *Émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie*, Édition 2009.

♥ Émissions mondiales de GES par secteur en 2004



Source : AIE, 2004

♥ Émissions de CO₂ liées à la combustion par secteur en 2007



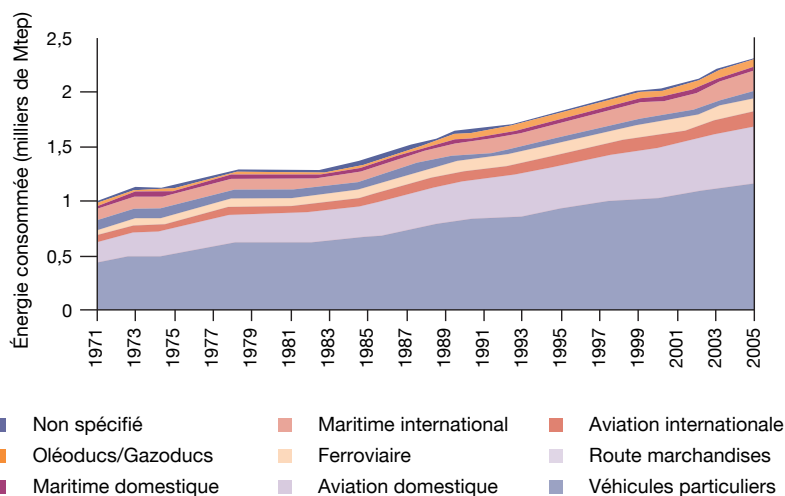
Source : AIE, 2009

des États-Unis. Le secteur des transports représente ainsi près de 23 % des émissions de CO₂ d'origine anthropique issues de la combustion d'énergie dans le monde et environ 15 % de l'ensemble des émissions anthropiques de GES. Il se caractérise en outre par une très forte croissance des émissions en raison d'une corrélation étroite entre consommation énergétique et revenu par habitant.

Ainsi, les émissions ont augmenté bien plus vite que la croissance démographique¹. En outre, alors que certaines branches comme l'industrie ont tenté d'infléchir leurs émissions, celles des transports ont continué à croître régulièrement (+ 44,5 % entre 1990 et 2007).

En termes d'énergie consommée par les transports, la part du secteur routier s'élève à 75 % et celle du fret, à lui seul, est de 50 % (voir graphique suivant).

Énergie mondiale utilisée par modes de transport



Source : AIE (2009), Transport, Energy and CO₂, novembre

Le fret serait responsable de 10 % des émissions mondiales

Il est difficile de déterminer avec précision les émissions liées au seul transport de marchandises, puisque certains modes sont mixtes (fret et passagers). Les estimations du Centre d'analyse stratégique font apparaître la répartition modale suivante : plus des trois quarts des émissions du transport de marchandises dans le monde sont imputables aux modes routier et maritime, qui représentent respectivement 51 % et 34 % des émissions de CO₂. Le mode aérien est

[1] Alors que la population mondiale a augmenté de 25,7 % entre 1990 et 2007, les émissions du transport ont crû de 44,5 %.

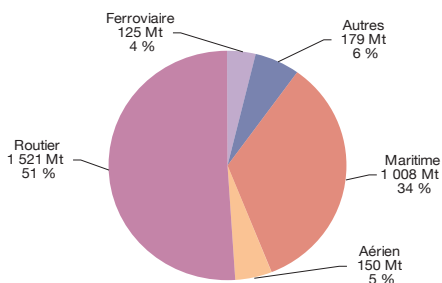
responsable de 5 % des émissions du transport de fret, et le mode ferroviaire de 4 %. Dans ce calcul, les émissions du fret s'élevaient à près de 3 000 Mt de CO₂.

Il existe des modes de transport plus ou moins polluants

La contribution de chaque mode au changement climatique dépend en premier lieu de son usage. Dans le cas du fret, l'unité utilisée est la tonne-kilomètre (t-km). Cette unité tient compte du poids des marchandises transportées mais aussi des distances parcourues, variable indispensable dans ce champ d'étude. Elle ne reflète néanmoins que partiellement les problématiques du secteur routier, puisque les émissions sont essentiellement liées aux véhicules-kilomètres, qui, compte tenu des progrès de la logistique, croissent moins vite que les tonnes-kilomètres. Cette prédominance d'un mode sur un autre est en grande partie déterminée par les contraintes géographiques, la croissance économique, les choix logistiques, les coûts, etc. Il ne faut cependant pas oublier que l'efficacité énergétique et l'intensité carbone de ces modes constituent une autre partie de l'équation, largement plus dépendante de l'évolution de la technologie. Il existe ainsi des modes de transport plus polluants que d'autres.

♥ Émissions du transport de marchandises ventilées par mode

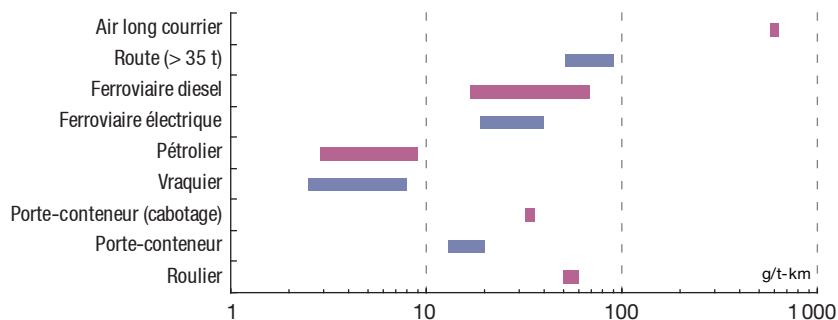
(en Mt de CO₂ et % des émissions du fret)



Source : CAS d'après les données 2005 du FIT, Transport and Energy: The Challenge of Climate Change, Leipzig, 2008. Routier : 243 gCO₂/t-km ; Rail : 16 gCO₂/t-km ; Maritime : 19 gCO₂/t-km ; Aérien : 1 054 gCO₂/t-km

Intensité CO₂ pour quelques modes de transport de marchandises en g/t-km

(échelle logarithmique)



Ce graphique peut sembler défavorable au transport par rail. Ces données sont issues des calculs sur les États-Unis ou sur une moyenne européenne. Comme elles intègrent la teneur en carbone d'un kWh, les résultats dépendent largement des hypothèses considérées pour calculer ce contenu en carbone et présenteraient un plus large éventail s'il avait été désagrégé par pays européen.

Source : OMI

Les émissions internationales et les émissions nationales

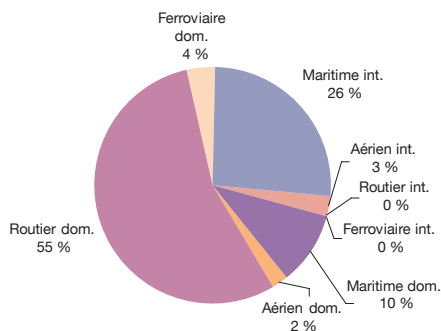
Identifier les modes de transport les plus polluants ainsi que les potentiels de réduction constitue un premier travail. Déterminer à quel niveau agir en est un autre, qui suppose de connaître le poids du commerce international par rapport au transport intérieur. Si l'on considère que le commerce international n'inclut pas les flux intra-continentaux, l'ensemble du transport routier et ferroviaire est intérieur, exception faite de quelques axes (Chine-Europe pour le routier ou le Transsibérien) et de la région nord-américaine¹. D'après les données les plus récentes de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), 30 % des tonnes-kilomètres transportées par avion seraient imputables au réseau domestique². De son côté, l'OMI estime que les émissions internationales s'élevaient à 843 Mt (le transport intra-européen s'élevant lui à environ 20 Mt). Ce chiffre prend en compte le transport de passagers et de marchandises :

[1] Woodburn A. et al. [2008], *The Impacts of Globalisation on International Road and Rail Freight Transport Activity*, OECD/ITF Global Forum on Sustainable Development, 10-12 novembre, Guadalajara, Mexique.

[2] OACI [2007], « Buoyancy in airline traffic continues in 2007 », *ICAO News Release*, Montréal, décembre.

6 % de l'énergie consommée, soit 6 % des émissions, seraient dus au transport de passagers¹. Le Centre d'analyse stratégique estime ainsi que les émissions liées au commerce international représentent environ 30 % des émissions du fret mondial.

♥ Émissions du transport de marchandises international et domestique



Source : CAS, d'après les données de l'OMI, de l'OACI et de la CNUCED

1.2. Un zoom sur l'Europe

Les émissions européennes sous contrôle de la Convention-cadre

Avec 5 045 Mt équivalent CO₂ (émissions de GES) ou encore 4 200 Mt de CO₂, l'UE-27 est responsable d'environ 10 % des émissions mondiales de GES et 14 % des émissions de CO₂². Il est important de distinguer ici les pays de l'UE-15, qui se sont engagés dans le cadre du Protocole de Kyoto à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (et non du seul dioxyde de carbone)³ de 8 % sur la période 2008-2012 par rapport au niveau de 1990, et ceux de l'UE-27 dont dix des douze nouveaux membres se sont astreints à des objectifs individuels. Ayant subi une restructuration économique, les douze nouveaux membres, représentant environ 20 % des émissions de l'Union, ont vu leurs émissions

[1] OCDE (2010), « International maritime shipping: The impact of globalisation on activity levels », in *Globalisation, Transport and the Environment*, Chapitre 3, p. 55-79.

[2] Eurostat (2009), *Energy, Transport and Environment Indicators*, Eurostat Pocketbooks, décembre.

[3] Les émissions de CO₂ de l'Europe des Quinze ont augmenté de 5,4 % par rapport à 1990.

chuter de plus de 25 % depuis 1990. L'UE-15 a réussi à réduire ses émissions de GES de 4,2 % par rapport à 1990, la majeure partie des efforts ayant été réalisée en Allemagne (- 21,3 %) et au Royaume-Uni (- 17,4 %). Ces deux pays demeurent toutefois les deux plus gros pollueurs en raison d'un système énergétique s'appuyant largement sur le charbon. L'UE-15 semblerait donc en passe de remplir les objectifs fixés par la CCNUCC.

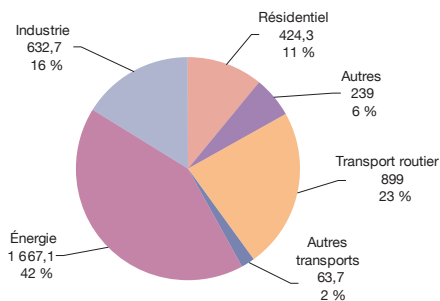
Le secteur des transports occupe une place prépondérante dans les émissions et les consommations énergétiques européennes

Aujourd'hui, en Europe, près d'un quart des émissions (de GES ou de CO₂) est issu du secteur des transports, passagers et marchandises confondus, soit 983 Mt équivalent CO₂ en 2007 ou environ 1 300 Mt en comptabilisant les émissions des soutes internationales (au départ d'Europe)¹. Deuxième poste d'émissions, le secteur des transports est surtout une des seules activités qui ont vu leurs émissions augmenter depuis 1990, avec un taux moyen annuel de croissance de 1,5 %. Le transport routier à lui seul génère 84 % du CO₂ émis par l'ensemble du secteur.



Émissions de l'UE-27 par secteur en 2007

(en Mt de CO₂ et pourcentage des émissions européennes)



Source : AIE, 2009

[1] Eurostat (2009), *Panorama of Transport*, Eurostat Statistical Books, mai.

♥ Répartition modale de la consommation énergétique
du secteur des transports (fret et voyageurs)
en 1990 et 2007 en Europe, hors transport maritime

	1990	2007
Route	83,7 %	81,9 %
Air	10,4 %	14,0 %
Fer	3,4 %	2,5 %
Voies navigables	2,5 %	1,6 %

Sources : European Energy and Transport – Trends to 2030, Update in 2007, European Commission
et Panorama of Transport, Eurostat

Le secteur des transports reste très fortement dépendant des produits pétroliers : en 2006, il a absorbé 72 % de la consommation totale de produits pétroliers (contre 62 % en 1990). La pénétration des biocarburants est encore faible, même si les politiques européennes en faveur de leur développement commencent à porter leurs fruits. Alors que leur part était quasi nulle dans les années 1990, ils ont représenté 2,6 % des carburants consommés en 2007¹. La directive 2003/30/CE fixe des objectifs indicatifs d'incorporation de 2 % en 2005 et 5,75 % en 2010.

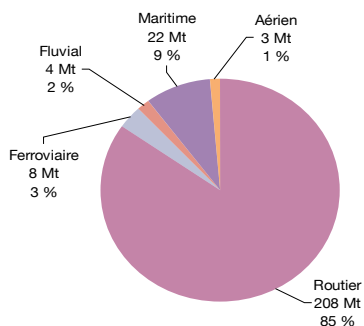
Le fret représente 6 % des émissions européennes

Le Centre d'analyse stratégique estime les émissions du fret intérieur européen à environ 245 Mt de CO₂, soit 6 % des émissions totales de l'UE-27 et un quart des émissions du transport européen. Près de 85 % de ces émissions sont imputables au secteur routier.

[1] Eurostat (2009), *Energy, Transport and Environment Indicators*, Eurostat Pocketbooks, décembre.

♥ Émissions européennes du fret par secteur en 2007

(en Mt de CO₂ et pourcentage des émissions européennes)



Maritime : transport domestique et intra-européen.

Source : estimations du CAS d'après les teneurs en carbone (gCO₂/t-km) de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE). Routier¹ : 107 gCO₂/t-km; Rail : 18 gCO₂/t-km; Fluvial² : 30,9 gCO₂/t-km; Maritime : 13,9 gCO₂/t-km; Aérien : 1 054 gCO₂/t-km (source : CAS)

En conclusion, si l'activité de transport ne peut être tenue pour la principale responsable des émissions de GES dans le monde et en Europe (encore moins le seul transport de marchandises, et *a fortiori* sa seule part routière), elle pèse cependant d'un trop grand poids dans les émissions totales pour être dispensée des efforts nécessaires à l'équilibre climatique.

2 ■ Tendances et évolutions du fret

2.1. Le transport intérieur de marchandises : à chaque région du monde ses modes privilégiés

Même si les statistiques sont difficilement comparables (les données s'appuyant sur des hypothèses et des définitions hétéroclites), la Commission européenne a dressé une comparaison du volume et de la répartition modale du transport de marchandises entre différentes zones géographiques³ (voir graphique suivant).

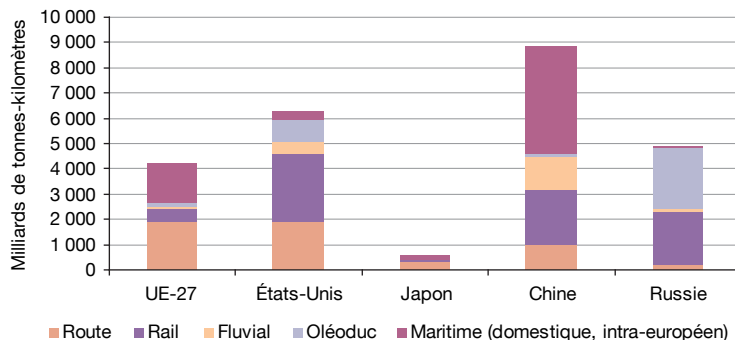
[1] AEE (2009), TERM 027 : *Development of Specific CO₂ Emissions from Road Passenger and Freight Transport in Europe*, août.

[2] AEE (2003), TERM 027 : *Overall Energy Efficiency and Specific CO₂ Emissions for Passenger and Freight Transport*, Indicator factsheet.

[3] Commission européenne (2009), *EU Energy and Transport in Figures*, Statistical Pocketbook 2009, DG TREN.

Ces chiffres ne concernent que les transports intérieurs.

📍 Répartition modale du transport de fret dans différentes régions du monde en 2007

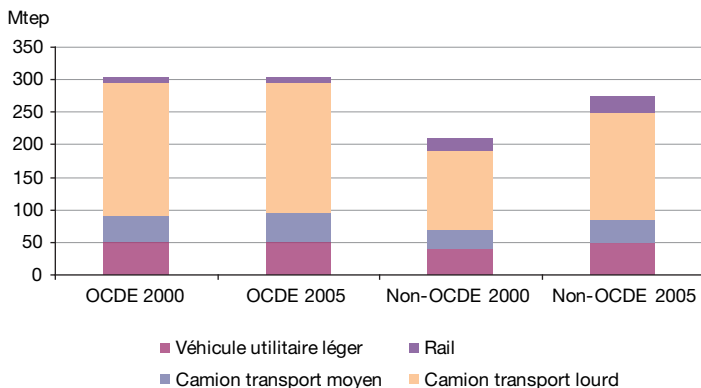


Source : Eurostat

Les fortes disparités constatées dans la répartition modale s'expliquent par les choix politiques effectués au cours de l'histoire, par les barrières géographiques locales et par les distances entre lieux de consommation et lieux de production. Le modèle européen est loin d'être universel : le transport routier y joue un rôle prépondérant, une tendance qui n'est pas partagée par toutes les régions du monde. L'Amérique du Nord a largement développé le fret ferroviaire (33 % des tonnes-kilomètres transportées par train), tout comme les pays d'Europe de l'Est (30 %) et la Chine (26 %). Celle-ci a en outre mis l'accent sur le transport maritime afin de desservir ses côtes où se concentre la majeure partie de sa population.

Certains pays ont largement recours à d'autres modes de transport que les poids lourds, mais ces derniers affichent dans les pays en développement un taux de croissance supérieur à celui des autres modes. Comme le montre le graphique suivant, l'énergie utilisée par le secteur routier est désormais stabilisée dans les pays de l'OCDE mais augmente dans le reste du monde. En moyenne, le taux de croissance du fret routier (en tonnes-kilomètres) est de 3,5 % par an depuis 1970, contre seulement 1,1 % pour le fret ferroviaire.

♥ Énergie utilisée : pays OCDE et pays non-OCDE

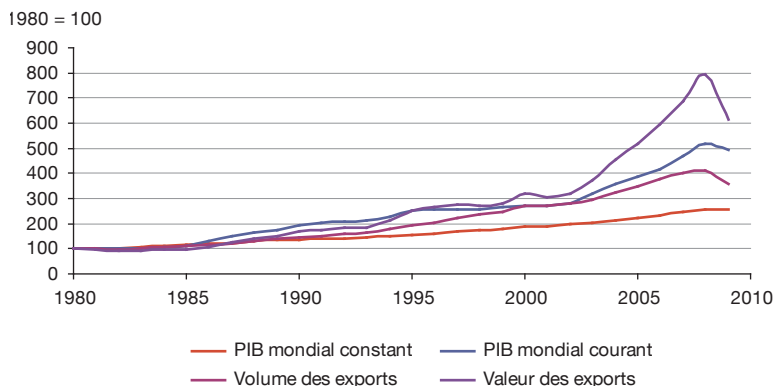


Source : AIE (2009), Transport, Energy and CO₂, novembre

2.2. Les échanges internationaux ne cessent de croître

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, les pays développés connaissent une croissance économique sans précédent. Le commerce international s'est fortement intensifié et les volumes transportés sont 32 fois supérieurs à ceux de 1950, augmentant bien plus vite que le PIB mondial, qui n'a été multiplié que par huit.

♥ Évolution du PIB mondial (dollars courants et constants) et des exports (dollars courants et en volume) depuis 1980



Source : FMI pour le PIB mondial, OMC pour les exports

Dans le même temps, les droits de douane ont été divisés par dix¹. En Europe également, le volume de marchandises transporté a augmenté fortement ces dernières années, avec notamment une hausse de 35 % entre 1996 et 2006². La croissance du commerce extérieur place ce sujet au centre des discussions sur le changement climatique³.

L'évolution technologique explique en partie ces changements. Les coûts de transport ont chuté avec l'apparition du moteur à réaction, l'utilisation de conteneurs, etc. La révolution des technologies de l'information et de la communication (TIC) a permis le dégroupage de la production, c'est-à-dire la production dans différents pays des composants d'un même produit, et a donc participé au mouvement de délocalisation d'industries.

Si la mondialisation est la conséquence du progrès technique et de la baisse des coûts de transport, elle résulte aussi d'un choix politique. Elle est intrinsèquement liée aux recommandations de l'Organisation mondiale du commerce (via la suppression progressive des tarifs douaniers, par exemple), à laquelle les pays ont massivement adhéré depuis les années 1980, en dépit de la résurgence de discours protectionnistes dans plusieurs pays développés.

Alors que les deux guerres mondiales avaient mis un coup d'arrêt aux échanges commerciaux, les années 1950 ont marqué la reprise du commerce international. Les investissements directs à l'étranger (IDE) ont contribué au déploiement de nombreuses entreprises multinationales, en particulier en Asie, ce qui s'est traduit par une hausse des échanges entre filiales d'un même groupe. La fabrication des produits manufacturés (automobiles ou matériel électronique) s'effectue désormais par une division internationale du processus productif et par une délocalisation de certaines industries de l'Europe vers les pays émergents. Une augmentation de 10 % des IDE vers un pays étranger aurait pour effet une croissance de 15 % des flux d'exportation vers ce pays⁴. En 2007, les pays en développement représentaient 34 % du commerce mondial de marchandises, soit deux fois plus qu'au début des années 1960.

La Chine et l'Inde affichent ainsi des taux de croissance économique parmi les plus élevés au monde, tandis que ces taux accusent un ralentissement en

[1] Fontagné L. et Mimouni M. [2002], « Globalisation, performances commerciales et développement », *Reflets et Perspectives de la vie économique*, n° 2, p. 27-39.

[2] AEE [2009], *Transport at a Crossroads – TERM 2008: Indicators tracking transport and environment in the European Union*, EEA Report, n° 3/2009, mars.

[3] OMC-PNUE [2009], *Commerce et changement climatique*, Genève.

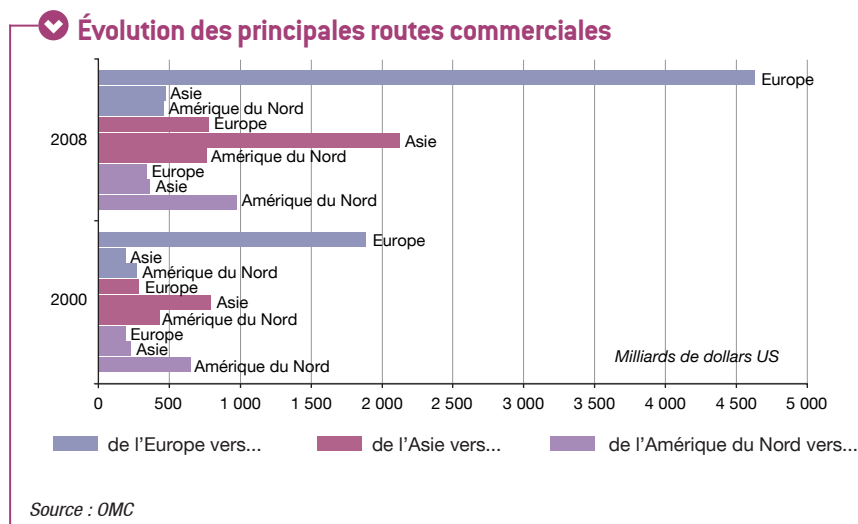
[4] Lemoine M. et al. [2007], *Les grandes questions d'économie et finance internationales*, Bruxelles, De Boeck.

Europe, au Japon ou aux États-Unis. En Europe, ce sont les pays de l'Est qui présentent les taux de croissance économique les plus forts. Sur la période 1971-2000, le taux de croissance annuel des pays de l'OCDE est de 3 %, dont 2,5 % pour l'Europe et 3,7 % pour le Pacifique, alors que celui des économies en développement est de 4,8 %, dont 8,2 % pour la Chine, 6,1 % pour l'Indonésie et 4,9 % pour l'Inde¹.

Les principales voies commerciales

Trois grandes zones polarisent la majeure partie du commerce international : l'Europe, l'Asie (en particulier la Chine et l'Inde) et l'Amérique du Nord. Les échanges se font principalement entre pays d'une même zone géographique : les zones Europe et Amérique sont davantage régionalisées que la zone Asie². Plus de 70 % des marchandises transportées vers un pays européen proviennent d'un autre pays européen.

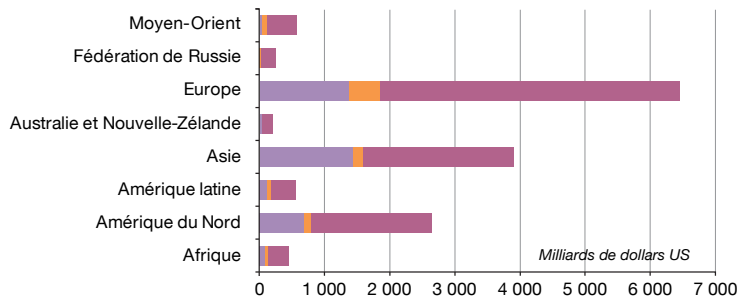
Hors commerce régional, deux flux prédominent : de l'Asie vers l'Europe, de l'Asie vers l'Amérique du Nord, suivis des flux de l'Europe vers l'Asie et de l'Europe vers l'Amérique du Nord.



[1] D'après l'AIE dans le rapport du WBCSD (2004), *Mobility 2030: Meeting the Challenges to Sustainability*, Full report.

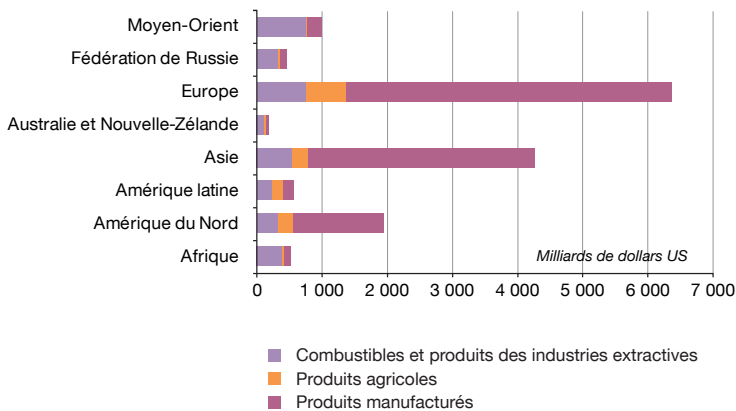
[2] Gaulier G., Jean S. et Ūnal-Kesenci D. (2006), « Régionalisation et régionalisme », in *L'Économie mondiale 2006*, CEPII, Paris, La Découverte, p. 84-95.

Imports par région et par produit en 2008



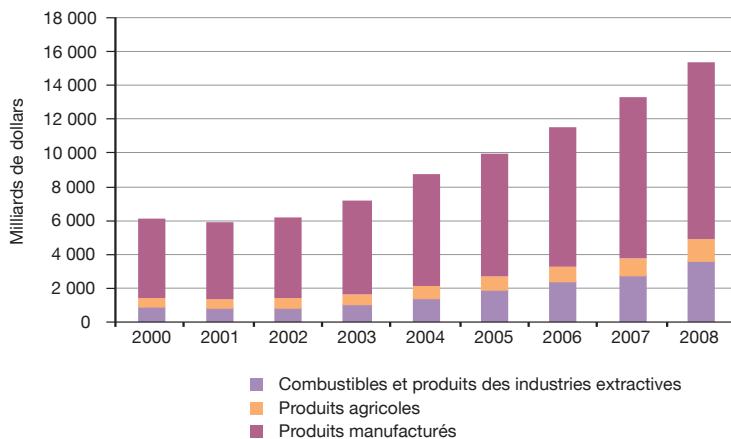
Source : OMC

Exports par région et par produit en 2008



Source : OMC

Structure des exportations mondiales entre 2000 et 2008



Source : OMC

Les échanges internationaux sont dominés par les modes maritime et aérien

Étant donné les contraintes géographiques, seule la route commerciale intercontinentale Asie-Europe pourrait voir se développer le transport terrestre. Pour de nombreux motifs (coûts, mauvaises infrastructures, temps à la douane, vols, corruption, etc.), les frets ferroviaire et routier sur cet axe sont très peu développés et les entreprises privilégient largement le transport par mer. En 2005, moins de 5 % des containers voyageant de Chine vers l'Europe utilisaient le mode terrestre¹.

La grande majorité des marchandises sont échangées par bateau

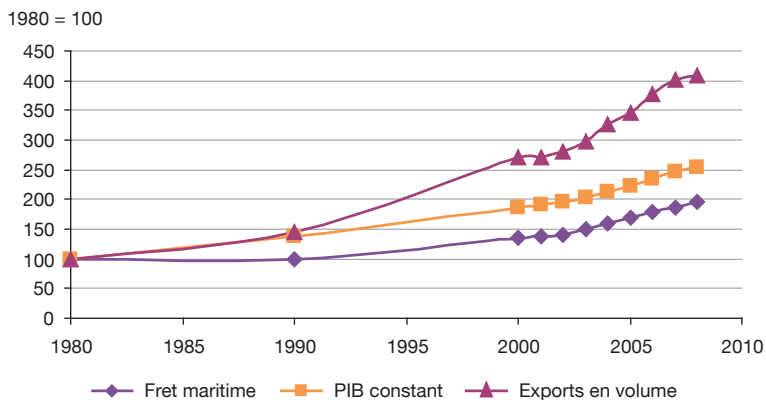
Le transport maritime est le bras armé du commerce international. Moyen peu coûteux et sûr de transporter des marchandises, ce secteur a largement profité de la mondialisation des économies, et y a sans aucun doute contribué. En effet, 60 % des marchandises en termes de valeur et jusqu'à 75 % en termes de volume transitent par voie maritime². L'ensemble du commerce maritime a doublé entre 1990 et 2009³.

[1] AIE (2009), *Transport, Energy and CO₂: Moving Toward Sustainability*, IEA/OECD.

[2] Mandryk W. (2009), « Measuring global seaborne trade », *Lloyd's MIU, International Maritime Statistics Forum*, New Orleans, 4-6 mai.

[3] L'Observateur de l'OCDE (2008), *Cap sur les réductions : transport maritime et émissions de CO₂*, n° 267, mai-juin.

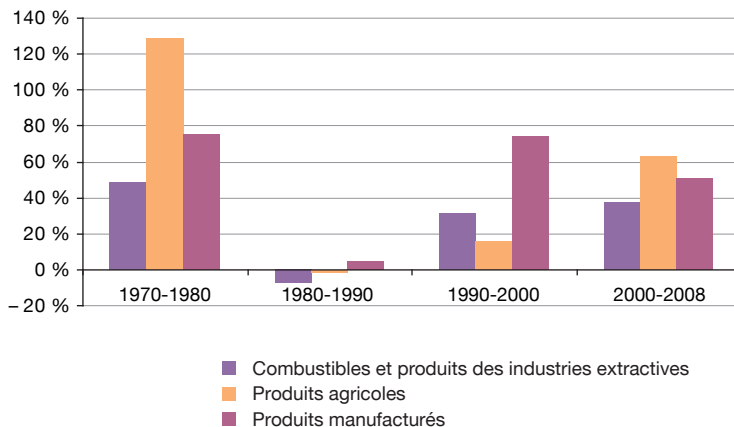
❖ **Évolution des volumes exportés, du PIB (dollars constants) et des marchandises transportées par voie maritime (en tonnes-kilomètres) entre 1980 et 2009**



Sources : OMC, CNUCED, FMI

Outre cette croissance en volume, la composition du commerce international a profondément évolué. Les produits manufacturés représentent une part grandissante de la valeur des échanges et, à côté des navires vraquiers, les porte-conteneurs ont connu un développement spectaculaire.

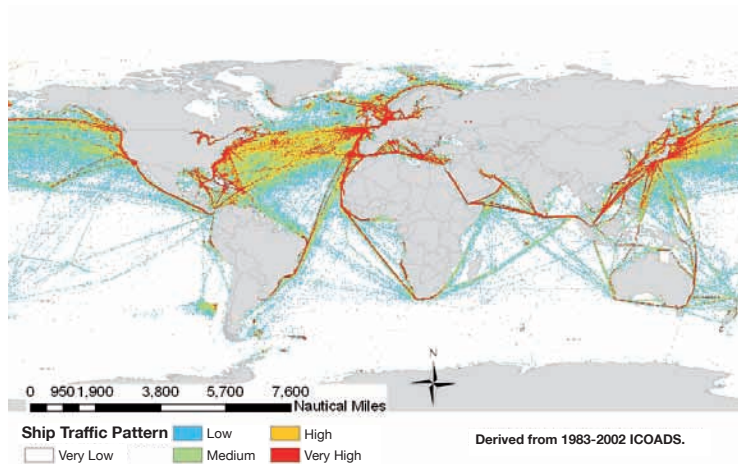
❖ **Évolution du volume du commerce mondial de marchandises par grands groupes de produits, 1970-2008**



Source : OMC

La carte suivante fait bien apparaître les principales routes du commerce maritime : elles relient entre eux les pays industrialisés (Amérique du Nord, Europe et Japon) ainsi que la Chine et l'Inde. Le transport maritime international est étroitement lié à la demande croissante en pétrole, charbon, acier et autres ressources des pays émergents, à côté des échanges de produits manufacturés largement destinés aux pays développés.

▼ Trafic maritime et émissions de CO₂ en 2002



Source : données ICOADS (International Comprehensive Ocean – Atmosphere Data Set)

Le mode aérien est dominant pour les marchandises à haute valeur ajoutée

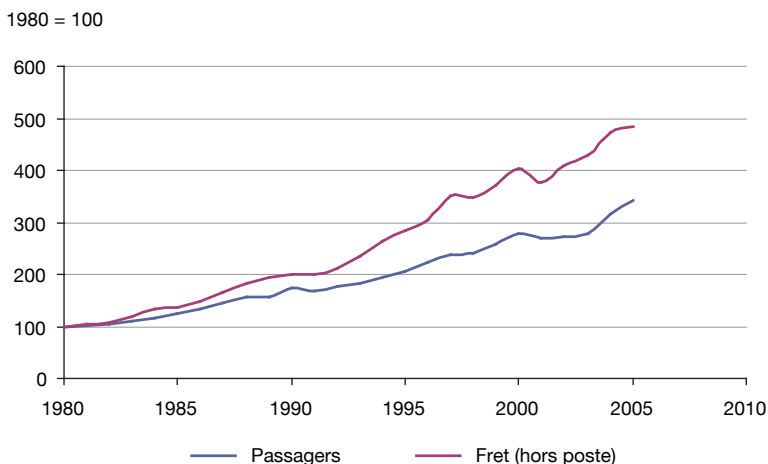
Comme l'indique le graphique suivant, le transport aérien a progressivement augmenté pour atteindre 143 200 millions de tonnes-kilomètres en 2006. Ce chiffre est ensuite tombé à 124 600 millions en 2007, au bénéfice du secteur maritime¹. Si le mode aérien représente une faible part du fret en tonnage, il est bien plus important en valeur des marchandises (30 % environ de la valeur du commerce international).

L'avion est néanmoins le mode de transport le moins efficace sous l'angle énergétique et le plus émetteur de gaz à effet de serre à la tonne transportée.

[1] www.un.org/esa/dsd/resources/res_pdfs/publications/trends/trends_Chemicals_mining_transport_waste/ch3_transport.pdf.

Le transport aérien international (passagers et marchandises confondus) aurait émis 415 Mt de CO₂ en 2005, ce qui place ce secteur au 11^e rang des émetteurs (729 millions de tonnes pour l'ensemble de l'aviation civile). Ses émissions ont crû de 48 % entre 1990 et 2005, contre 29 % pour les émissions mondiales totales. En outre, le volume du transport aérien devrait croître d'environ 5 % par an selon les prévisions de l'industrie aéronautique. Cette hausse n'étant compensée que partiellement par les mesures actuelles d'efficacité énergétique, les émissions du mode aérien devraient connaître une augmentation annuelle de 2 % à 3 %¹.

Évolution du trafic aérien mondial, 1980-2006



Source : OACI

Enfin, on sait que le forçage radiatif (effet total de réchauffement) dû à l'aviation est au moins deux fois supérieur à celui causé par les seules émissions de CO₂. Passagers et fret confondus, la contribution de l'aviation au réchauffement climatique est évaluée entre 4 % et 9 % du total mondial². Ces chiffres sont à modérer car les estimations du CAS, précédemment évoquées, indiquent que le transport de fret ne représenterait que 20 % des émissions totales de l'aviation.

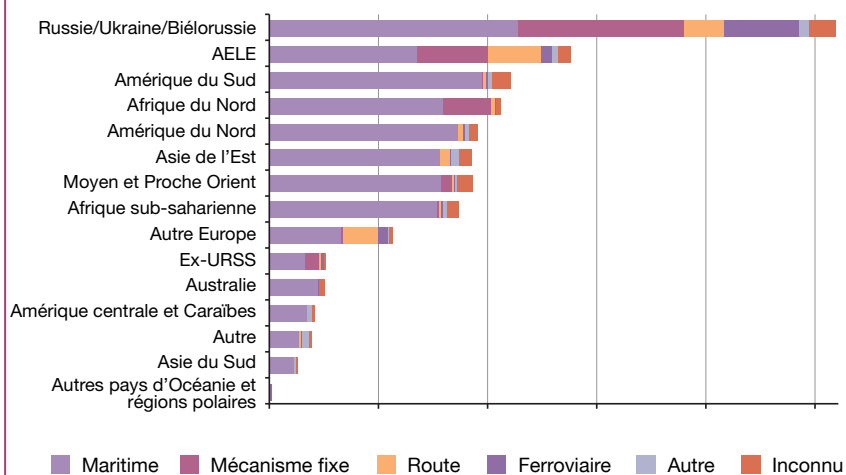
[1] IATA (2009), *The IATA Technology Roadmap Report*, juin.

[2] Réseau Action Climat-France (2007), *Dix ans du Protocole de Kyoto – Bilan et perspectives pour les négociations de l'après-2012*, Dossier de presse, novembre.

2.3. Prédominance du mode routier en Europe

L'UE-27 concentre une bonne partie des flux internationaux mondiaux : en 2007, 500 Mt de tonnes de marchandises ont été exportées et 1 800 Mt importées, principalement par mer (plus de 70 % du tonnage). Le mode aérien transporte des marchandises à haute valeur ajoutée puisqu'il représente 0,7 % du tonnage importé et exporté, mais 22 % de la valeur des biens échangés¹. La Russie, les pays de l'Association européenne de libre-échange (Islande, Liechtenstein, Norvège, Suisse), les États-Unis, la Chine ou encore le Japon comptent parmi les principaux partenaires commerciaux de l'UE-27.

♥ Répartition modale des importations et exportations de l'UE-27 avec le reste du monde, en millions de tonnes, 2006



Source : Eurostat, Panorama of Transport, édition 2009

En 2007, le transport de fret représentait 4 228 milliards de tonnes-kilomètres², en augmentation de 38 % par rapport à 1995³. Sur cette période, tandis que le PIB a augmenté de 2,6 % par an, le transport de marchandises a présenté un taux de croissance annuel de 2,8 %⁴ : on est encore loin d'observer un découplage entre croissance économique et croissance des transports, même

[1] Commission européenne [2009], *EU Energy and Transport in Figures*, Statistical Pocketbook 2009, DG TREN.

[2] Commission européenne [2007], *European Energy and Transport – Trends to 2030, Update 2007*.

[3] Commission européenne [2009], *EU Energy and Transport in Figures*, op. cit.

[4] Eurostat [2009], *Panorama of Transport*, Eurostat Statistical Books, mai.

si l'élasticité du volume de transport par rapport au PIB tend à décroître et est désormais inférieure à 1.

Les échanges intra-européens ainsi que le transport de marchandises national sont dominés par le secteur routier, suivi de près par le secteur maritime (trop souvent sous-estimé).

Volume de marchandises transportées en 2007 dans l'UE-27

	Volume transporté en 2007 <i>En Md t-km</i>	Part modale en 2007	Taux de croissance annuel sur la période 1995-2007
Route	1 927	45,6 %	3,4 %
Rail	452	10,7 %	1,3 %
Voies navigables	141,1	3,3 %	1,2 %
Oléoducs	1 575	3,0 %	1,0 %
Transport maritime	3	37,3 %	2,7 %
Aérien	129	0,1 %	3,7 %
Total marchandises	4 228	100 %	2,7 %

Source : données 2007, DG TREN (2009), « EU Energy and transport in figures », Statistical Pocketbook 2009

Les marchandises transportées au sein de l'UE-27 avoisinent les 19 000 millions de tonnes (Mt) (hors maritime et oléoducs). Près de 17 000 Mt sont transportées par route, 1 220 Mt par rail et 500 Mt par voie fluviale.

Le transport routier

L'observation des émissions mondiales désigne le mode routier comme l'un des principaux responsables du changement climatique. Il est le secteur le plus polluant au niveau mondial, et sa prépondérance est encore plus marquée au niveau européen où une grande majorité des flux commerciaux s'effectue par ce mode. En effet, 45,6 % des marchandises en tonnes-kilomètres sont transportées par route. Ce secteur présente également une croissance importante : 3,4 % en rythme annuel en Europe entre 1995 et 2007¹, un taux bien plus élevé que celui du rail, des voies fluviales ou du maritime.

Le transport de marchandises par route est majoritairement national au sein de l'Europe : sur les 17 259 millions de tonnes transportées sur route en Europe

[1] Commission européenne [2009], *EU Energy and Transport in Figures*, op. cit.

(Europe des Vingt-sept avec la Norvège), 94,2 % relèvent du transport national et 5,8 % du transport international (entre pays européens). Le transport routier international représente un tiers du total des tonnes-kilomètres de l'Europe, le transport routier national comptant pour les deux autres tiers. Enfin, 36 % des tonnes-kilomètres et 38 % des véhicules-kilomètres routiers sont effectués sur une distance comprise entre 150 km et 500 km¹ : une large part des transports routiers s'opère donc à courte distance. Il convient de garder cette donnée à l'esprit quand on envisage un report du transport routier vers des modes moins émetteurs de GES.

Le transport routier (fret et voyageurs) est également le mode dominant en Europe pour la consommation énergétique, avec 81,9 % de l'énergie totale du secteur des transports en 2006, contre 83,7 % en 1990, hors transport maritime. Ceci représente 303,3 millions de tep en 2006, soit 25,8 % de la consommation totale d'énergie finale en Europe. La croissance de la consommation énergétique du transport routier sur la période 1995-2006 a été de 1,8 % par an (+ 1,5 % pour le transport de voyageurs et + 3,5 % pour le fret)². Les poids lourds consomment 39,4 % de l'énergie totale du secteur routier en 2005, contre 34,5 % en 1990³. Ce secteur a pourtant réalisé des progrès, puisqu'il consommait 65,3 tep par million de tonnes-kilomètres en 2005, contre 73,5 en 1990, ce qui représente 0,8 % de gain d'efficacité énergétique annuel⁴.

Le secteur routier est le plus émetteur, avec 93 % des émissions totales du secteur des transports (en 2006, hors transport aérien et maritime international, et hors électricité pour le ferroviaire).

Le transport ferroviaire

En 2007, en Europe, la part de marché⁵ du transport de fret ferroviaire s'élevait à 10,7 % (en tonnes-kilomètres) et 8 % (en tonnes). Son taux de croissance est plus faible que celui des autres modes de transport : 1,3 % par an, contre 2,7 % de taux de croissance des tonnes-kilomètres transportées de façon globale en Europe, entre 1999 et 2006⁶.

[1] Eurostat [2009], *Panorama of Transport*, Eurostat Statistical Books, mai. Données 2006.

[2] Eurostat [2009], *ibidem*.

[3] Commission européenne [2007], *European Energy and Transport – Trends to 2030, Update 2007*.

[4] Eurostat [2009], *ibid*.

[5] Part de marché par rapport au transport total de fret (y compris oléoducs).

[6] Commission européenne [2009], *EU Energy and Transport in Figures, op. cit.*

Ces dernières décennies, le transport de marchandises par chemin de fer a manqué de dynamisme. Afin d'enrayer ce déclin, l'Union européenne a mené depuis le début des années 1990 une politique de libéralisation progressive, qui visait à développer la concurrence interne en autorisant l'entrée de nouveaux opérateurs. À ce jour, cette politique n'a pas eu les effets escomptés puisque la part du fer a diminué dans l'ensemble des transports, contrairement aux vœux de toutes les autorités publiques concernées, aux niveaux national et communautaire, à l'exception de l'Allemagne.

Le marché ferroviaire allemand s'est ouvert dès 1994 et une concurrence significative est apparue au début des années 2000. L'activité de l'ensemble des entreprises ferroviaires opérant sur le territoire a atteint 114 milliards de tonnes-kilomètres en 2007, leur part de marché dans cette unité s'élevant à 17 %, contre 12 % en France.

Le secteur ferroviaire a absorbé 2,5 % de la consommation finale d'énergie du secteur des transports en 2006 en Europe, contre 3,4 % en 1990 : sa consommation relative par rapport aux autres modes de transport est donc en déclin. La part de l'électricité dans la consommation énergétique ferroviaire est de 67,8 % en 2006 (contre 61,4 % en 1996) et pourrait encore être accrue. La part du ferroviaire dans les émissions de CO₂ reste donc relativement faible : 1 % des émissions du secteur transport en Europe (hors aérien et maritime international), et elle a décliné de 45 % entre 1990 et 2006.

L'enjeu pour le secteur ferroviaire ne réside donc pas tant dans l'amélioration de son efficacité énergétique, comme c'est le cas pour d'autres modes de transport, mais dans sa capacité à utiliser une énergie décarbonée, ainsi que dans son efficacité technique et économique, afin de concurrencer des modes de transport plus émetteurs de GES et permettre un report modal.

3 ■ Nouveaux enjeux

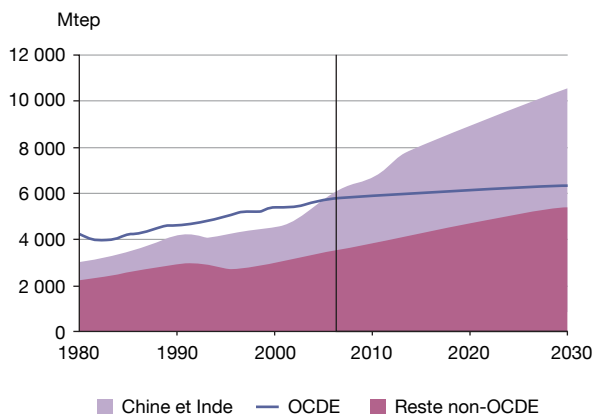
3.1. Une disponibilité en carburant incertaine

Réserves mondiales de pétrole

La production mondiale actuelle de pétrole s'élève à 82 millions de barils par jour (équivalent à 3 900 Mtep). Une grande majorité est consommée par les pays de l'OCDE (50 millions de barils par jour), proportion qui risque de s'inverser ces prochaines années en raison de la forte croissance économique des grands pays émergents. La figure suivante montre l'évolution de la demande d'énergie

primaire dans le scénario de référence du *World Energy Outlook 2008* de l'AIE (insoutenable du point de vue des émissions de GES) : l'essentiel de la demande supplémentaire d'ici à 2030 proviendra de la Chine, de l'Inde et du Moyen-Orient (pour plus de 80 %). Dans des scénarios respectant davantage les contraintes climatiques, la demande énergétique mondiale continue d'augmenter malgré tout jusqu'en 2020, mais plus faiblement, avec un transfert de consommation de l'OCDE vers les pays non-OCDE.

Consommation d'énergie primaire dans le scénario de référence de l'AIE



Source : AIE, 2009

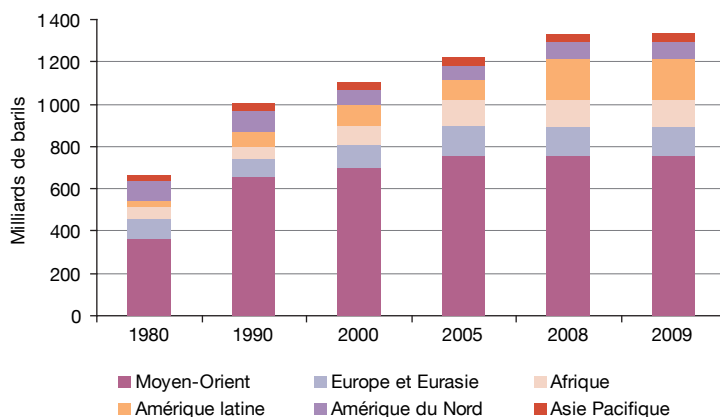
La hausse à venir de la consommation pétrolière peut être illustrée par le taux d'équipement automobile. Le taux français est actuellement de 500 véhicules pour 1 000 habitants, contre seulement 30 pour 1 000 en Chine. Dans son dernier rapport, le *Climate Group* envisage un triplement de la flotte chinoise de véhicules particuliers en 2020, soit 150 millions de véhicules, puis 290 millions en 2030. Le *think tank* estime que cette flotte devrait continuer à s'appuyer essentiellement sur le diesel et l'essence, portant les besoins d'importations en 2030 à 16 millions de barils par jour, contre 3,5 millions en 2006. À cette augmentation de la flotte de véhicules particuliers s'ajoutent les besoins croissants du transport de marchandises.

L'AIE évalue la production mondiale de pétrole en 2030 à 104 millions de barils par jour (près de 5 000 Mtep). Le secteur des transports devrait consommer 800 Mtep de plus qu'en 2007, soit au total plus de 3 000 Mtep, 60 % de la

production totale de pétrole. Dans cette évaluation, le parc de véhicules légers (particuliers et utilitaires) double d'ici à 2030, alors que la consommation de pétrole n'est multipliée que par un facteur 1,4 grâce à un allègement des véhicules et à l'amélioration du rendement des moteurs thermiques conduisant à un gain d'efficacité d'environ 50 % d'ici à 2030.

Notons que les réserves prouvées de pétrole augmentent modestement mais régulièrement depuis 1990 comme le montre le graphique suivant.

Les réserves prouvées de pétrole, 1980-2009



Source : BP (2008)

Au 1^{er} janvier 2009, les réserves prouvées de pétrole dans le monde atteignaient environ 171 Gtep (195 Gtep en comptant les réserves de sables bitumineux canadiens), soit 42 années au rythme de consommation actuel¹. Mais il faut souligner deux points :

- l'augmentation des réserves des pays de l'OPEP tient principalement à leur quasi-doublement lors de la révision de la comptabilisation des réserves menée dans les années 1986-1987. Cette révision s'est effectuée en parallèle à la fixation des quotas par pays producteurs en fonction de leurs réserves prouvées. Comme l'indique le rapport de l'AIE (*World Energy Outlook 2008*), elle ne résulte ni de la découverte de nouveaux champs

[1] BP [2009], *BP Statistical Review of World Energy*, juin.

pétroliers ni d'une réappréciation physique des gisements. Elle a donc soulevé une très forte interrogation de la part de nombreux analystes qui ne la considèrent pas fondée ;

- les réserves officielles de pétrole des pays de l'OPEP n'ont quasiment pas évolué depuis les années 1990 en dépit d'une production élevée.

Pour apprécier un éventuel épuisement de la ressource pétrolière, il convient de ne pas en rester aux réserves prouvées. À ces volumes peuvent s'ajouter les ressources suivantes :

- les ressources récupérables de bruts conventionnels non encore découverts : l'United States Geological Surveys (USGS) les estime (à partir d'une analyse bassin par bassin, que certains jugent optimiste) à environ 140 Gtep (70 Gtep selon des prévisions plus pessimistes) ;
- les ressources mobilisables par augmentation du taux de récupération de l'huile dans les gisements. Ce taux pourrait atteindre 50 % dans les prochaines années contre 35 % aujourd'hui, soit 125 Gtep.

Enfin, il ne faut pas oublier les ressources de pétrole dites non conventionnelles, comme les bruts extra-lourds et les sables asphaltiques du Canada et du Venezuela, estimées à plus de 460 Gtep¹, même si leur taux de récupération pourrait, pour certaines, ne pas dépasser 20 %. Il convient de rappeler que l'exploitation de ces réserves entraîne d'importants problèmes environnementaux : la transformation des sables en pétrole utilisable et transportable demande une grande quantité d'énergie et d'eau. Elles ne peuvent dès lors constituer qu'une production complémentaire à celle des énergies fossiles traditionnelles.

Ces considérations relativisent les prévisions d'épuisement physique des ressources pétrolières dans les vingt prochaines années, même si la disponibilité effective de ces ressources n'est pas assurée.

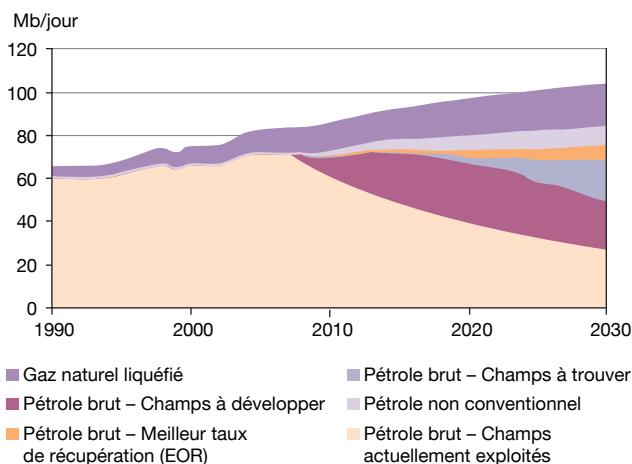
Deux risques de déséquilibre entre l'offre et la demande d'hydrocarbures peuvent ainsi être identifiés dans le temps :

- le premier se situe au moment de la reprise économique : son ampleur dépendra d'une part des investissements réalisés par les pays producteurs et d'autre part de l'ampleur de la reprise ; la crise économique risque d'aggraver ce choc offre/demande dans la mesure où les prix bas du pétrole vont à court terme ralentir les nouveaux investissements, tandis que les gisements actuels vont continuer à décliner ;

[1] D'après l'Institut français du pétrole.

- le deuxième risque intervient à plus long terme (2020-2025) et va dépendre principalement des investissements réalisés et de l'épuisement des puits actuellement en opération. Dans son scénario à 550 ppm¹, et même en envisageant une exploitation de pétrole non conventionnel à hauteur de plusieurs millions de barils par jour, l'AIE prévoit qu'en 2030 il faudra trouver environ 50 à 60 millions de barils par jour supplémentaires, soit l'équivalent de cinq à six fois la production actuelle de l'Arabie saoudite.

Production pétrolière dans le scénario de référence de l'AIE



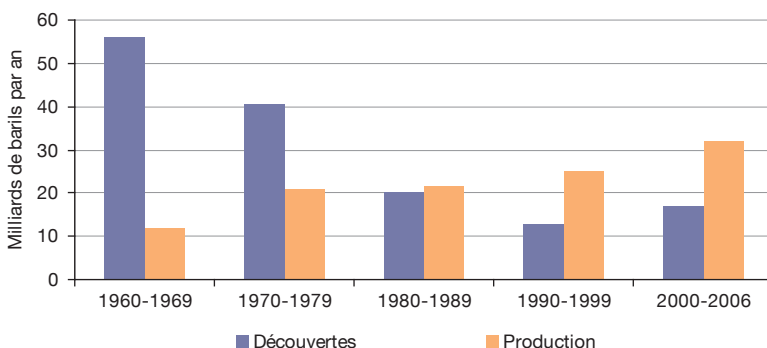
Source : AIE

Les groupes pétroliers comme les sous-traitants auront des difficultés à mettre en production suffisamment de puits alors même que le rythme des découvertes s'est considérablement ralenti depuis les années 1980 (voir graphique suivant). Les vastes champs qui ont jusque-là assuré la majeure partie de la production sont tous exploités et arrivent en fin de vie pour certains. En outre, la plupart des réserves se trouvant entre les mains des pays de l'OPEP, la dimension géopolitique des problèmes énergétiques ne doit pas être ignorée. Ainsi, les ressources pétrolières semblent suffisamment importantes pour répondre aux besoins des vingt prochaines années, à condition que la consommation soit raisonnée, et que les investissements accompagnent cette demande croissante.

[1] Le terme « 550 ppm » désigne la concentration en CO₂ dans l'atmosphère. D'après le GIEC, cette concentration correspondrait à une augmentation de la température moyenne de 3 °C, contre 2 °C dans le scénario à 450 ppm.

Les récentes découvertes de gisements importants au Brésil et l'exploitation relancée des champs pétroliers irakiens (jusqu'à 10 millions de barils par jour en 2020) repoussent l'échéance d'un « peak oil » mais la production effective de ces gisements n'interviendra pas avant 2020 (sauf pour les gisements irakiens déjà exploités).

Production et découvertes pétrolières



Source : AIE

Quelles alternatives au pétrole dans les transports ?

Il existe peu d'alternatives au pétrole. Trois sources d'énergie pourraient être mobilisées pour répondre aux besoins des transports :

- les agrocarburants ;
- la production de carburants liquides à partir du gaz naturel ou du charbon ;
- le recours à des véhicules hybrides (carburant et électricité).

Les agrocarburants

Les agrocarburants ne représentent aujourd'hui que 1,5 % de la demande mondiale en carburants, mais les différentes études prospectives leur font la part belle en raison d'un bilan carbone théoriquement bien plus faible que celui d'un carburant classique. L'AIE indique que limiter la hausse de la température moyenne à 2°C, comme préconisé par le GIEC, reviendrait à les développer massivement : leur production atteindrait 5,7 millions de barils par jour – soit 5 % de la demande des transports en 2030 – contre 2,7 millions dans le scénario de référence¹.

[1] AIE (2009), *World Energy Outlook 2009*.

Une inquiétude légitime porte sur les conséquences sur les marchés agricoles d'un développement à grande échelle de ces nouveaux carburants alternatifs. Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), en 2008, les cultures dites « énergétiques » occupaient 35,7 millions d'hectares, soit une augmentation de 34 % par rapport à 2007. Cette forte expansion pourrait avoir des conséquences importantes sur la disponibilité des terres arables à usage alimentaire et sur les prix des produits agricoles sur les marchés internationaux, même si le lien de cause à effet demeure mal connu et souvent contesté. La croissance potentielle de ces nouveaux carburants envisagée dans les différents scénarios prospectifs (AIE, FAO/OCDE, Dornburg *et al.*, etc.) pourrait conduire à une occupation des sols de 100 à 500 millions d'hectares selon le PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement), pour une fourchette de production entre 150 Mtep et 600 Mtep¹. À titre de comparaison, la surface mondiale des terres cultivées s'élève aujourd'hui à 1 562 millions d'hectares.

Le rapport du CAS sur les cessions d'actifs agricoles à des investisseurs étrangers dans les pays en développement² défend l'idée qu'il appartient au pays hôte de limiter ou d'encadrer la production d'agrocarburants s'il estime que la concurrence avec les cultures vivrières sur les meilleures terres est susceptible d'accroître la spéculation foncière et d'entraîner une augmentation des prix des produits alimentaires. À l'inverse, dans la lignée des conclusions du Rapporteur spécial de l'ONU pour le droit à l'alimentation, un pays pourrait choisir d'encourager ces plantations afin de développer une agriculture d'exportation aux retombées économiques positives, se conjuguant avec le développement de l'agriculture vivrière.

Enfin, le bilan environnemental des agrocarburants est loin d'être démontré. La production d'agrocarburants de première génération demande une quantité d'énergie qui surpasse souvent l'énergie du produit obtenu en sortie (à l'exception de l'éthanol du Brésil). Outre ce bilan énergétique peu favorable, les cultures énergétiques peuvent conduire à des émissions indirectes liées au changement d'affectation des terres et à la déforestation. Les carburants de seconde génération semblent bien plus prometteurs même si des cultures dédiées peuvent s'accompagner d'un déboisement.

[1] PNUE (2009), *Towards Sustainable Production and Use of Resources: Assessing Biofuels*.

[2] Centre d'analyse stratégique (2010), *Les cessions d'actifs agricoles à des investisseurs étrangers dans les pays en développement*, rapport du groupe de travail présidé par Michel Clavé, juin : www.strategie.gouv.fr/article.php?id_article=1196.

♥ Analyses de cycle de vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France

Si l'on ne tient pas compte des impacts du changement d'affectation des sols, les agrocarburants produits en France affichent des bilans d'émissions de gaz à effet de serre plus favorables que ceux des carburants fossiles traditionnels. Cependant, cette analyse du cycle de vie est très sensible à la nature des terres utilisées avant culture pour l'usage énergétique. La disparition de forêts, de tourbières, de prairies ou de zones humides pour le développement de cultures énergétiques compte pour des émissions indirectes détériorant ainsi le bilan carbone de ces nouveaux carburants.

Source : ADEME, février 2010

L'Union européenne a retenu un objectif de 10 % d'énergies renouvelables dans les transports à l'horizon 2020, notamment par le recours aux agrocarburants.

♥ Les carburants de troisième génération et l'aviation

Les algues (micro-algues ou plancton) apparaissent comme une solution d'avenir, mais nécessitent encore beaucoup de recherches. Elles ont un taux de croissance rapide (certaines espèces peuvent doubler leur biomasse en un jour) et une composition élevée en huile. Elles présentent l'intérêt d'avoir un rendement exceptionnel à la fois en temps (il est possible d'effectuer une récolte complète en quelques jours) et en masse. Mais le coût de production reste élevé, même s'il devrait décroître à mesure que le procédé s'industrialise. Les compagnies aériennes guidées par l'IATA prévoient d'intégrer 10 % de biocarburants dans la consommation de leurs flottes d'ici à 2017. Depuis février 2008, plusieurs vols utilisant un mélange agrocarburants/kérosène ont déjà eu lieu (Virgin, Air New Zealand, Japan Airlines).

Les carburants de synthèse

La production de carburants liquides à partir du gaz naturel ou du charbon peut être envisagée. Leur coût de production et de mise sur le marché reste trop élevé pour être concurrentiel par rapport aux carburants traditionnels. Les techniques de transformation de matières fossiles en carburants liquides sont bien connues : elles ont été utilisées en Allemagne pendant la Seconde Guerre mondiale, puis par l'Afrique du Sud suite aux sanctions internationales contre son régime d'apartheid. La technologie sud-africaine Sasol de gazéification du

charbon est aujourd'hui exportée en Inde, en Chine et aux États-Unis. Outre un coût encore élevé (environ 50 dollars par baril), ces techniques demandent d'importantes quantités d'eau (environ 6 litres pour 1 litre de carburant liquide), ce qui freine les velléités chinoises.

Le développement des véhicules électriques et hybrides

Le recours à des moteurs hybrides est un autre moyen de réduire les émissions de gaz à effet de serre des véhicules. Le terme « hybride » recouvre une grande variété de moteurs, tous associant un moteur à combustion, un dispositif de stockage de l'électricité, et un ou plusieurs moteurs électriques. Les moteurs électriques peuvent jouer un rôle plus ou moins important dans la propulsion du véhicule :

- le moteur à combustion peut être totalement coupé lorsque le véhicule est à l'arrêt; le véhicule hybride utilise alors la batterie pour relancer le moteur : c'est le « *stop & start* » ;
- le véhicule peut utiliser le moteur électrique lorsque la vitesse est réduite (le moteur à combustion étant peu efficace à vitesse réduite) ;
- un système permettant d'optimiser l'efficacité du véhicule hybride peut être utilisé : la batterie électrique fournit une énergie supplémentaire lorsque celle-ci est nécessaire, en phase d'accélération par exemple ;
- le moteur électrique peut être utilisé comme générateur d'énergie, notamment par la récupération de l'énergie de freinage ou de décélération.

Certaines des améliorations réalisées dans le domaine des véhicules particuliers et des bus pourraient s'étendre aux poids lourds. Le surcoût à l'achat, dû à l'hybridation, reste en revanche difficilement amortissable aujourd'hui. Les économies d'énergie et de CO₂ sont variables selon la répartition de la puissance et de l'énergie entre les deux sources d'énergie, et selon le mode d'utilisation : de 5 % pour le « micro-hybride »¹ jusqu'à 40 % pour le « full-hybride »² en usage urbain. L'efficacité du véhicule hybride se réduit comparativement au véhicule thermique au fur et à mesure que la vitesse moyenne du trajet augmente : cette technologie présente donc surtout de l'intérêt en milieu urbain.

Dans ces conditions, l'essence et le diesel resteront sans nul doute les combustibles majeurs pour le transport dans les trente prochaines années.

[1] *Micro-hybride* : véhicule assurant la première fonction de base de l'hybridation, c'est-à-dire le « *stop & start* », véhicule ayant un faible apport électrique.

[2] *Full-hybride* : véhicule disposant généralement de puissances thermique et électrique comparables, et assurant ainsi l'ensemble des fonctionnalités de l'hybridation.

Le déploiement dans le transport routier de véhicules à propulsion électrique, hybride, au gaz méthane issu de la biomasse ou au GNV reste marginal. Outre leur coût élevé lié à une production en faible quantité, des contraintes d'autonomie et d'approvisionnement en limitent l'utilisation en zone urbaine ou sur très courtes distances. Les avancées technologiques permettront cependant de réduire les coûts et d'élargir le marché.

La composition du bouquet électrique – électricité produite à partir de charbon comme en Chine ou à partir de sources nucléaires comme en France – conditionne l'avantage comparatif des futurs véhicules électriques ou hybrides par rapport aux moteurs à combustion traditionnels. Il en est de même pour le mode ferroviaire (par rapport au mode routier), où la teneur en carbone des marchandises transportées dépend en grande partie du carbone contenu dans un kWh.

3.2. Une prise de conscience environnementale

La prise de conscience mondiale des effets du changement climatique a débuté dans les années 1980 et s'est effectuée en plusieurs étapes :

- la naissance du concept de « développement durable » en 1987 ;
- la création du GIEC lors de la conférence de Toronto en 1988 ;
- l'adoption en 1992 à Rio de Janeiro de la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC), qui propose de surveiller les concentrations de gaz à effet de serre pour empêcher toute perturbation anthropique dangereuse pour le climat ;
- la signature du Protocole de Kyoto en 1997 (qui fournit des objectifs et des moyens pour mettre en œuvre la CCNUCC) et sa ratification en 2005 qui a permis son entrée en vigueur¹ ;
- la parution du quatrième rapport du GIEC en 2007 et l'attribution du prix Nobel de la paix à cet organisme la même année, peu avant la conférence de Bali.

La présence d'un grand nombre de chefs d'État à Copenhague en décembre 2009 a donné une nouvelle impulsion à cette prise de conscience. Il est trop tôt pour apprécier toutes les conséquences de cette conférence, qui a permis d'associer à la lutte mondiale contre le changement climatique les deux principaux pays émetteurs que sont la Chine et les États-Unis, mais qui, par certains aspects,

[1] L'accord ne pouvait entrer en vigueur qu'après avoir été ratifié par au moins 55 pays représentant au moins 55 % du total des émissions de 1990 par les pays développés.

a été décevante. Faute d'accord plus large et contraignant, la gouvernance mondiale qui s'est instaurée au Danemark conduit chaque État à fixer lui-même ses objectifs de réduction. Dès lors, il est probable que la CNUCCC ne fixera pas non plus d'objectif aux secteurs de l'aviation civile internationale et du transport maritime : il revient donc à l'OMI et à l'OACI de fixer leurs propres objectifs de réduction à 2020. Une autre solution pourrait consister en la fixation de ces objectifs par une instance telle que le G20.

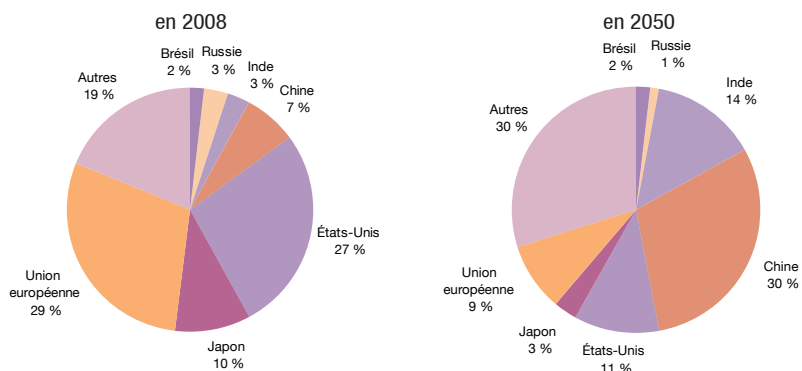
Cette prise de conscience environnementale est aussi perceptible dans les comportements des acteurs du transport ou des consommateurs, qui n'ont pas attendu un accord politique international abouti pour évoluer. La logistique urbaine change également, avec diverses tentatives de professionnalisation et de rationalisation.

3.3. Les économies émergentes transforment le commerce international

L'émergence de nouvelles puissances commerciales implique une augmentation des besoins, tant en denrées alimentaires qu'en matériaux de construction – pour le développement des infrastructures –, en produits manufacturés ou encore en ressources énergétiques.

Les derniers travaux du CEPII prévoient que la Chine pourrait avoir un poids encore plus important que celui envisagé par d'autres institutions économiques (Goldman Sachs annonce + 6 points en 2050 pour la part de la Chine dans l'économie mondiale). Alors que la Chine et l'Inde représentent aujourd'hui respectivement 7 % et 3 % de l'économie mondiale, cette contribution pourrait atteindre 30 % et 14 % d'ici à 2050 (contre 27 % pour les États-Unis et 29 % pour l'Union européenne). Cette nouvelle donne pourrait transformer le visage des flux commerciaux, dont l'évolution laissait présager une régionalisation accrue. En effet, contrairement à l'Europe et à l'Amérique, qui consomment des produits pour la plupart importés de pays limitrophes ou proches, les nouvelles puissances asiatiques semblent davantage enclines à commercer avec des partenaires lointains. Les pays émergents exportent avant tout vers ces grandes zones consommatrices que sont l'Amérique du Nord ou l'Europe. Mais la richesse des premiers devant converger vers celle des pays développés, rien ne dit que la Chine, la Corée ou l'Inde n'intensifieront pas leurs échanges dans la région. La carte des flux sera alors bien différente de celle d'aujourd'hui. Cette future organisation du commerce conditionnera les distances parcourues comme les modes choisis, paramètres déterminants des consommations énergétiques et des émissions du fret.

La contribution des pays à l'économie mondiale



Source : Fouré J., Bénassy-Quéré A. et Fontagné L. (2010), *The World Economy in 2050: A Tentative Picture, Rapport préliminaire*

4 ■ Les effets de la crise

4.1. Scénarios d'impact de la crise financière sur la croissance économique

Dès la fin 2007, une crise financière et économique mondiale sévère s'est déclenchée, perturbant fortement la plupart des indicateurs macroéconomiques. Selon les estimations du FMI, le PIB mondial a baissé d'environ 1,5 % en 2009. En cas de fléchissement conjoncturel, les volumes échangés connaissent généralement une diminution plus importante que celle du PIB, et les volumes de nombreux marchés nationaux de transport diminuent eux-mêmes davantage que les volumes des échanges internationaux. Les événements récents confirment cette observation. Selon le FMI, les échanges internationaux ont décliné de 11 % en 2009, et vont décroître de 0,6 % en 2010 (contre une hausse soutenue de 7,2 % en 2007 et 3,3 % en 2008)¹.

Une étude de l'OCDE et ITF² envisage trois scénarios pour décrire l'effet de cette crise sur la croissance économique :

- la crise est un « accident » et, une fois le secteur financier rétabli, le système économique mondial revient au fonctionnement et aux situations antérieures ;

[1] OCDE-FIT (2009), « Transport Outlook 2009 – Globalisation, Crisis and Transport », *Discussion Paper*, n° 2009/12, Joint Transport Research Centre, mai.

[2] OCDE-FIT (2009), *ibid.*

- la crise met fin au processus de globalisation, en raison à la fois des réponses économiques qui lui sont apportées et du caractère non soutenable de certaines évolutions antérieures : un nouveau système se met en place ;
- des ajustements sont réalisés pour faire face à la crise, notamment sur la balance commerciale mondiale.

Dans le cas où la crise serait un simple accident, elle entraînerait un retard de la croissance économique mondiale d'environ cinq ans. Mais ce scénario, impliquant un retour à la situation antérieure, semble peu probable. D'une part, les politiques mises en œuvre – mesures protectionnistes ou restrictions financières – empêchent le rétablissement du système précédent. D'autre part, la crise pourrait entraîner un rééquilibrage partiel des balances commerciales (par exemple la balance des échanges entre les États-Unis et la Chine) et la baisse des volumes échangés. Les exportations japonaises ont décliné de 49 % entre février 2008 et février 2009 ; pour les économies émergentes d'Europe de l'Est, le déclin des exportations est d'environ 40 %. Les pays fortement exportateurs, comme la Chine, doivent s'adapter à cette évolution, notamment par des stratégies de stimulation de la consommation nationale.

Sans être ni une simple inflexion ni un changement radical de modèle, l'impact de la crise se situe sans doute entre ces deux hypothèses. On peut s'attendre à une modération de la mondialisation, c'est-à-dire à une réduction des échanges mondiaux et donc des volumes transportés. Les coûts des carburants pourraient augmenter, entraînant une hausse des coûts du transport¹. La récession économique a de toute façon un effet immédiat sur les émissions de gaz à effet de serre : selon l'AIE, les émissions de CO₂ liées à l'énergie ont diminué de 3 % en 2009, soit la plus forte baisse depuis 40 ans. Toutefois, selon la même source, les émissions de GES reprendraient une trajectoire à la hausse dès 2010². L'impact à moyen-long terme de la crise financière et économique reste incertain : la baisse des investissements – reports ou abandons – réalisés par les industriels comme les particuliers pourrait entraîner une hausse des émissions de CO₂. S'agissant des énergies renouvelables par exemple, l'AIE estime que le recul des investissements pourrait être globalement de 38 %, sous réserve de l'impact des mesures incitatives déployées par certains gouvernements³. Les politiques

[1] Avec un baril de pétrole à 70 dollars, le carburant représente 32 % du coût du transport pour le fret aérien. Données Air France Cargo, octobre 2009.

[2] Le Du H. et Delalande D. (2009), « La crise : une chance pour le facteur 4 », *T&EC*, n° 204, décembre.

[3] Rapport préparé par l'AIE en vue du G8 réunissant les ministres de l'Énergie les 24 et 25 mai 2009 à Rome, intitulé *L'impact de la crise financière et économique sur les investissements liés à l'énergie*.

de relance sont donc particulièrement importantes pour éviter cette détérioration de l'intensité carbone et instaurer une croissance durable.

Par-delà ses effets sur le volume des échanges, la crise a révélé la nécessité d'évoluer vers un transport plus respectueux de l'environnement.

4.2. Impact sur le fret aérien

Le fret aérien est particulièrement sensible à la crise. Ainsi, les estimations pour 2009¹ font état d'une baisse du fret aérien de 13 %. Cet impact reflète la nature de la crise : les déséquilibres des balances commerciales sont révélés, la relation entre croissance économique et transport se modifie et la croissance devient sans doute moins intensive en transport. Cependant, pour les produits à haute densité de valeur que traite le mode aérien, le prix du transport ne représente qu'entre 1 % et 4 % du prix de vente final. Si le volume transporté se réduit, le transport aérien reste souvent pertinent sur ces segments de marché.

Les compagnies aériennes ont adapté leur offre en réduisant le nombre d'avions cargo et en utilisant davantage les soutes des appareils voyageurs. Chez Air France, la flotte est passée de 24 appareils tout cargo à 14, au lieu des 30 projetés avant la crise. L'utilisation des soutes de voyageurs par le fret a bondi de 30 % à 70 %². Ainsi, la crise pourrait avoir des effets positifs sur les émissions du fret aérien en entraînant une utilisation optimisée des appareils.

4.3. Impact sur le transport maritime

Le transport maritime est fortement lié au commerce international et à la croissance économique. La réduction des échanges mondiaux a entraîné dès 2009 une réduction des flottes de navires employés : en mai 2009, 10 % des porte-conteneurs étaient inactifs (1,1 million de TEU³), et en avril 2009, 314 vraquiers, soit environ 5 % du tonnage disponible, n'étaient pas utilisés. Cette inactivité incite les propriétaires à se débarrasser de leurs bateaux les plus anciens ou les moins intéressants économiquement. Leur valeur à la casse a ainsi chuté, passant de 750 dollars/Ldt⁴ à l'été 2008 à 250 dollars/Ldt en mai 2009. De nombreux propriétaires ont alors préféré retarder l'envoi de leurs navires à la ferraille. Det Norske Veritas estime qu'en mai 2009, les commandes pour 325 vraquiers, 47 tankers et 78 conteneurs ont été annulées

[1] OCDE-FIT (2009), *op. cit.*

[2] *Entretien de la mission avec Air France Cargo*, octobre 2009.

[3] TEU : *twenty-foot equivalent unit* (en français EVP, équivalent vingt pieds).

[4] Ldt pour *light displacement tonnage* ou la masse d'un navire sans chargement.

dans le monde. Si le retrait des navires les plus anciens est bénéfique en termes d'émissions de GES, la réduction du commerce a également pour conséquence de retarder les commandes de transports plus performants, et donc de freiner la pénétration sur le marché de navires plus efficaces. L'effet à long terme n'est pas forcément positif. En revanche, l'offre excédentaire permet une exploitation nouvelle : au prix de l'introduction d'unités additionnelles dans les lignes, la vitesse des navires est réduite. Les armateurs cherchent à diminuer leur budget de soutes, la consommation des navires étant proportionnelle au cube de leur vitesse. Par exemple, en introduisant un dixième navire dans une ligne « tour du monde » qui en faisait tourner neuf, la durée de transport passe de 27 à 30 jours mais la consommation d'énergie diminue de 30 %, avec pour effet une réduction notable des émissions de CO₂. La crise joue ainsi un rôle incitatif en faveur d'un transport maritime plus économe en énergie. Les politiques gouvernementales seront déterminantes pour infléchir l'incidence de la crise sur ce secteur.

La crise a donc modifié l'utilisation de la flotte mondiale mais son effet sur les volumes des échanges mondiaux et sur les niveaux d'activité maritime futurs reste incertain. La consommation de biens finis des pays développés pourrait se réduire, ce qui aurait un impact sur l'activité des navires conteneurs. En tout cas, la croissance du transport maritime sera retardée de quelques années.

À l'inverse, en Chine, la reprise de la croissance conduit ce pays à importer de plus en plus de charbon alors qu'il en exportait il y a quelques années. Les pays qui bénéficiaient de ces exportations doivent désormais s'approvisionner auprès de gisements plus lointains : ce transport vracier devrait donc être en hausse dans les prochaines années.

4.4. Impact sur le fret ferroviaire

Le premier semestre 2009 a vu une baisse de 26 % des activités de fret de la Deutsche Bahn (DB) par rapport à 2008. L'opérateur ferroviaire subit de plein fouet les effets de la crise et du ralentissement des échanges. Ses gros clients, dont l'industrie, le secteur automobile et la chimie, ont observé au cours des six premiers mois de l'année des baisses historiques de leurs ventes. Par conséquent, la DB a lancé un plan sur trois ans, baptisé « React 09 », pour améliorer la compétitivité de l'entreprise et réduire les coûts.

De manière comparable, en France, le trafic du fret a subi une chute de près de 30 % au premier semestre 2009. La crise accentue les difficultés structurelles de Fret SNCF, qui se traduisent par un recul constant depuis plusieurs années :

en particulier, le trafic de wagons isolés s'est effondré de plus de 50 % en trois ans (pour une part, il est vrai, du fait de l'abandon délibéré de marchés très déficitaires). La SNCF s'est donné trois ans pour redresser la situation, en menant une réforme organisée autour de sujets clés comme le transport combiné portuaire, les autoroutes ferroviaires, le fret à grande vitesse et le développement du réseau orienté fret.

Conclusion

Compte tenu de l'incertitude qui règne sur l'ampleur et la durée de la crise économique, il est difficile de déterminer si l'impact se « limitera » à un retard de croissance de cinq ans, ou bien si ce retard s'accompagnera d'une modification substantielle de la nature des échanges commerciaux mondiaux.

Alors que les émissions de CO₂ provenant des combustibles fossiles ont augmenté de 3,6 % par an entre 2000 et 2007, la crise a ralenti cette augmentation, qui n'a été que de 2 % en 2008¹. En 2009, les émissions pourraient redescendre à un niveau comparable à celui de 2007, avant de repartir à la hausse en 2011 : l'effet de la crise serait donc bien un retard de croissance de quelques années.

Mais l'effet de la récession à moyen-long terme est ambigu. Si le ralentissement économique freine les émissions de gaz à effet de serre, les incitations à investir dans des technologies plus efficaces pourraient être compromises. Les politiques de relance sont donc cruciales pour éviter ces effets négatifs de la crise. Celle-ci relance le débat sur les fondamentaux de l'économie moderne : l'actualité environnementale permettrait alors de donner un nouveau visage à la croissance, une croissance dite « verte ». Il s'agit donc de mettre en place des mesures évitant les effets négatifs en termes d'émissions et d'accélérer la transition vers une économie plus respectueuse de l'environnement et une croissance durable.

[1] Site Internet www.notre-planete.info. Données de l'étude publiée par la revue *Nature Geoscience*, « Trends in the sources and sinks of carbon dioxide », partiellement soutenue par le projet européen CARBOOCEAN.

Prévisions et projections aux horizons 2030 et 2050

Pour identifier les principaux éléments de la contribution du transport de fret aux émissions de GES à l'échelle mondiale et préconiser les actions à mettre en œuvre pour la diminuer, une vision prospective est indispensable : le phénomène du changement climatique est un processus cumulatif dont les causes et les effets s'apprécient à l'horizon de la fin de ce siècle. Les mesures pour limiter à 2 °C la hausse moyenne des températures en 2100 ne pourront prendre effet que progressivement.

Notre groupe n'a pas les moyens d'élaborer à lui seul une prospective mondiale (économique mais aussi démographique, géopolitique, etc.) sur laquelle caler les réflexions propres au champ des transports de marchandises. Nous nous sommes donc efforcés de prendre connaissance des travaux déjà disponibles et, dans la mesure où ils nous ont semblé pertinents, d'en résumer les résultats en lien avec notre propos. Cinq sources principales sont ici utilisées : les travaux de la Commission européenne d'une part, avec à la fois un exercice de projection des transports européens à l'horizon 2030 et une prospective présentant différents scénarios d'évolution à l'horizon 2050 ; des travaux à l'échelle mondiale, d'autre part. L'avenir du transport maritime est exploré par l'OMI, celui du transport aérien dans une étude commandée par la Commission européenne (CONSAVE), enfin celui des modes terrestres (routier et rail) par un *think tank* international émanant des milieux industriels (le WBCSD : World Business Council for Sustainable Development). Nous tâcherons d'assembler ces éléments, en dépit de leur caractère parfois hétérogène, pour établir une vision d'ensemble des transports de fret à long terme, couvrant à la fois toutes les régions du globe et tous les moyens de transport. Soulignons qu'à notre connaissance une telle vision n'existe pas dans la littérature disponible.

Les principales étapes de ce travail sont les suivantes :

1. recueil et rapprochement critique des projections macroéconomiques, inscrites dans des scénarios contrastés reflétant des hypothèses normatives

portant souvent, dans les documents identifiés, sur le caractère ouvert ou cloisonné de l'économie mondiale d'une part, sur l'existence ou non d'une certaine gouvernance mondiale en matière de développement durable d'autre part. Ces hypothèses nous semblent-elles pertinentes ? Sont-elles compatibles d'un exercice prospectif à l'autre ? Pouvons-nous alors assembler les résultats dans un tableau d'ensemble relativement juste et cohérent ?

2. passage des projections économiques aux projections en transport (mesuré en tonnes-kilomètres) : analyse critique de cette phase ;
3. passage du volume de transport au volume des émissions de GES. On examinera notamment si les projections effectuées par les uns ou les autres incluent des mesures de réduction des GES ou sont « au fil de l'eau » (« *business as usual* » ou BAU, dans la littérature anglophone), et si elles quantifient les effets des mesures de réduction ;
4. appréciation des marges de progrès les plus importantes et les plus accessibles, quantification des effets de mesures de réduction des GES émis par l'activité de transport de fret ;
5. confrontation des résultats aux objectifs internationaux couramment admis (même si la récente conférence de Copenhague ne les a pas ratifiés) d'un « facteur 2 » à l'échelle mondiale à l'horizon 2050 ;
6. commentaire de ces résultats, recommandations aux autorités responsables.

Ce travail sera effectué à deux reprises. Dans un premier temps, nous traiterons la dimension mondiale, en focalisant donc sur le transport maritime et le transport aérien, de compétence internationale, alors que les transports terrestres n'entrent pas comme tels dans les négociations internationales. Dans un deuxième temps, l'analyse se concentrera sur la situation en Europe, où tous les modes seront pris en compte. Les recommandations politiques se répartiront entre ces deux registres.

À part le *World Energy Outlook* de l'Agence internationale de l'énergie, il n'existe aucune synthèse des travaux prospectifs regroupant la totalité des secteurs. Chaque organisation ou centre de recherche se concentre sur un mode en particulier : il est difficile alors d'avoir une photographie d'ensemble de l'évolution des contributions des différents secteurs. Les études sectorielles retenues par le

groupe de travail ont pour la plupart repris les hypothèses macroéconomiques du GIEC¹, ce qui assure un socle homogène.

1 ■ Projections mondiales d'évolution de la demande de transport

1.1. Les scénarios mondiaux d'émissions du GIEC

Le GIEC propose quatre grandes familles de scénarios d'évolution de la société, et donc des émissions de gaz à effet de serre, à l'horizon 2100. Ces scénarios décrivent un éventail de caractéristiques clés – évolutions démographiques, économiques, technologiques –, observées à l'échelle mondiale. Ces trois variables sont, selon le GIEC, les principales forces motrices des futures trajectoires des gaz à effet de serre. Les scénarios recouvrent une fourchette large de niveaux d'activité économique, par exemple, avec un produit mondial brut 10 fois plus élevé en 2100 qu'aujourd'hui dans le plus modeste des scénarios, et 26 fois dans le plus élevé, ce qui correspond à une croissance annuelle moyenne mondiale comprise entre 2,6 % et 3,7 %. Notons que tous les scénarios décrivent des avenir plus prospères qu'aujourd'hui (la décroissance n'est pas envisagée par le GIEC).

Les quatre scénarios sont bâtis à partir du croisement de caractéristiques géopolitiques et sociétales. Les scénarios A représentent un monde où le développement économique est prépondérant, alors que les scénarios B privilégient un développement viable écologiquement ; les scénarios 1 mettent l'accent sur la mondialisation, tandis que les scénarios 2 sont plus axés sur un développement régional. Le croisement de ces deux axes aboutit à la construction des scénarios suivants :

- *scénario A1* : croissance économique rapide, introduction de nouvelles technologies plus efficaces, réduction des différences régionales dans le revenu par habitant ;
- *scénario A2* : monde très hétérogène, autosuffisance et préservation des identités locales, développement économique principalement régional, évolution technologique plus lente ;
- *scénario B1* : changements rapides dans les structures économiques vers une économie des services et de l'information, introduction de technologies propres, accent porté sur des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique, sociale et environnementale ;

[1] GIEC (2009), *Scénarios d'émissions*.

- *scénario B2* : accent mis sur des solutions locales dans le sens de la viabilité économique, sociale et environnementale, protection de l’environnement et équité sociale, s’appuyant sur les niveaux locaux et régionaux.

Les groupes de scénarios recouvrent des fourchettes d’émissions larges et qui s’amplifient avec le temps, après 2050 notamment. La diminution des émissions est la plus rapide dans le scénario B1. Les émissions cumulées totales de carbone de toutes sources varient pour 2100 entre 770 et 2 540 GtC.

1.2. Le secteur maritime

L’OMI, l’organisation en charge de la régulation des émissions du secteur maritime, a envisagé plusieurs scénarios d’évolution du transport de fret maritime à horizon 2050 à partir de ceux du GIEC, guidés par deux tendances majeures : une mondialisation *versus* une polarisation du commerce extérieur, et des valeurs environnementales *versus* des valeurs économiques. Ces scénarios sont présentés dans le tableau suivant.

Les scénarios de l’OMI (à partir des scénarios du GIEC)

	Mondialisation	Polarisation
Valeurs économiques	<i>Scénario A1</i> : économie globalisée en forte croissance, diffusion rapide de nouvelles technologies et convergence des revenus entre régions. Variantes selon les sources d’énergie utilisées par les nouvelles technologies (plus ou moins fossiles : A1F, A1T, A1B).	<i>Scénario A2</i> : développement économique régional.
Valeurs environnementales	<i>Scénario B1</i> : économie mondialisée essentiellement tournée vers les services et avec un fort développement des technologies propres.	<i>Scénario B2</i> : société tournée vers la régionalisation, souci d’un équilibre soutenable entre économie, société et environnement.

Source : OMI

L’OMI a réalisé des projections de la demande de transport maritime à l’horizon 2050 à partir de l’identification de trois variables clés dans l’évolution des émissions de ce secteur : l’économie (demande du transport maritime), l’efficacité des moyens de transport et l’énergie (teneur en carbone du

carburant)¹. Les projections des tonnes-kilomètres ont été ventilées selon trois modes de transport maritime, en tenant compte du caractère plus ou moins local de l'économie du scénario considéré² : transport intercontinental, cabotage (surtout utilisé pour les vracs) et porte-conteneurs (concernant davantage les produits manufacturés).

♥ **Projections à horizon 2020 et 2050 des tonnes-kilomètres maritimes selon une étude de l'OMI (2007 = 100)**

2050	A1B	A1F	A1T	A2	B1	B2
Maritime intercontinental	245	245	245	190	185	155
Cabotage	245	250	245	215	185	185
Conteneurs	900	875	905	645	615	525
Moyenne, tous navires	402	397	403	302	288	247
2020	A1B	A1F	A1T	A2	B1	B2
Maritime intercontinental	131	131	131	121	120	114
Cabotage	131	132	131	126	120	120
Conteneurs	194	193	195	176	173	165
Moyenne, tous navires	146	146	146	135	133	127

Source : OMI

Ces scénarios envisagent une amélioration technique des navires et un choix rationnel des carburants. Dans ces scénarios, il n'existe aucun mécanisme de marché explicite sur la consommation ou les émissions : les gains d'efficacité

[1] La demande de transport maritime est l'une des principales variables explicatives des émissions de CO₂. Elle dépend notamment du commerce, de la localisation des usines, de la consommation de matériaux, des nouvelles routes commerciales, etc. Il existe un lien historique fort entre les tonnes-kilomètres parcourues et la croissance du PIB. Afin d'affiner les résultats obtenus sur les émissions maritimes, le modèle distingue trois types de navires. À chaque type seront associées une consommation, et donc des émissions. La demande de transport dans cette étude a été déterminée en faisant la moyenne de deux méthodologies :

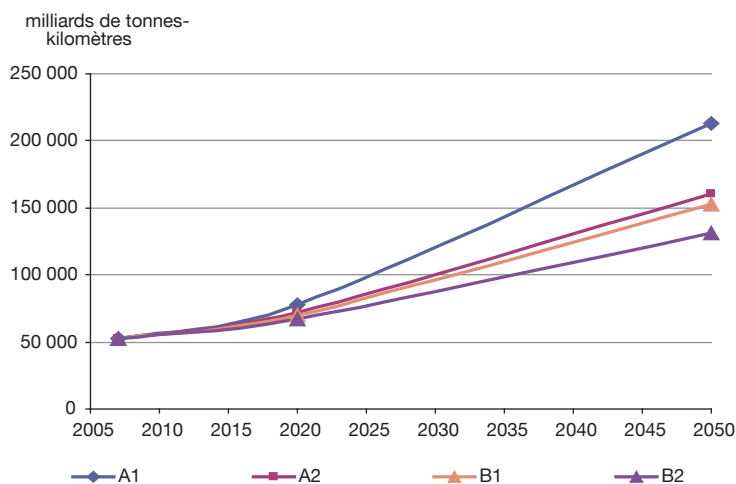
- la demande de transport est corrélée au PIB. La répartition entre modes se fait ensuite selon le degré de régionalisation ;
- les tonnes-kilomètres transportées par containers sont fortement corrélées au PIB. La demande pour les autres modes dérive de variables comme la population, ainsi que des nouvelles voies commerciales ou des reports modaux.

Le PIB mondial a été choisi pour chaque scénario d'après l'étude de l'OPRF [Ocean Policy Research Foundation].

[2] Il a fallu également tenir compte de l'évolution historique de ces modes, même si celle des porte-conteneurs semble devoir ralentir : depuis vingt ans, la capacité de la flotte augmente de 10 % par an, une progression peu probable sur le long terme.

reflètent donc les mesures les plus pertinentes économiquement selon leur coût. Le modèle choisit le carburant selon son coût relatif. L'utilisation de nombreux carburants alternatifs est envisagée ici, à l'exception des agrocarburants (la régulation des émissions dans les pays induit une consommation complète de leur production pour le transport terrestre).

Projections du trafic du secteur maritime en 2050



Source : OMI

Les prévisions de l'OMI indiquent que les tonnes-kilomètres transportées par mer devraient être multipliées par un facteur de 1,3 à 1,5 en 2020 et par un facteur de 2,5 à 4 d'ici à 2050¹, comparées à leur niveau en 2007. L'OMI mentionne qu'en l'absence de politique globale de contrôle des émissions de GES du secteur maritime, ces dernières pourraient augmenter de 150 % à 250 % d'ici à 2050².

Selon l'OMI, pour aller plus loin dans la réduction des émissions et au-delà de la projection basse des émissions, le secteur doit opérer un changement radical :

- en découplant plus fortement la demande en transport et la croissance économique (la demande en transport constituant l'élément central dans la détermination des émissions futures du secteur) ;

[1] OMI (2008), *Input to the FCCC/AWGLCA/2008/16 – The Assembly document*.

[2] OMI (2009), *Second IMO GHG study 2009*, Londres, avril.

- en ayant une croissance économique moindre (solution peu acceptable) ;
- en s'adaptant à un monde où les ressources en hydrocarbures se feront de plus en plus rares, accentuant ainsi la pression sur le déploiement de nouvelles technologies ;
- en développant des technologies innovantes.

1.3. Le secteur aérien

Plusieurs études tentent de définir les volumes transportés par l'aviation ainsi que les émissions de CO₂ à différents horizons (*voir figure suivante*). L'étude CONSAVE¹ financée par la Commission européenne porte sur l'avenir du secteur et sur les retombées en termes d'émissions. Elle envisage quatre scénarios :

Unlimited Skies

La demande de transport aérien est très forte et sera limitée par les besoins en infrastructures.

Variables macroéconomiques et énergétiques du GIEC : A1

Fractured World

Le commerce se régionalise. Les vols internationaux se font moins fréquents. L'élasticité de la demande de transport au PIB est plus faible que dans le premier scénario.

Variables macroéconomiques et énergétiques du GIEC : A2

Regulatory Push and Pull

La demande de transport est la même que dans le premier scénario. Cependant, celui-ci est contraint par une forte régulation environnementale : les émissions sont limitées, et un mécanisme de marché est mis en œuvre.

Variables macroéconomiques et énergétiques du GIEC : A1

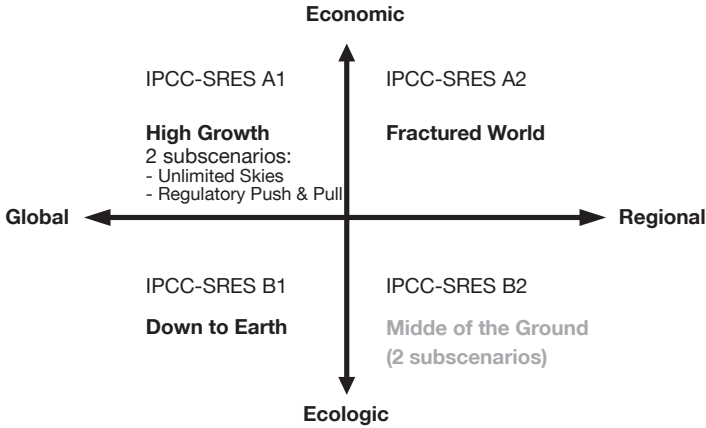
Down to Earth

Il y a un complet découplage entre le transport aérien et la croissance du PIB en raison d'un changement radical des modes de consommation.

Variables macroéconomiques et énergétiques du GIEC : B1

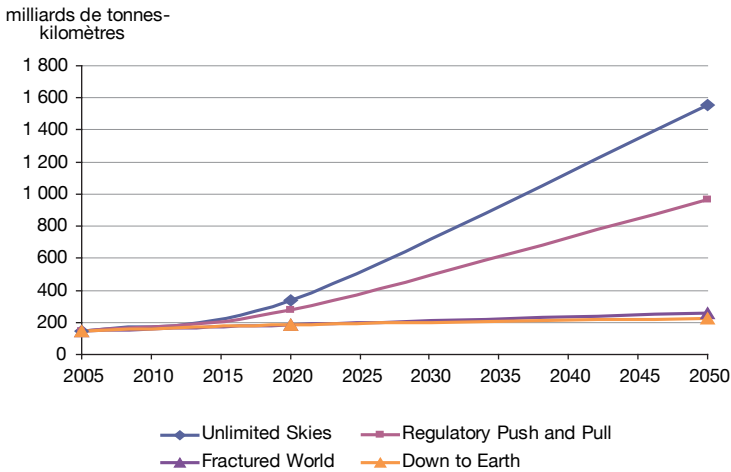
[1] CONSAVE 2050 [2006], *Constrained Scenarios on Aviation and Emissions*, juillet.

Scénarios de CONSAVE selon deux axes



Source : CONSAVE

Projections du trafic du secteur aérien à l'horizon 2050



Source : CONSAVE

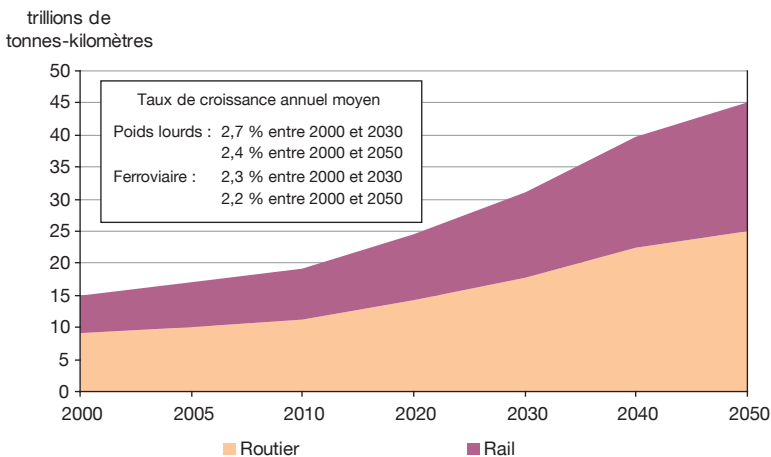
Les différentes hypothèses macroéconomiques conduisent à des scénarios de demande extrêmement contrastés, puisque le trafic pourrait varier d'un facteur 1 à 10 à l'horizon 2050. Ce secteur est ainsi plus sensible que les autres à

l'environnement économique : croissance du PIB mondial, libéralisation, spécialisation, etc.

1.4. Les transports terrestres

Les transports routier et ferroviaire sont principalement utilisés à l'échelle d'un continent. S'attachant davantage à la vision internationale du fret, ces scénarios ne tiennent pas compte des inflexions possibles des tendances pour les modes routier et ferroviaire : chaque scénario de cette étude reprendra donc les projections tendancielle des consommations et émissions du WBCSD (World Business Council for Sustainable Development)¹.

Évolution du transport terrestre (routier et ferroviaire)



1.5. Agrégation de l'ensemble des secteurs

À partir de ces projections par modes, il est possible d'établir une vision agrégée des prévisions pour l'ensemble des transports à l'échelle mondiale. Les trois scénarios envisagés, construits à partir du rapprochement des scénarios maritimes et aériens, sont les suivants :

- *Tendanciel* : ce monde se caractérise par une ouverture des frontières commerciales, un prolongement des tendances et un poids important

[1] WBCSD (2004), *Mobility 2030: Meeting the Challenges to Sustainability, The Sustainable Mobility Project.*

des valeurs économiques. Les seules contraintes sont celles des infrastructures.

Maritime : A1, Aviation : *Unlimited Skies*

- *Polarisation* : le commerce se refond en grands marchés régionaux, tournés davantage vers l'économie que vers l'environnement.

Maritime : A2, Aviation : *Fractured World*

- *Nouvelle mondialisation* : les échanges commerciaux sont loin d'être remis en cause, mais les valeurs environnementales y prédominent, ouvrant la voie vers de nouveaux modes de consommation et des technologies plus propres, qui compte tenu de l'ouverture des marchés, circulent et se développent rapidement partout dans le monde.

Maritime : B1, Aviation : *Down to Earth*¹.

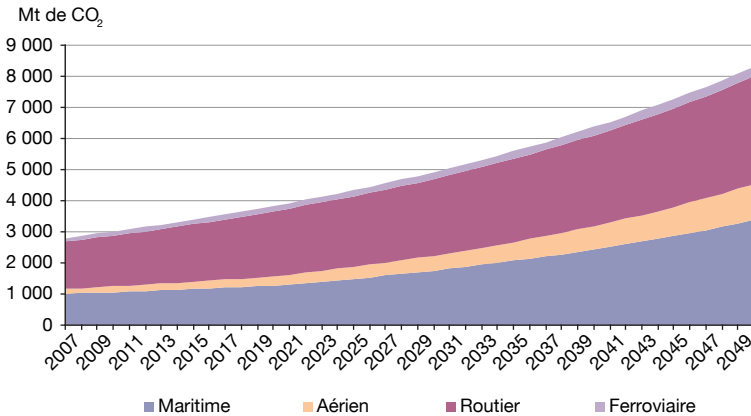
Le scénario tendanciel

Alors qu'aujourd'hui les émissions du transport de marchandises s'élèvent à 2,8 Gt de CO₂, elles pourraient presque tripler à l'horizon 2050 et atteindre plus de 8 Gt. Les résultats obtenus en termes d'émissions de CO₂ (*voir graphique suivant*) indiquent que dans un scénario tendanciel, le maritime et le routier sont les deux postes d'émissions les plus importants, suivis de très près par le fret aérien. Le mode ferroviaire reste marginal. Si l'on considère que le pétrole restera la seule réponse possible, les besoins pétroliers seront de l'ordre de 2 500 Mtep en 2050, soit 50 millions de barils par jour (65 % de la production actuelle).

Dans le cas précis où les échanges commerciaux ne connaîtraient aucune inflexion et où aucun saut technologique ne serait attendu, les émissions de dioxyde de carbone pourraient presque tripler. Ce scénario servira de référence dans l'estimation des impacts des politiques et mesures envisagées dans notre rapport.

[1] Commission européenne [2009], *TRANSvisions*, DG TREN, mars.

Les émissions de CO₂ par modes



Source : Centre d'analyse stratégique à partir des analyses du WBCSD, de l'OMI et de l'étude CONSAVE

2 ■ Projections européennes d'évolution de la demande de transport

À la suite des travaux menés dans le cadre de la parution en 2001 du Livre blanc sur la politique européenne des transports, et de sa révision en 2006, la Commission européenne a lancé un vaste chantier de réflexion sur l'avenir durable des transports. L'étude « TRANSvisions »¹ s'inscrit dans ce cadre en proposant une vision à moyen et long terme (20 et 40 ans) de la demande en mobilité et en marchandises transportées ainsi que des scénarios envisageables pour un transport à faibles émissions de carbone.

La Commission européenne propose des projections d'évolution de la demande et de la consommation énergétiques à l'horizon 2050 en Europe, en deux temps. Pour la modélisation à l'horizon 2020 et 2030, le modèle extrapole les tendances passées et présentes en s'appuyant sur des facteurs démographiques, économiques, sociétaux, sur les prévisions d'évolution des infrastructures de transport, ainsi que sur les politiques et mesures déjà envisagées. Cette référence est complétée par deux autres scénarios :

- *Forte croissance* ou *Croissance durable* : l'Europe accorderait ici une importance particulière à la croissance économique et au développement

[1] Commission européenne [2009], *TRANSvisions*, DG TREN, mars.

des infrastructures mais également à des considérations d'ordre social et environnemental. Les coûts de transport se trouveraient alors plus élevés que ceux du scénario de référence et les efforts de recherche et développement seraient accrus ;

- *Faible croissance* : ce scénario se caractérise par une faible croissance économique et une diminution de la population européenne. Les coûts de l'énergie sont ici très élevés.

♥ Valeurs des hypothèses macroéconomiques

	Référence 2020	Référence 2030	Forte croissance 2030	Faible croissance 2030
Taux de croissance du PIB par an par rapport à 2005	2,2 %	1,9 %	2,3 %	0,7 %
Augmentation du PIB par rapport au PIB de 2005	38,6 %	61,4 %	77,4 %	20,1 %
Population	+ 1,2 %	+ 0,8 %	8,5 %	- 5,5 %
Prix du baril de pétrole [\$/bl]	59	70	84	84

Source : Commission européenne (2009), DG TREN, « TRANSvisions »

Dans un deuxième temps, la Commission européenne a constitué, suivant une démarche dite de « backcasting », des scénarios à 2050, calés en 2030 sur les projections précédemment évoquées. Ils accordent une importance toute particulière à la prise en compte du changement climatique ainsi qu'aux préoccupations de sécurité énergétique. La différenciation se fait selon deux axes d'incertitude : la croissance économique et le bien-être de la population, ce qui donne naissance à quatre scénarios. Cette méthodologie permet d'imaginer quatre mondes en 2050 – respectant une division des émissions du transport par un facteur 2 – et d'en déduire les politiques nécessaires à l'obtention des quatre trajectoires d'émissions correspondantes. Cette étude présente aussi un scénario de référence à 2050, s'appuyant sur une extrapolation du scénario Référence 2030.

Les résultats en tonnes-kilomètres

		Total	Route	%	Rail	%	Mer/ Fluvial*	%
2005		3 683	1 711	46,4 %	447	12,1 %	1 525	41,4 %
2020	Référence	4 930	2 063	41,8 %	644	13,1 %	2 223	45,1 %
	Faible croissance	4 244	1 730	40,8 %	564	13,3 %	1 950	45,9 %
	Forte croissance	5 181	2 136	41,2 %	692	13,4 %	2 352	45,4 %
2030	Référence	5 883	2 442	41,5 %	796	13,5 %	2 645	45,0 %
	Faible croissance	4 463	1 806	40,5 %	595	13,3 %	2 062	46,2 %
	Forte croissance	6 352	2 596	40,9 %	894	14,1 %	2 862	45,1 %
2050	Référence	6 983	2 812	40,3 %	1 222	17,5 %	2 949	42,2 %

*Mer/Fluvial : transport domestique et intra-européen.

Source : Commission européenne (2009), DG TREN, « TRANSvisions »

2.1. Le routier reste le mode dominant

Dans cette optique volontariste, les scénarios conduisent à un recul de la part modale du routier, qui passerait de 46 % en 2005 à 40 % en 2050. Dans ce schéma, le fret routier, particulièrement compétitif, profiterait bien plus vite des innovations technologiques : autrement dit, les gains d'efficacité semblent moins coûteux dans ce secteur que dans d'autres. Dans le même temps, le fret ferroviaire progresserait nettement : sa part de marché passerait de 12 % en 2005 à 14 % en 2030 et 17 % en 2050.

2.2. L'Europe reste une plaque tournante : les échanges extra-européens et à longue distance intra-européens gagnent en importance

Une analyse plus précise de l'évolution des flux dans le scénario de référence montre l'importance croissante des importations et exportations. Les marchandises transportées par route ou rail au-delà des frontières européennes augmenteraient de 3,3 % par an de 2005 à 2030 (en tonnes-kilomètres), contre une moyenne de 1,6 % pour l'ensemble des volumes. Le maritime étant exclu des projections de ce tableau, ce taux de croissance est largement sous-estimé. Ces perspectives mettent en évidence, d'une part, l'enjeu de la desserte des grands

ports maritimes, interfaces entre l'Europe et le reste du monde ; d'autre part, la possibilité d'un report modal plus efficace dès lors qu'une portion croissante des flux s'effectuerait sur de longues distances et de manière concentrée sur quelques corridors.

La forte augmentation des échanges extra-européens, souvent plus importante que la croissance du PIB européen, trouve sa source dans la poursuite du phénomène de mondialisation mais également dans une plus grande intégration régionale de l'Europe.

Les déplacements de plus courte distance (régionaux et domestiques) ont un taux de croissance bien plus faible, voire négatif, ce qui contredit en partie les scénarios de re-régionalisation économique souvent explorés.

Projections des flux de transport de fret par classes de distance (maritime et fluvial exclus)

(en milliards de tonnes-kilomètres)

	<i>Domestique</i>	<i>Total intra-UE</i>	<i>Extra-UE*</i>	<i>Total</i>
2005	605	1 640	518	2 158
2030	558	2 072	1 166	3 238
Taux de croissance annuel	- 0,3 %	0,9 %	3,3 %	1,6 %

* Déplacement entre l'Europe et le reste du monde.

Source : Commission européenne (2009), DG TREN, « TRANSvisions »

2.3. Des améliorations technologiques non négligeables

Chaque mode de transport devrait connaître des améliorations technologiques importantes. Le scénario « Forte croissance » est néanmoins celui qui verra la réduction des teneurs en carbone la plus drastique. En effet, si la vision mondialisée de l'Europe entraîne des flux importants de marchandises, les mécanismes de marché poussent à l'innovation et au développement de nouvelles technologies.

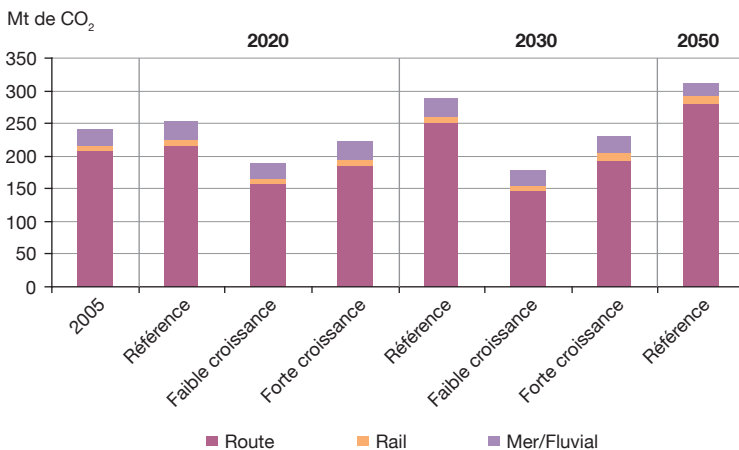
♥ Réduction par modes

		2020			2030			2050
		Réf.	Faible croissance	Forte croissance	Réf.	Faible croissance	Forte croissance	Réf.
Camions	Émissions par km	3 %	16 %	20 %	5 %	25 %	31 %	8 %
Rail	Énergie par km	13 %	11 %	15 %	22 %	18 %	26 %	40 %
Bateaux	Énergie par km	16 %	13 %	19 %	27 %	22 %	32 %	49 %


Source : Commission européenne (2009), DG TREN, « TRANSvisions »

Le Centre d'analyse stratégique a estimé les émissions du seul transport de marchandises en Europe à horizon 2020, 2030 et 2050 d'après ces hypothèses. Les émissions augmenteraient de 30 % à l'horizon 2050. On est certes loin du facteur 4 préconisé par le GIEC pour les pays développés mais les résultats montrent que les politiques européennes envisagées seraient suffisamment contraignantes pour prévenir un triplement des émissions mondiales, comme attendu dans un scénario « *Business as usual* ».

♥ Émissions pour les scénarios « Référence »



Source : CAS



Sur quels modes et par quels moyens agir pour réduire efficacement les émissions de GES ?

1 ■ Marges de réduction des émissions de GES

1.1. Le secteur routier

Le mode routier est prépondérant pour le transport de fret en Europe, et le restera à horizon 2030 et 2050 selon les prévisions réalisées en Europe. Il s'agit donc de poursuivre les efforts pour réduire les niveaux d'émissions de ce mode de transport. De nombreux travaux ont déjà été réalisés, des progrès récents ont été effectués, les marges de manœuvre immédiates sont probablement réduites, au moins en Europe. Mais l'importance du volume concerné oblige à poursuivre et à accroître les efforts. Les pistes sont connues : il s'agit de combiner les effets de mesures technologiques, organisationnelles, réglementaires et économiques.

Le rapport Savy-Daude de la commission Abraham¹ a exploré les différentes mesures susceptibles de réduire les émissions de gaz à effet de serre du mode routier et en a évalué le potentiel de réduction. Ces mesures peuvent être regroupées en trois ensembles :

- mesures pouvant être mises en œuvre à court terme, souvent au niveau européen : mesures portant sur l'efficacité du véhicule et de ses composants, développement des véhicules hybrides, mesures de sensibilisation (des consommateurs, des acteurs de la logistique) et de formation (des conducteurs), extension et renforcement des accords volontaires avec les constructeurs automobiles et des normes réglementaires. Le potentiel est ici de 20 % à 30 % de réduction des émissions de CO₂ à horizon 2025 ;

[1] Savy M. et Daude C. (2008), « Transport routier de marchandises et gaz à effet de serre », in *Pour une régulation durable du transport routier de marchandises*, vol. 2, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française, novembre, p. 375-466.

- mesures sur lesquelles les efforts doivent porter dès aujourd'hui mais dont les effets ne seront visibles qu'à long terme : politiques d'aménagement du territoire, développement des modes alternatifs à la route partout où ils sont pertinents, développement des carburants alternatifs, mesures portant sur la logistique afin d'optimiser les flux de transport. Le potentiel de gain est de 25 % à 35 % sur les émissions de CO₂ à l'horizon 2025 ;
- mesures non cumulables entre elles, liées à la fiscalité sur les carburants et à la tarification des infrastructures routières : mise en place d'un marché de quotas d'émissions dans le secteur du fret, extension pour l'Union européenne du secteur ETS aux carburants (importés ou produits)¹, instauration d'une taxe spécifique sur le carbone, hausse de la TIPP, tarification de l'usage de l'infrastructure routière, modulation des péages selon des critères environnementaux. Si les deux premiers paquets de mesures décrivent un potentiel de réduction, ce troisième paquet correspond aux instruments économiques destinés à le traduire dans la réalité. L'impact sur les émissions de CO₂ n'est pas mesurable de façon directe, mais en tout état de cause contribuera à accélérer la mise en œuvre des mesures des deux groupes précédents. L'instauration rapide d'un signal-prix, traduisant la valeur de la tonne-carbone permettant de respecter les objectifs européens de réduction de gaz à effet de serre à l'horizon 2020, serait en ce sens particulièrement souhaitable.

L'ensemble de ces mesures, leurs conditions de mise en œuvre et leurs effets sur les émissions de CO₂ sont décrits plus précisément dans le rapport cité. Au total, la réduction des émissions permise par l'ensemble de ces mesures, technologiques, organisationnelles et économiques, pourrait être comprise entre 40 % et 60 % à l'horizon 2025. Elles aboutissent donc à se placer sur une trajectoire permettant d'atteindre une réduction par un facteur 2 des émissions de CO₂ du secteur routier à l'horizon 2050.

Par ailleurs, quelques mesures spécifiques font l'objet de discussions et d'attentions particulières. L'augmentation des capacités de chargement des véhicules, c'est-à-dire le passage aux 44 tonnes de PTAC (poids total autorisé en charge) et la circulation des véhicules modulaires de grande longueur (25,25 m), en fait partie. L'augmentation de la capacité d'emport conduit mathématiquement, toutes choses égales par ailleurs, à un meilleur rapport de la charge utile sur

[1] *Emissions Trading Scheme* : ce marché permet aux entreprises dépassant leur plafond d'émissions de gaz à effet de serre d'acheter des « quotas » auprès d'entreprises plus performantes, en ligne avec les objectifs européens de réduction de ces émissions. En l'état, ce marché ne concerne que les installations industrielles au-delà d'une certaine taille et non l'ensemble des combustibles fossiles.

le poids total de chaque véhicule et à une réduction du nombre de véhicules en circulation, et donc à une réduction des émissions de gaz à effet de serre. En revanche, l'autorisation de tels véhicules pourrait aggraver le manque de compétitivité des modes non routiers, et créer un report modal supplémentaire vers la route, avec un bilan négatif en termes d'émissions. De plus, les effets sur la circulation routière, en particulier en matière de sécurité, et sur la voirie restent à préciser. Une étude menée par le Commissariat général au développement durable¹ semble montrer que la hausse du trafic routier liée au report modal entraîné par la généralisation du 44 tonnes serait relativement faible et que la baisse du trafic due à l'effet volume serait quatre fois supérieure aux effets cumulés du report modal et de l'induction de trafic. Cette autorisation pourrait donc être positive, à condition que ces véhicules ne concurrencent pas les modes non routiers sur des axes où ils sont particulièrement pertinents, et à condition d'étudier plus précisément l'effet sur la desserte et l'accessibilité du territoire. Si, comme aux Pays-Bas et pour des raisons de sécurité, on limite l'usage des ensembles de grande longueur aux autoroutes et aux bretelles de raccordement de moins de 20 km, soit dans une bande étroite de part et d'autre des axes autoroutiers, on introduit un écart de desserte et donc de développement entre les zones accessibles et les autres, avec un effet de concentration spatiale des activités au détriment d'une part majoritaire du territoire national. Cette mesure nécessite donc une évaluation globale préalable, en termes d'énergie, de partage modal, d'aménagement du territoire, de sécurité routière, etc.

Il faut se garder d'additionner trop vite les gains escomptés. La situation tendancielle inclut déjà un certain nombre de mesures, dont l'effet ne doit donc pas être pris en compte. Seul un effort supplémentaire par rapport au scénario tendanciel (par exemple, pour le développement des moteurs et des biocarburants) est donc comptabilisé ici. D'autres mesures peuvent apparaître redondantes (normes appliquées aux véhicules et améliorations des moteurs, par exemple). On veillera à ne pas comptabiliser ces effets plusieurs fois si l'on somme l'ensemble des mesures. En outre, on ne pourra bénéficier à la fois des réductions d'émissions apportées par une amélioration des motorisations et de celles dues aux nouveaux véhicules hybrides, puisqu'un choix de technologie devra être fait. Enfin, les mesures ayant un effet sur le prix du transport (fiscalité, péages, etc.) sont en général des incitations à la mise en œuvre effective d'autres mesures technologiques ou organisationnelles : leur impact en termes de réduction des émissions de CO₂ ne se cumule donc pas avec les mesures précédentes, mais passe par elles.

[1] Teissier O. (2010), *Impact sur les trafics de la généralisation du 44 tonnes*, CGDD/SEEI/MA3. Résultats provisoires.

Principales mesures envisagées pour le transport routier de marchandises à l'horizon 2030 et 2050

Mesure	Impact de réduction 2030	Impact de réduction 2050	Terme prévisible de l'impact	Commentaires
Développement du report modal	10 %	15 %	Moyen	Investissements coûteux nécessaires/Difficultés du ferroviaire en Europe
Amélioration des moteurs	5 % pour les PL	5 % pour les PL	Moyen	Réduction beaucoup plus importante à attendre pour les VUL
Amélioration des composants des véhicules	5-10 %	5-10 %	Court	
Introduction de biocarburants de première et seconde générations	10 %	25 %	Moyen	Suppose le développement effectif des biocarburants de seconde génération
Développement des véhicules hybrides	5 % en milieu urbain	15 % à 30 % en milieu urbain	Long	R & D encore nécessaire : leur développement apparaîtra d'abord dans les pays développés et ne commencera véritablement qu'à partir de 2020
Formation à la conduite écologique, relayée par les TIC	4 % à 15 %	4 % à 15 %	Court	
Optimisation des chaînes logistiques	10 %	20 %	Moyen	Le potentiel d'optimisation des chaînes logistiques, modéré pour les pays développés, semble nettement plus important pour les pays non-OCDE
Normes réglementaires ou taxe sur les émissions de CO ₂	non évalué	non évalué	Moyen	Cette mesure est nécessaire pour déclencher les réductions précédentes

Source : CAS

Dans ces conditions, il semble raisonnable de retenir que mis à part le report modal, il serait possible d'obtenir une réduction des émissions par tonne-kilomètre de 40 % à 50 % d'ici à 2030 et de 50 % à 60 % d'ici à 2050. Ces réductions ne seront néanmoins possibles que si l'ensemble des mesures présentées dans le tableau sont réellement mises en œuvre au niveau mondial, ou tout au moins dans les pays où le transport routier de marchandises est le plus important.

Le report modal, l'optimisation des véhicules, le développement des biocarburants de seconde génération, le développement des motorisations hybrides, l'optimisation des chaînes logistiques et l'adoption de conduites plus économes (grâce aux TIC) deviennent ainsi nécessaires.

L'adoption d'outils économiques (taxe carbone, marché de quotas ETS ou relatifs au contenu en CO₂ des carburants fossiles) devrait s'avérer tout aussi nécessaire, non seulement pour inciter les différents acteurs à mettre en œuvre les mesures précédentes, mais aussi pour initier de nouveaux comportements de consommation permettant de réduire la demande totale, et enfin pour diminuer le coût global de la dépense dans la lutte contre le changement climatique.

1.2. Le secteur maritime

L'OMI a identifié d'importants gisements de réduction d'émissions dans le transport maritime. Si ces mesures, applicables en phase de navigation ou à la conception des navires, étaient mises en œuvre dans leur ensemble, elles permettraient une amélioration de l'efficacité énergétique de 25 % à 75 % sous les niveaux actuels. Leur impact risque cependant d'être différé par le faible taux de renouvellement de la flotte. En effet, la pénétration des nouvelles technologies est ralentie par la longue durée de vie des navires (de 30 à 40 ans).

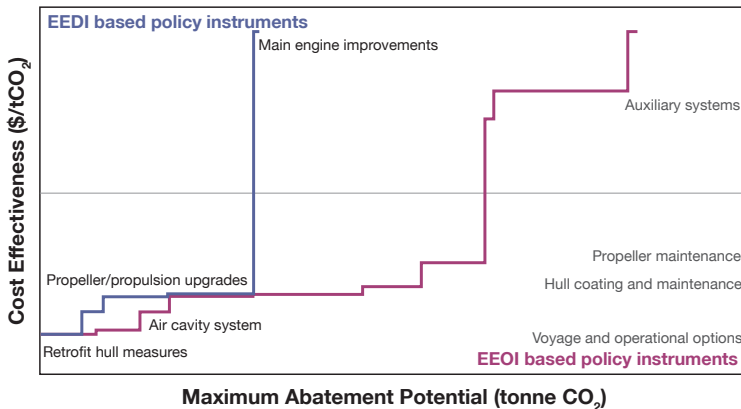
Selon l'AIE, le potentiel de réduction d'une conception révisée des nouveaux navires pourrait aller jusqu'à 30 % des émissions de CO₂. La maintenance et l'amélioration technique de la flotte existante permettraient de réduire de 20 % les émissions. Les mesures opérationnelles auraient certainement le potentiel le plus important, de l'ordre de 40 %. Sur la flotte existante, il serait possible de réduire les émissions de 40 % par tonne-kilomètre d'ici à 2030 et de 60 % d'ici à 2050 en combinant des améliorations techniques et opérationnelles.

Estimations du potentiel de réduction des émissions de CO₂ par tonne-kilomètre par le biais de la technologie et des bonnes pratiques

Conception (nouveaux navires)	Réduction de CO ₂ /t-km	Ensemble des mesures	Ensemble des mesures
Conception, vitesse	2 % à 50 %	10 % à 50 %	25 % à 75 %
Coque et superstructure	2 % à 20 %		
Électricité et système de propulsion	5 % à 15 %		
Carburant à faible teneur en carbone	5 % à 15 %		
Énergie renouvelable	1 % à 10 %		
Opération (tous navires)			
Management de la flotte, logistique	5 % à 50 %	10 % à 50 %	
Optimisation du voyage	1 % à 10 %		
Management de l'énergie	1 % à 10 %		

Source : OMI

Coût d'abattement des différentes solutions techniques et opérationnelles

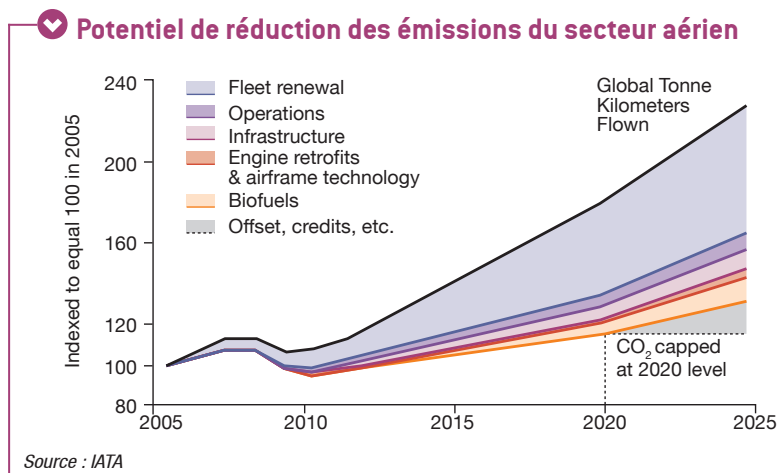


Source : OMI

1.3. Le secteur aérien

Le mode aérien est le plus polluant à la tonne transportée. Cependant, il ne représente qu'un faible volume des marchandises transportées au niveau tant européen que mondial. Par ailleurs, le fret est plus étroitement que naguère lié au transport de voyageurs, il est donc difficile d'agir de façon isolée sur ce trafic. La flexibilité dont dispose le fret aérien et les marges de manœuvre pour agir sur ce mode sont sans doute plus faibles que dans le secteur maritime.

L'IATA estime que le secteur aérien pourrait parvenir en 2020 à une croissance neutre en carbone. Le principal levier est de renouveler la flotte mondiale : l'association estime qu'à cette date, 27 % de la flotte devraient être remplacés par des avions bien plus performants, soit une réduction de 21 % des émissions de CO₂ par rapport à un scénario de référence.



L'IATA distingue quatre domaines parmi les moyens à mettre en œuvre¹ :

- **Technologie** : la technologie disponible pourrait réduire l'empreinte carbone d'un avion de 20 % à 35 % grâce à une modification de sa conception, notamment par le recours à des matériaux composites. L'utilisation d'agrocarburants (de seconde et troisième générations) à hauteur de 6 % dans le bouquet énergétique permettrait une réduction supplémentaire de 5 % des émissions de l'aviation, mais nécessiterait un investissement de recherche important ;

[1] IATA (2009), « A global approach to reducing aviation emissions. First step: carbon-neutral growth from 2020 », brochure, novembre.

- *Exploitation* : le GIEC a constaté que la plupart des appareils étaient utilisés de manière sous-optimale. Une diminution du poids, ainsi qu'une amélioration des procédures de vol et un échange de « best practices » pourraient permettre de réduire les émissions de 3 % à l'horizon 2020 (par rapport à un scénario de référence) ;
- *Infrastructure* : le GIEC estime que la mise en place au niveau mondial d'un ATM homogène (Air Transport Management) et d'infrastructures efficaces permettrait une diminution des émissions de 4 % en 2020 ;
- *Mesures économiques* : l'ensemble de ces mesures ne suffirait pas à atteindre une croissance complètement neutre en carbone. Le secteur aérien devrait donc compenser son surplus d'émissions en achetant des crédits carbone.

Si l'IATA estime que les émissions de CO₂ pourraient être multipliées par un facteur 3,5 en 2050, elle met en avant de nombreuses solutions pour ramener ces émissions à un niveau acceptable, soit une réduction d'un facteur 2 par rapport à 2005. À long terme, selon l'IATA, les biocarburants prendraient une importance majeure dans la lutte contre le réchauffement climatique, ce qui mérite d'être nuancé (voir partie IV.A.5.b). L'IATA souligne que l'on ne peut réduire de plus de 50 % le carburant brûlé par tonne-kilomètre commercialisée. Cependant l'utilisation de biocarburants à la place du kérosène traditionnellement utilisé réduirait l'empreinte carbone du transport aérien de marchandises.

En Europe, une autre analyse a été initiée en juin 2001 par le Conseil pour la recherche aéronautique en Europe (ACARE)¹, qui regroupe des représentants de 25 pays membres. Il a établi une feuille de route pour 2020 conduisant à réduire de 50 % les émissions de CO₂ des avions, se répartissant comme suit : 15 % à 20 % pour les moteurs² ; 20 % à 25 % pour la cellule d'avion (et l'intégration du système propulsif dans la cellule)³ ; 5 % à 10 % pour le système de navigation aérienne, notamment par une réduction des attentes⁴.

[1] ADEME (2008), *Plan Transport, urbanisme, gaz à effet de serre*, rapport de synthèse du GT1 « Technologies ».

[2] Accroissement du taux de dilution et du taux de compression, utilisation d'un réducteur, soufflantes contrarotatives carénées, permettant une réduction de la consommation de l'ordre de 15 % d'ici à 2015. À l'horizon 2020, l'utilisation de récupérateur de chaleur permettrait de diminuer les besoins en énergie de l'avion.

[3] Architecture : voilières à fort allongement et flèche réduite ; allègement : recours accru aux matériaux composites pour la structure.

[4] Recours à une procédure de descente continue suffisamment anticipée à partir d'une altitude élevée afin d'éviter les paliers d'approche intermédiaires.

L'analyse du *WEO 2009* sur les émissions de CO₂ mondiales estime que celles-ci continuent à augmenter d'ici 2020 et 2030 malgré les accords passés, et insiste sur le recours aux biocarburants.

1.4. Le report modal

Le report modal est souvent évoqué comme la mesure qui permettrait de réduire de façon significative les émissions de CO₂ dans le secteur des transports. Toutefois, les conditions nécessaires à un report modal ne s'observent pas sur l'ensemble du territoire national, européen et encore moins mondial. Le développement des modes alternatifs à la route n'est pertinent que sur quelques créneaux ou secteurs qui doivent être précisés. À l'échelle européenne, c'est le report de la route vers le fer et la mer (et, localement, le fleuve) qui sera pertinent ; à l'échelle mondiale, c'est le report de l'aérien vers le maritime.

Pour évaluer le potentiel de cette mesure, on peut calculer l'économie permise par le report du mode routier poids lourds sur le mode ferroviaire. Pour la France, le report d'une tonne-kilomètre permet d'économiser 119,64 g de CO₂, soit une réduction de 95 % (hors décompte des trajets terminaux routiers). Pour économiser une tonne de CO₂, il faudrait donc reporter environ 8 000 tonnes-kilomètres du mode routier sur le mode ferroviaire. Ainsi, en France, un report modal de 10 % du mode routier vers le mode ferroviaire sur l'ensemble du territoire national – représentant un quasi-doublement du trafic ferroviaire de marchandises – permettrait d'économiser environ 3 millions de tonnes de CO₂¹.

Le fret ferroviaire en particulier trouve sa pertinence sur quelques créneaux :

- le marché européen de longue distance ;
- les dessertes portuaires ;
- les transits montagneux ;
- les autoroutes ferroviaires².

Le potentiel du report modal est toujours très délicat à estimer car il repose sur la qualité de service comparée de différents modes de transport et sur les choix de l'ensemble des acteurs économiques du transport. Le rapport Savy-Daude pour la France estime que le report modal de la route vers le fer, si le mode ferroviaire se développait grâce à une politique volontariste sur ses créneaux de pertinence,

[1] Savy M. et Daude C. [2008], *op. cit.*

[2] SNCF [2007], *Quels trafics ferroviaires à horizon 2025 ? Quels impacts en termes d'émissions de CO₂ ?*, note de la SNCF réalisée pour le groupe de travail du Plan TUGES (Transports, urbanisme, gaz à effet de serre), juin.

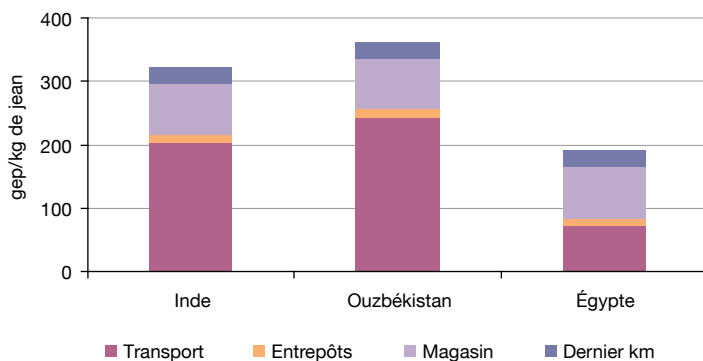
permettrait une réduction des émissions de CO₂ du mode routier d'environ 10 %. Sans être négligeable, cette marge de progrès n'est donc pas la solution miracle souvent évoquée dans les débats politiques.

1.5. Un découplage indispensable

L'amélioration de l'efficacité des modes de transport n'est qu'une partie de la solution à la difficile équation du changement climatique.

Les travaux de l'INRETS (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité) ont analysé étape par étape (transport par mode, stockage, magasins, trajet client...) les consommations énergétiques de l'ensemble de la chaîne logistique de quelques produits, depuis la matière première principale jusqu'au domicile du consommateur. L'origine des produits est primordiale¹ : la part du transport dans l'ensemble de la chaîne dépend certes de la distance parcourue entre l'origine de la matière première et le consommateur, mais également du mode de transport utilisé (avion, navire, camion ou train), ainsi que du type d'équipements (conteneur, vraquier, etc.) et du taux de remplissage du véhicule. Le poids du transport diffère d'un produit à un autre.

♥ Consommation énergétique du jean selon la provenance du coton



Source : Rizet C. et al.

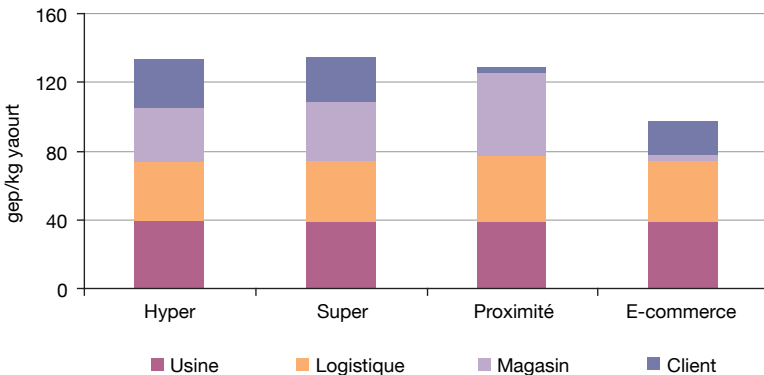
Une analyse détaillée des consommations par étape met en évidence des éléments relativement nouveaux : l'importance du magasin et du trajet du

[1] L'étude menée par plusieurs laboratoires (INRETS, B2K, UoW et FUNDP), financée par le PREDIT et l'ADEME, met en exergue les principaux moyens d'améliorer l'efficacité carbone des chaînes logistiques.

consommateur. La chaîne logistique d'un produit peut consommer beaucoup après l'arrivée sur le lieu de vente. Encore une fois, ce constat est à modérer selon les produits analysés mais s'avère particulièrement éclairant pour les produits frais¹. La consommation d'énergie du magasin par kilogramme de produit dépend largement du volume des ventes (par mètre carré de surface de vente) : l'effet de taille permet de réduire les consommations électriques, dont le contenu carbone dépend de celui du kWh électrique du lieu d'implantation².

Autre point intéressant, le « dernier kilomètre » est un fort consommateur d'énergie : il dépend de la manière dont le consommateur s'approvisionne (e-commerce ou mode de transport choisi pour atteindre le magasin et quantité achetée), mais aussi de la région où celui-ci habite (plus la densité de population est élevée et moins le dernier kilomètre aura une forte empreinte carbone). Sur l'ensemble de la chaîne logistique du yaourt, les chaînes des grandes surfaces (hyper et supermarchés) sont celles qui consomment le plus d'énergie, puisque le consommateur est contraint de parcourir un nombre de kilomètres plus important que pour un achat dans un commerce de proximité. Parmi les chaînes logistiques observées, celle du e-commerce avec livraison à domicile est la plus efficace sur le plan énergétique.

📍 L'exemple du yaourt : synthèse de la consommation énergétique (gep/kg) selon le type de chaîne logistique



Source : Rizet C. et al.

[1] Rizet C. et Keita B. [2005], « Chaînes logistiques et consommation d'énergie – Cas du yaourt et du jean », in Actes de la journée INRETS-PREDIT-COST du 18 mai, Actes INRETS, n° 106, juin, p. 61-74.

[2] Rizet C. et al. [2008], *Maîtriser la consommation d'énergie des chaînes logistiques – Cas des meubles et des fruits et légumes*, collaboration entre l'INRETS, University of Westminster TSG et FUNDP GRT, décembre.

2 ■ Les actions à mettre en œuvre

Pour une réduction substantielle des émissions de gaz à effet de serre, le potentiel d'action d'un pays, ou de l'Union européenne, est très différent d'un mode à l'autre. Pour les modes aérien et maritime en particulier, la France ou l'Union européenne ne peuvent souvent que faire entendre leur voix au sein des organisations internationales.

2.1. La nécessité de recourir à des outils économiques : le triptyque taxe, marché de permis, normes

Dans les années 1960, afin de contrer la pollution considérée comme une imperfection du marché, les gouvernements, en particulier aux États-Unis, ont largement favorisé la mise en œuvre de normes ou de standards environnementaux dans les industries jusqu'alors non réglementées. Un débat s'est établi autour de deux nouveaux mécanismes économiques : la taxe et le marché de permis¹.

La mise en place de normes a impulsé une dynamique écologique. Bonne amorce dans un contexte sans réglementation, ce genre de mécanisme peut cependant devenir un « poids » pour l'entreprise, contrainte de se conformer à des normes parfois coûteuses voire mal adaptées à son activité². D'un point de vue théorique, dans une économie où l'information est parfaite et où les coûts de transaction sont absents, le marché de permis et la taxe sont équivalents. Si le coût social des dommages ainsi que la réactivité des comportements aux coûts sont bien appréciés, les deux mécanismes correctement ajustés atteindront les mêmes objectifs. Cependant, les mécanismes à l'œuvre sont différents : la taxe introduit un correctif dans le prix du marché, et laisse l'équilibre des quantités d'émissions s'établir. Dans le cas du marché de permis, il s'agit de plafonner la quantité globale d'émissions du périmètre fixé (à déterminer précisément) et d'attribuer, gratuitement ou non, une quantité initiale de quotas d'émissions à chacun des émetteurs puis de leur permettre d'échanger ces droits d'émissions en leur demandant de restituer, à la fin de la période, autant de quotas que d'émissions réalisées.

[1] Criqui P. (2009) « Au cœur du futur régime climatique international : taxes ou quotas de CO₂ ? », in Tirole J., *Politique climatique : une nouvelle architecture*, rapport du Conseil d'analyse économique, n° 87, octobre.

[2] Austin D. (1999), *Economic Instruments for Pollution Control and Prevention – A Brief Overview*, World Resources Institute.

De fait, les coûts de « décarbonisation » ne sont pas parfaitement connus par le décideur public, puisque les coûts des technologies propres évoluent et peuvent dépendre des cours des matières premières.

De plus, les dommages environnementaux sont souvent évalués de manière approximative¹. Le marché de quotas d'émissions de CO₂ assure l'intégrité environnementale en garantissant la réalisation de l'objectif mais avec un prix d'équilibre incertain, ce qui explique en partie la réticence des entreprises et de certains gouvernements à le mettre en œuvre. L'expérience européenne montre cependant que les prix réalisés sont bien moins élevés que ceux escomptés, révélant ainsi des potentiels de réductions à moindre coût jusque-là insoupçonnés.

Quant à l'approche par les prix, dans un univers incertain, la taxe, dont la valeur est déterminée *ex-ante*, n'aura pas nécessairement les effets attendus.

Certains économistes estiment² que, compte tenu des incertitudes existantes, dans une situation où le secteur productif est très sensible aux coûts de réduction des émissions, c'est l'approche par la taxe qui devrait s'imposer. Cependant, dans ce cas, le problème de l'incertitude de l'atteinte de l'objectif reste entier : la solution du marché de permis permet de maîtriser les quantités de carbone émises et de limiter le coût des réductions d'émissions pour les entreprises³. D'un autre côté, la taxe est du ressort des autorités nationales, donc soumise aux aléas politiques. Renégociée régulièrement, elle ne permet pas de donner un signal-prix de long terme (au contraire d'un marché de quotas : celui portant sur le dioxyde de soufre aux États-Unis a montré que l'on pouvait fixer des objectifs, appliqués aux différents industriels, sur plusieurs décennies).

[1] Ben Jelloul M. [2009], « Politique climatique des États-Unis : quel instrument économique pour un signal-prix carbone ? », *La Note de veille*, Centre d'analyse stratégique, n° 127, mars.

[2] Travaux de Weitzman [1974] [comparaison des avantages respectifs de l'approche par les prix et par les quantités des politiques environnementales] suivis par ceux de Pizer [1998].

[3] Bénassy-Quéré A. et al. [2004], *Politique économique*, Bruxelles, De Boeck.

♥ Comparaison entre norme, taxe et permis

Norme	Taxe	Permis
Efficacité		
Efficacité en termes d'intensité carbone	<ul style="list-style-type: none"> • Incertitude sur les résultats • Incertitude sur le signal à retenir • Impulsion de nouveaux modes de consommation 	Intégrité environnementale
Coûts d'application		
Coûts possiblement élevés selon les secteurs et la maturité du débat	<ul style="list-style-type: none"> • Faibles coûts de transaction • Adhésion non contraignante • Stabilité 	Risque de coûts importants
Mise en œuvre		
Simplicité	<ul style="list-style-type: none"> • Simplicité • Difficile acceptabilité par l'industrie 	Équité par allocation Consolidation institutionnelle
Adhésion		
Pas de redistribution	Redistribution nationale incitative	Absence d'incitation à l'adhésion et non-participation
Inconvénient principal		
Non-unicité du signal-prix entre les différents secteurs	Absence d'affichage d'un signal-prix sur le long terme	Possible volatilité des prix à la hausse (liée notamment à la spéculation) comme à la baisse (réduisant les efforts possibles)

Source : CAS et présentation de Nordhaus à la conférence IARU sur le climat, Copenhague, 11 mars 2009

Les mécanismes hybrides peuvent combiner taxes et systèmes de quotas : un marché de quotas avec un prix « plafond » et/ou un prix « plancher » augmenterait l'incertitude sur l'atteinte des objectifs, un effet compensé par une plus large adhésion ou des engagements plus ambitieux¹.

L'échelle spatiale d'observation est primordiale dans le débat qui oppose taxe, marché et norme, et la réponse adoptée est bien souvent mixte. Si le Protocole de Kyoto ainsi que l'Union européenne ont penché pour le marché de permis où chaque acteur est astreint à des objectifs, les négociations climatiques menées à Copenhague se sont éloignées de l'idée de prix unique du carbone ou de taxe nationale harmonisée et ne mentionnent pas les outils économiques qui

[1] Philibert C. (2003), « Prix versus quantités : taxes ou permis contre le changement climatique », in Guesnerie R., *Kyoto et l'économie de l'effet de serre*, rapport du Conseil d'analyse économique, n° 39, Paris, La Documentation française, p. 205-219.

pourraient être mis en œuvre à l'échelle internationale pour favoriser la lutte contre le changement climatique. Trouver un terrain d'entente sur une valeur unique du carbone semble irréaliste, mais la poursuite du marché de quotas de carbone entre États paraît également fortement compromise...

Si le marché EU-ETS, le marché d'échange de quotas européen, concerne la plupart des industries lourdes, le secteur électrique et bientôt le secteur aérien, à l'inverse, le transport hors aérien et le bâtiment n'y sont aucunement soumis. Le marché de quotas présente pourtant l'avantage de faire œuvrer particuliers et entreprises en commun pour une société plus sobre en carbone. La solution la plus simple consisterait à étendre le secteur ETS¹ à l'ensemble des combustibles fossiles vendus en Europe en imposant aux importateurs et aux producteurs européens d'acquérir un nombre de quotas correspondant à leur contenu en CO₂. Le prix serait répercuté sur le consommateur. Une telle solution présenterait un triple avantage :

- elle peut être décidée par l'Union européenne à la majorité qualifiée ;
- s'appliquant à l'ensemble de l'économie européenne, elle minimise la dépense pour tous les acteurs, en particulier pour les ménages : l'utilisation de normes et de règlements dans tous les secteurs de l'économie pourrait conduire à une réduction similaire des émissions, elle risque cependant d'entraîner une très grande disparité des coûts de la tonne carbone selon les secteurs, ce qui serait source d'inefficacité économique ;
- la valeur des quotas est contracyclique : plus l'activité industrielle sera ralentie, moins fortes seront les émissions et la valeur du quota.

Cette solution doit cependant s'accompagner de mesures redistributives. Dans tous les cas, la mise en place de marchés de quotas sans prix plafond ou sans soupape de sécurité conduit à faire supporter à tous les acteurs du marché un risque non négligeable.

[1] *Emissions Trading Scheme* : ce marché permet aux entreprises dépassant leur plafond d'émissions de gaz à effet de serre d'acheter des « quotas » auprès d'entreprises plus performantes, en ligne avec les objectifs européens de réduction de ces émissions. En l'état, ce marché ne concerne que les installations industrielles au-delà d'une certaine taille et non l'ensemble des combustibles fossiles : l'essence utilisée pour le transport et le fuel de chauffage n'y sont donc pas soumis. Demander au contraire à l'importateur ou au producteur de combustibles fossiles d'acquérir les quotas correspondant à leur contenu carbone permettrait d'inclure dans ce système non seulement le secteur industriel, mais aussi les transports et l'habitat. Pour plus d'informations, voir www.strategie.gouv.fr/article.php?id_article=648 [chapitre sur les marchés de permis d'émission de CO₂]. Voir aussi Baron R. et Philibert C. [2007], « Climat, énergie et marchés de quotas échangeables », *Revue de l'énergie*, n° 575, janvier-février : http://philibert.cedric.free.fr/Downloads/rbcp_rge_07.PDF.

2.2. Le secteur routier

Les actions à mettre en œuvre dans le secteur routier sont de plusieurs types : technologique, réglementaire, organisationnel. Différents acteurs peuvent intervenir pour inciter le monde du transport routier à intégrer les éléments techniques pour rendre les véhicules plus performants, moins émetteurs, et à optimiser ou réduire les déplacements. Ainsi, outre les mesures prises spontanément par des entreprises routières, la plupart des actions dans ce secteur nécessitent une intervention politique, au niveau national ou européen.

Les trois mesures les plus efficaces qui pourraient être mises rapidement en œuvre consistent à instaurer des normes d'émissions pour les poids lourds aussi bien que pour les VUL (véhicules utilitaires légers), à encourager l'écoconduite (associée à des dispositifs d'aide à la conduite et à des mesures d'enregistrement) et à limiter les vitesses.

Les normes et les accords volontaires sont nécessaires pour réglementer le niveau des émissions des poids lourds comme des véhicules utilitaires légers, et pour permettre le déploiement de nouvelles technologies plus économes et moins émettrices de GES. Ces dispositifs doivent être négociés avec les constructeurs automobiles mais, pour être plus efficaces, ils doivent être renforcés par un cadre législatif au niveau européen. La Commission européenne a récemment élaboré, en octobre 2009, une proposition de règlement¹ visant, sur le modèle de la réglementation applicable aux véhicules particuliers, à réduire les émissions de CO₂ des véhicules utilitaires légers, avec un objectif à échéance 2020 d'une émission moyenne de 135 g de CO₂ par kilomètre. Ce projet de règlement a été discuté une première fois lors du Conseil des ministres de l'Environnement de mars 2010 sans qu'un accord global ait pu être trouvé. Son adoption rapide est cependant nécessaire.

La mise au point dans un premier temps de véhicules utilitaires légers, à motorisation d'abord hybride puis entièrement électrique, leur généralisation ensuite pour la livraison des marchandises en ville s'inscrivent naturellement dans cette démarche et sont à encourager, même si pour le moment leur prix reste élevé.

La mise en place de normes similaires pour les poids lourds constitue également une priorité : il serait incompréhensible que la limitation des émissions de gaz

[1] Il propose notamment de limiter à 175 g de CO₂/km le niveau moyen d'émissions pour les véhicules utilitaires légers neufs, cet objectif devant être atteint de manière progressive entre 2014 et 2016. La proposition fixe également un objectif à long terme de 135 g de CO₂/km d'ici 2020 et soumet les constructeurs à des pénalités si leur parc n'atteint pas l'objectif fixé.

à effet de serre ne concerne que les véhicules particuliers ou utilitaires légers. La Commission indique qu'elle étudie la possibilité d'introduire une méthode standardisée de mesure de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ : dans le même temps, les constructeurs ont déclaré leurs intentions d'atteindre un objectif de 20 % de réduction d'émissions par tonne-kilomètre d'ici à 2020 (par rapport à 2005). L'élaboration d'un projet de règlement pour les poids lourds, similaire à ceux relatifs aux véhicules particuliers ou aux VUL, devrait être demandée à la nouvelle Commission.

Les mesures venant modifier le coût du transport nécessitent toutes une décision politique. Les mesures fiscales, qui peuvent s'avérer incitatives pour l'installation de composants ou de carburants plus efficaces ou moins polluants, doivent être prises au niveau européen pour éviter toute distorsion de concurrence. La taxation des carburants doit elle aussi faire l'objet d'une harmonisation au niveau européen. La hausse de la TIPP ou l'instauration d'une taxe carbone spécifique sera également plus efficace si la mesure est réalisée dans un cadre européen. L'idée de l'intégration du transport routier au sein d'un marché de quotas d'émissions, qui commence à émerger, ne pourrait aboutir que comme une solution harmonisée au niveau communautaire, voire à terme au niveau mondial.

Les systèmes de péages et de redevances doivent faire l'objet d'une décision politique. C'est le cas de la mise en place d'une redevance d'usage de l'infrastructure routière pour les poids lourds, au niveau national. Cette taxe kilométrique sur les poids lourds empruntant le réseau routier national non soumis à péage et certaines portions des réseaux départementaux constituera une ressource affectée à l'Agence de financement des infrastructures de France (AFITF). Elle devrait être mise en place dès 2012. Son efficacité en matière de report modal est cependant faible, du moins si l'on en croit les études du ministère de l'Environnement.

2.3. Le secteur maritime

Les travaux menés par l'OMI montrent que de nombreuses mesures peuvent être mises en place au moment de la conception des navires ou lors de leur exploitation pour réduire sensiblement les émissions de gaz à effet de serre. La plus efficace et la plus rapide consiste à limiter la vitesse des navires, leurs émissions étant proportionnelles au cube de leur vitesse.

Si les gisements de réduction semblent importants, la question du choix des instruments économiques à utiliser se pose :

- peut-on instaurer une taxe ou un marché de permis d'émissions pour le transport maritime international de marchandises ? Un tel outil doit-il être géré par l'OMI ou bien dans le cadre d'un nouveau Protocole de Kyoto ?
- compte tenu du délai nécessaire à une application mondiale, l'Union européenne doit-elle créer un outil économique qui lui soit propre ou plus simplement intégrer le transport maritime intra-européen dans son marché de permis d'émissions ?

Les discussions à l'OMI

En 1997, l'assemblée de l'OMI a adopté une résolution portant sur les émissions de CO₂ des navires. La décision a été prise de mener une étude poussée sur la contribution du transport maritime aux émissions mondiales de GES. Plusieurs travaux en cours au MEPC (Marine Environment Protection Committee) ont conduit à la création d'un indice volontaire reflétant l'efficacité énergétique des navires lors de leurs déplacements, l'*Energy Efficiency Operational Indicator* (EEOI), et d'un « guide de bonnes pratiques ».

Les différentes politiques de lutte contre les émissions envisagées par l'OMI

Objectifs	Mécanismes de marché	Normes	Mesures volontaires
Limiter les émissions de GES du maritime	Marché de permis Taxe sur les émissions		
Efficacité opérationnelle	Taxe basée sur l'indice EEOI/avec éventuellement un système de bonus	Limite obligatoire sur l'EEOI Mise en œuvre d'un plan de gestion obligatoire des navires	Accord volontaire sur l'amélioration de l'EEOI Mise en œuvre volontaire du plan de gestion des navires
Efficacité au niveau de la conception des navires	Taxe basée sur l'indice EEDI/avec éventuellement un système de bonus	Limite obligatoire sur l'EEDI	Accord volontaire sur l'atteinte de l'objectif sur l'EEDI
Émissions des carburants	Taxe différenciée selon le carburant	Normes d'émissions sur les carburants et sur les biocarburants	

Source : OMI

Le MEPC étudie un autre indice, sorte de norme sur l'efficacité énergétique des nouveaux navires, l'*Energy Efficiency Design Index* (EEDI), dont l'objectif à terme est de mettre en place une mesure plancher obligatoire.

L'OMI réfléchit aux moyens d'accélérer les efforts du transport maritime contre la hausse annoncée des émissions de CO₂, sans sacrifier la croissance du commerce international. Différentes politiques sont à l'étude, qui peuvent se décomposer en trois groupes transversaux :

- les options techniques pour améliorer la conception des navires ;
- les options opérationnelles pour inciter à l'utilisation de bonnes pratiques lors des trajets commerciaux ;
- et enfin, les mécanismes de marché.

♥ L'OMI et l'OACI face à la CCNUCC et au Protocole de Kyoto

Le dialogue entre les parties s'organise autour de la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC), adoptée lors du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro et entrée en vigueur le 21 mars 1994. Sous l'égide de cette Convention, le Protocole de Kyoto impose aux 183 pays qui l'ont à ce jour ratifié un calendrier de réduction des émissions de GES, et assigne aux 38 pays industrialisés regroupés dans son annexe B¹ des engagements chiffrés pour une réduction globale de 5,2 % des émissions moyennes de CO₂ sur la période 2008-2012 par rapport aux niveaux de 1990. Le Protocole est entré en vigueur en février 2005 à l'issue de sa ratification par la Russie.

Les émissions du transport international aérien et maritime sont à l'agenda de la CCNUCC mais ne sont pas incluses dans le Protocole de Kyoto. L'article 2.2. du Protocole de Kyoto engage les parties à œuvrer à une réduction des émissions via l'OACI et l'OMI. L'un des points en débat à l'OMI concerne la définition du principe de « responsabilité commune mais différenciée » adopté par la CCNUCC, principe qui reconnaît la différence de contributions à la lutte contre le changement climatique entre pays développés et pays en développement, alors que l'organisation du transport maritime repose sur la règle selon laquelle tous les États doivent être impliqués au même titre.

[1] L'Annexe 1 de la CCNUCC engage les signataires – des économies développées et « en transition vers une économie de marché » – à adopter des mesures nationales pour atténuer les changements climatiques. L'Annexe B du Protocole de Kyoto comprend des objectifs chiffrés de réduction des émissions de GES pour une liste de signataires qui sont sensiblement les mêmes que ceux de l'Annexe 1 (hormis les États-Unis).

Les conclusions suivantes ressortent du débat :

- une cible obligatoire pour l'indice EEDI ne prend aucunement en compte la logistique, la maintenance ou encore la vitesse, dont les impacts sur les émissions sont considérables. De plus, cet indice ne s'appliquant qu'à la construction de nouveaux navires, le taux de renouvellement de la flotte ne permettrait pas de voir des effets sur l'environnement à court terme ;
- une cible obligatoire pour l'indice EEOI peut inciter fortement à réduire les émissions des navires. Se pose le problème de la mise en œuvre pratique de cette mesure, la détermination d'une référence semblant épineuse ;
- les mécanismes de marché sont envisagés : taxe ou marché de permis à l'instar du secteur aérien.

La mise en place d'objectifs volontaires sur les deux indices EEDI et EEOI a été approuvée par l'OMI lors de la 59^e session du MEPC (Marine Environment Protection Committee) de juillet 2009. Toutefois, l'organisation reconnaît que leur couplage avec un mécanisme de marché aurait un impact bien plus important sur la lutte contre le changement climatique. En effet, les réductions dues à des mesures opérationnelles ou techniques peuvent être annulées par une activité maritime croissante, tirée par les nouvelles puissances économiques (Chine, Inde ou Brésil).

L'OMI réfléchit à diverses solutions et en particulier à des mécanismes de marché capables d'alimenter un fonds international de compensation à destination de projets d'adaptation, d'aides à la R & D dans le secteur maritime, de financement d'un programme de coopération technique dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique de la flotte mondiale, etc. Ce fonds serait alimenté par une redevance sur les soutes maritimes¹, payée soit par le navire, soit par le fournisseur de carburants, soit encore par le raffineur. Dans le cas où le secteur maritime viendrait à entrer dans un marché de permis d'émissions, le fonds serait soutenu par une partie des revenus de la vente aux enchères de ces permis². Le secteur maritime se verrait imposer un objectif-cible d'émissions. Ce marché de permis couvrirait l'ensemble des émissions des navires au-delà d'une certaine taille, et pourrait être relié à d'autres marchés.

D'autres propositions ont été avancées pour réduire le volume des émissions émises par le secteur maritime, comme l'inclusion des transports maritimes

[1] Proposition danoise.

[2] Proposition France/Allemagne/Norvège/Royaume-Uni.

internationaux dans le marché ETS, entrant en vigueur en 2013¹, ou l'instauration d'une redevance sur le carburant appliquée à tous les navires, censée refléter sa teneur en carbone. Les revenus de cette redevance alimenteront un fonds international pour les émissions de GES des navires, destiné à financer les développements dans l'industrie maritime, à acheter des crédits carbone correspondant aux émissions en excès par rapport à une cible d'émissions et à favoriser l'adaptation des pays en développement².

L'efficacité des politiques envisagées ne dépend pas seulement de la réduction des émissions dans le secteur maritime, mais également des politiques et effets connexes sur les autres modes de transport. Une politique très restrictive dans le secteur maritime pourrait entraîner un report modal vers des moyens de transport bien plus polluants. Si l'élasticité de la demande de transport maritime par rapport aux coûts est très faible, elle l'est nettement moins si l'on considère le cabotage, ou le transport fluvial, souvent sujets à la concurrence du transport routier, et elle varie également selon les produits transportés.

Les points d'achoppement

Un des principes fondamentaux de l'OMI, résumé par l'expression « pas de traitement plus favorable », s'accorde difficilement avec celui de la CCNUCC prônant une « responsabilité commune mais différenciée ». *De facto*, la réglementation future de l'OMI concernerait tous les navires, sans aucune considération de pavillon. Pour les pays en développement, ces moyens d'action pourraient entraîner une augmentation des coûts d'importation et d'exportation, en raison d'une hausse certaine des prix des carburants. Ces conséquences indésirables pourraient être atténuées par un traitement différencié selon la route empruntée, la cargaison chargée, le pavillon, le propriétaire du bateau ou la taille du navire. La seule différenciation sérieusement envisagée tient à la route empruntée et concernerait la livraison de produits de base (aliments ou énergie) aux petites îles isolées. Une différenciation importante risquerait d'entraîner des « fuites de carbone ». Il semble difficile de s'accorder sur un partage du fardeau entre pays ou flottes affiliées à un pays. En effet, la plupart des navires sont sous le pavillon de pays hors Annexe 1, donc principalement des pays en développement qui ne sont pas soumis à des objectifs de réduction. Cependant, les trois quarts de la flotte mondiale appartiennent en réalité à des citoyens ou sociétés de pays

[1] Analyse de la France, de l'Allemagne et de la Norvège. Les émissions comptabilisées seraient issues de la quantité de carburant utilisée.

[2] Proposition danoise.

de l'Annexe 1¹. Si les quinze nations les plus commerçantes sont responsables de 65 % du commerce international en termes de valeur, leur participation dans les flottes s'élève à 54 %, et seulement 19 % sont enregistrés sous leur pavillon. Cette situation soulève de nombreuses interrogations sur la manière de réguler les gaz à effet de serre de ce secteur, puisqu'une réglementation différenciée selon le pavillon inciterait les navires à s'affilier encore davantage à des pays non membres de l'Annexe 1, sauf à prendre certaines mesures pour limiter le rôle des pavillons de complaisance.

📍 Distribution de la flotte maritime par pavillon

	Nombre de navires	En tonnages (Gt)
Sous pavillon de pays membres de l'Annexe 1	20 872 (33,42 %)	209 015 681 (26,08 %)
Sous pavillon de pays non membres de l'Annexe 1	41,119 (66,58 %)	593 330 359 (73,92 %)
Total	61 862	801 346 040

Source : OMI

Une différenciation selon la route empruntée ou selon la cargaison peut influencer sur les routes commerciales. Une différenciation selon la taille des navires pourrait réduire l'impact sur les importations des États insulaires, mais aussi créer une distorsion sur les marchés maritimes de courte distance.

Le 59^e MEPC de juillet 2009 a été perçu comme un début prometteur mais peu ambitieux, notamment parce qu'aucun objectif de réduction n'a été adopté. Un programme de travail a toutefois été envisagé, incluant les mécanismes de marché. Cette position frileuse de l'OMI pourrait pousser l'Union européenne à légiférer en matière de contrôle des émissions de la marine marchande, notamment en les intégrant dans le marché ETS, à l'instar de celles de l'aviation².

La conférence de Copenhague (quinzième session de la Conférence des Parties à la CCNUCC) de décembre 2009 n'a permis d'aboutir ni à un accord sur des objectifs chiffrés de réduction des émissions de GES ni à la mise en place d'organismes internationaux de mesure et de contrôle des progrès accomplis.

[1] Crist P. (2009), « Greenhouse gas emissions reduction potential from international shipping », *Discussion Paper*, OECD/ITF, mai.

[2] Reuters (2009), *Shipping Industry to Feel Heat over CO₂ Emissions*, 9 juillet.

L'industrie maritime a proposé, lors de ce sommet, une réduction de ses émissions de CO₂ de 20 % entre 2007 et 2020.

Le 60^e MEPC qui s'est tenu à Londres en mars 2010 a de nouveau buté sur la question du traitement différencié ou non des États. Les résultats s'avèrent plutôt décevants et ne permettent pas d'espérer une conclusion rapide :

- une journée spéciale devrait se tenir afin d'étudier les questions relatives aux objectifs qui pourraient être fixés à l'indice EEDI ainsi qu'à ses modalités de mise en œuvre ;
- un groupe d'experts sera par ailleurs réuni pour étudier la faisabilité et l'impact des différents outils économiques possibles : marchés de permis d'émissions, taxe sur les carburants, mécanismes redistributifs pour les pays en développement...

La position de l'Union européenne

L'Union européenne est confrontée, dans le transport maritime, à une problématique similaire, marquée par un fort potentiel de réduction de ses émissions et par la nécessité de choisir les meilleurs instruments économiques pour y parvenir.

Cette question n'en prend pas moins une importance particulière dans la mesure où, comme nous l'avons vu dans le Chapitre 2, le maritime constitue le deuxième mode de transport de marchandises au sein de l'Union européenne : il réalise environ 40 % du transport intérieur, et absorbe près de 70 % du volume de marchandises échangées avec l'extérieur. La révision¹ du Livre blanc sur les transports en 2006 envisageait une croissance de 59 % du trafic maritime à courte distance de 2000 à 2020. Un quart des navires immatriculés dans le monde entier battent pavillon d'un État membre ; 40 % ont des propriétaires européens. Tous les pays de l'Union européenne ne disposant pas de grandes voies de navigation intérieure, le transport fluvial n'assure que 3 % du transport de marchandises mais ses capacités de développement, notamment sur le Danube, sont fortes.

Si l'Union européenne a décidé d'inclure les émissions du secteur aérien dans son marché de quotas, elle n'a pas encore pris de disposition comparable dans le domaine maritime. Néanmoins, en avril 2009, le Parlement et le Conseil

[1] Examen à mi-parcours du Livre blanc sur les transports publié en 2001 par la Commission européenne, communication de la Commission au Parlement et au Conseil européen, juin 2006.

européen ont décidé¹ qu'en l'absence d'accord international incluant les émissions provenant du transport maritime international avant le 31 décembre 2011, la Commission devrait présenter une proposition visant à inclure les émissions du transport maritime international dans ses propres objectifs de réduction, avec un minimum d'incidences négatives sur la compétitivité de la Communauté.

Au-delà des mesures techniques précédemment évoquées, en particulier la limitation des vitesses, l'Union européenne pourra chercher soit à créer une taxe particulière, soit à intégrer ce secteur dans le marché ETS. La solution retenue pourrait être la même que celle utilisée pour l'inclusion de l'aviation civile dans le secteur ETS, ou pourrait consister à étendre de manière plus générale, à l'échelle de l'Union, le marché européen de quotas d'émissions de GES à l'ensemble des combustibles fossiles (produits ou importés), ce qui ne nécessite pas l'unanimité mais une simple décision à la majorité qualifiée. Cette dernière solution aurait l'immense mérite de traiter l'ensemble du secteur des transports.

Le Grenelle de la mer

Au niveau français, l'objectif 136 du Grenelle de la mer consiste à lancer un programme de recherche pour concevoir le navire du futur, avec pour objectifs :

- une diminution de 50 % de la consommation des énergies fossiles ;
- une réduction de 50 % de l'impact sur l'environnement ;
- une meilleure sûreté et sécurité ;
- la compétitivité de la filière navale.

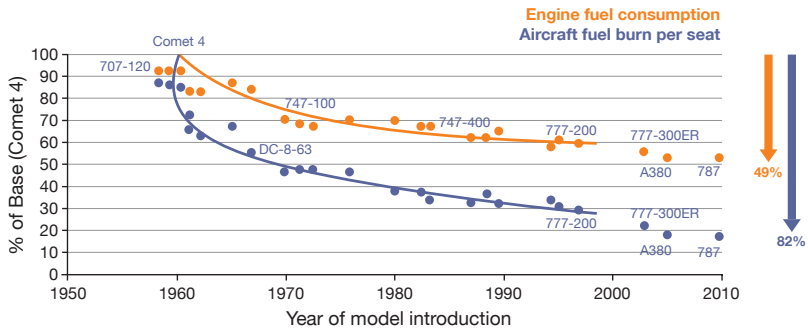
Une telle perspective, destinée à préparer notre croissance future, est à encourager.

2.4. Le secteur aérien

Les nouveaux modèles d'avions ont largement gagné en efficacité : 40 % d'amélioration de leur efficacité énergétique en 40 ans, sous-tendue en grande partie par une baisse des coûts liés à la consommation de carburants.

[1] Décision n° 406/2009/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à l'effort à fournir par les États membres pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre afin de respecter les engagements de la Communauté en matière de réduction de ces émissions jusqu'en 2020.

Gain d'efficacité dans le secteur aérien



Source : IATA

Si des raisons économiques ont jusqu'à présent poussé à la diminution de l'empreinte carbone des nouveaux appareils, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) tente de prendre le relais en insufflant un nouvel élan avec une motivation écologique. L'OACI (ou ICAO en anglais, International Civil Aviation Organization) est une agence spécialisée des Nations unies dont le rôle est d'élaborer les normes permettant de standardiser le transport aérien commercial international. Elle compte 190 États membres représentant près de 93 % du trafic aérien commercial mondial. En 2001, elle a décidé d'introduire les émissions de CO₂ comme nouvel objet de standardisation au même titre que le bruit ou la pollution locale. En 2007, une nouvelle enceinte de dialogue a été créée afin de discuter spécifiquement de l'impact de l'aviation sur le réchauffement climatique : le GIACC (Group on International Aviation and Climate Change). Sa principale mission consiste à élaborer un programme d'action afin de mieux réguler les émissions du secteur.

Le GIACC recommande un panier de mesures que chaque État pourrait moduler à sa guise afin de réaliser l'objectif mondial qui lui est assigné. Il serait encouragé à déposer auprès de l'OACI un plan d'action individuel.

À l'instar du secteur maritime, le secteur aérien n'est pas inclus dans le Protocole de Kyoto ; son article 2.2. remet à l'OACI la responsabilité de réguler les émissions de son secteur.

En octobre 2009, l'OACI est parvenue à s'entendre avec l'industrie du transport aérien sur des actions possibles afin de lutter contre la hausse structurelle des émissions :

1. un objectif mondial d'amélioration annuelle de 2 % du rendement du carburant, jusqu'à l'année 2050 ;
2. l'élaboration d'une norme mondiale pour les aéronefs en ce qui concerne le CO₂ ;
3. l'élaboration d'un cadre en vue de l'application à l'aviation internationale de mesures fondées sur le marché ;
4. la communication à l'OACI, par les États membres, de plans d'action et de comptes rendus annuels sur les émissions de CO₂ ;
5. des mesures visant à aider les pays en développement et à faciliter l'accès à des ressources financières, les transferts de technologies et le développement des capacités.

Cet accord sera présenté à l'automne 2010 à l'assemblée de l'OACI, organe plénier réunissant les 190 États membres. L'objectif est, à partir de ces efforts continus, de faciliter un accord mondial sur des solutions harmonisées à l'échelle internationale. Toutes les parties ne s'accordent pas sur l'organisation qui devrait fixer les futures cibles : CCNUCC ou OACI.

En juin 2009, l'industrie a elle-même pris des engagements au travers de l'IATA¹ (International Air Transport Association), de l'ICCAIA (constructeurs) et de CANSO (trafic aérien). Elle s'est fixé pour objectif – plus réaliste que celui de l'OACI – une amélioration de l'efficacité énergétique de 1,5 % par an d'ici à 2020. Elle entend observer une croissance neutre en carbone à partir de 2020 afin d'aboutir à une division par deux des émissions de carbone à l'horizon 2050 par rapport à l'année de référence 2005.

L'Union européenne a milité auprès de la CCNUCC pour que l'accord post-Kyoto intègre des objectifs globaux pour les secteurs maritime et aérien, respectivement de – 20 % et – 10 % par rapport à 2005. Cette demande n'ayant pas abouti, il est probable que l'Europe relaie de nouveau cette position dans les enceintes de l'OMI et de l'OACI, tout en prenant note que ces objectifs pourraient être revus à la baisse.

L'inclusion du secteur aérien dans le marché européen de quotas d'émissions débutera en 2012 : 85 % des permis seront distribués gratuitement selon la part relative d'activité en 2010.

[1] L'IATA couvre 93 % du trafic aérien mondial (vols réguliers).

2.5. Le secteur ferroviaire

Pour le mode ferroviaire, il ne s'agit pas d'agir sur les émissions unitaires, déjà bien inférieures à celles des modes routier et aérien en particulier, mais plutôt de développer l'efficacité et la pertinence de ce mode, afin de favoriser le report modal (ceci vaut également pour le mode fluvial, peu évoqué ici, car marginal en termes de volume transporté, notamment à l'échelle mondiale).

Une politique volontariste encourageant un report modal de la route vers le fer à l'échelle européenne se base sur les éléments suivants :

- favoriser la massification des flux (développement des acheminements portuaires, des plates-formes multimodales) ;
- construire un espace européen du fret ferroviaire ;
- établir une concurrence équitable entre les modes de transport qui pourrait passer par :
 - la poursuite des efforts d'harmonisation sociale européenne en matière de transport routier ;
 - l'adoption des mesures de régulation des flux des poids lourds dans les grands corridors ou pour le franchissement d'obstacles naturels ;
 - la mise en place de systèmes d'internalisation des coûts externes, notamment par la tarification de l'infrastructure ;
 - l'inclusion du transport de fret dans le système communautaire d'échange de quotas d'émissions.

Toutes ces mesures relèvent du niveau européen et pourraient être intégrées à une politique européenne des transports (régulation et outils de financement).

3 ■ Synthèse

Le tableau suivant résume les potentiels de réduction retenus et leur impact sur les émissions du fret mondial. Ceux-ci sont appliqués au scénario tendanciel présenté dans le Chapitre 3 et au scénario de référence pour l'Europe. Compte tenu des incertitudes sur l'efficacité des mesures techniques considérées ainsi que de l'imprévisibilité des décisions politiques, nous envisageons ici deux scénarios de réduction :

- « Efficacité Min » correspond à la fourchette basse des impacts en termes d'émissions des nouvelles technologies adoptées ainsi qu'à des politiques faiblement volontaristes dans le domaine du développement durable ;

- au contraire, le scénario « Efficacité Max » illustre un gain d'efficacité énergétique optimiste associé à des politiques ambitieuses.

♥ Potentiels de réduction retenus

		2030	2050
Routier	Réduction « Efficacité Min »	Réduction de 40 % de la teneur en carbone par t-km	Réduction de 50 % de la teneur en carbone par t-km
	« Efficacité Max »	Réduction de 50 % de la teneur en carbone par t-km	Réduction de 60 % de la teneur en carbone par t-km
	Source	Rapport Savy	CAS
Maritime	Réduction « Efficacité Min »		Gain d'efficacité de 0,25 sur les t-km
	« Efficacité Max »		Gain d'efficacité de 0,75 sur les t-km
	Source		DMI
Aérien	Réduction « Efficacité Min »	Gain d'efficacité de 1,5 % par an	Gain d'efficacité de 1,5 % par an
	« Efficacité Max »	Gain d'efficacité de 2 % par an	Gain d'efficacité de 2 % par an
	Source	IATA et OACI	IATA et OACI
Ferroviaire	Réduction « Efficacité Min »	Report modal de 5 %	Report modal de 10 %
	« Efficacité Max »	Report modal de 10 %	Report modal de 15 %
	Source	CAS	CAS

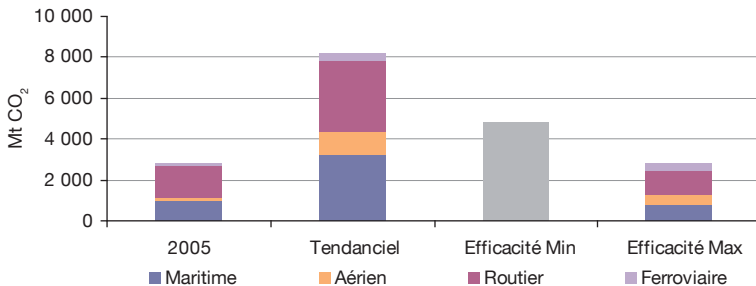
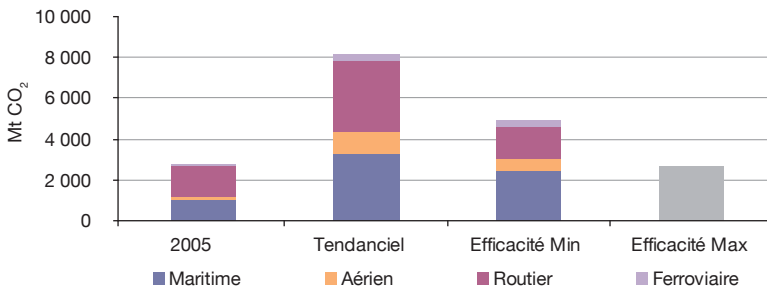
Source : CAS

Les différentes hypothèses découlent directement des développements précédents :

- celles sur le routier sont les mêmes quelle que soit l'échelle considérée (monde ou Europe). Si l'on peut arguer que l'Europe a accompli des efforts déjà considérables et donc que son potentiel de réduction sera plus faible que celui du monde, un autre argument consiste à observer plus précisément le développement du routier dans les pays en développement pour constater qu'il existe un retard important dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des poids lourds entre le Nord et le Sud. En effet, ces pays privilégient les petits camions et utilisent bien souvent des véhicules de « seconde main » ;

- l'AIE a considéré dans son scénario *Blue shift 2009* que la moitié de l'augmentation tendancielle mondiale du transport routier de marchandises de 2005 à 2050 pouvait être reportée sur le rail, ramenant l'accroissement de ce mode de 75 % à 35 %. Le report modal ainsi envisagé est de 40 %. Compte tenu de l'évolution actuelle du fret ferroviaire, le chiffre retenu dans notre tableau est plus faible, compris entre 10 % et 15 %. Il devrait être plus important sur de grands corridors que ce soit en France ou en Europe, mais aussi sur un axe Europe-Asie. L'idée d'un Transsibérien fret transportant les marchandises d'Europe vers la Chine pourrait revenir à l'ordre du jour ;
- si, dans le secteur routier, l'Europe peut espérer transférer ses technologies vers le reste du monde, les dynamiques sont différentes pour les modes maritime et aérien. Elle devra en effet se conformer aux décisions prises collectivement dans les instances internationales telles que l'OMI et l'OACI.

📌 **Émissions mondiales de CO₂ en 2005 et en 2050 dans les trois scénarios : « Tendanciel », « Efficacité Min » et « Efficacité Max »**



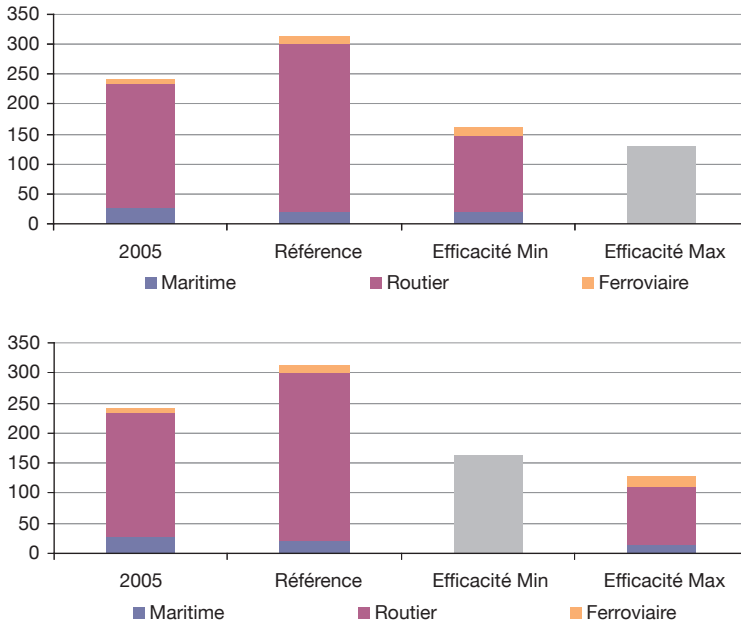
Source : CAS

Les mesures envisagées dans les différents secteurs permettent de freiner considérablement l'évolution des émissions du scénario tendanciel : en 2050, une réduction de 40 % à 65 % est ainsi envisageable. Cependant le scénario le plus volontariste prévoit au mieux une stabilisation des émissions par rapport à 2005. Compte tenu de la progression attendue du fret, il semble qu'une division par un facteur 2 des émissions du secteur soit difficilement atteignable.

Que ce soit par l'amélioration de la logistique (baisse des véhicules-km utilisés), par le report de marchandises de l'aérien vers le maritime (constaté pendant la crise économique) ou encore par des améliorations technologiques de tous les modes de transport, le secteur du fret aura de grandes difficultés à réduire drastiquement ses émissions. Pour résoudre l'équation globale, il faudra demander davantage à d'autres secteurs où le potentiel de réduction apparaît plus grand. À l'inverse de l'Europe, les résultats mettent l'accent sur l'importance du maritime et de l'aérien dans le secteur du fret d'aujourd'hui et *a fortiori* de demain. L'autre solution consisterait à revoir la structure des échanges internationaux : la régionalisation des échanges pourrait se poursuivre. Par ailleurs, il conviendra d'appuyer des politiques visant à réduire l'ensemble des consommations, que ce soit par une réduction nette de la demande comme par une priorité plus forte accordée au recyclage.

Un raisonnement similaire appliqué aux émissions actuelles de l'UE montre que dans un scénario volontariste de réduction de 60 % des émissions unitaires du transport routier d'ici à 2050, les émissions européennes liées au transport de marchandises pourraient diminuer d'un facteur 2. Là encore, le facteur 4 (effort préconisé par le GIEC pour les pays développés) semble particulièrement difficile à atteindre. La problématique de l'Europe est bien différente de celle du monde. Le mode aérien y prend peu de place puisque seul le fret express est transporté par avion – les émissions de ce secteur n'ont d'ailleurs pas été prises en compte dans le graphique suivant relatif au fret européen. L'avenir du maritime en Europe dépend, lui, largement des décisions qui seront prises au niveau mondial. Le mode routier est ici prépondérant, ce qui suppose de réfléchir aux meilleures solutions permettant de réduire son empreinte carbone sans entraver la compétitivité industrielle européenne. Si l'amélioration technologique constitue une grande partie de la réponse, le développement d'un réseau ferroviaire de qualité est aussi une question cruciale.

Émissions européennes de CO₂ en 2005 et en 2050

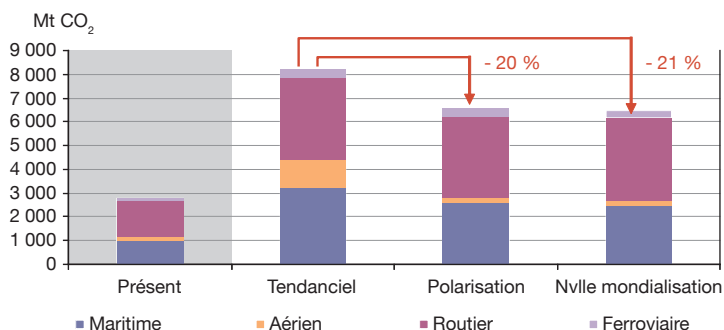


Source : CAS

Les différents scénarios sectoriels présentés au Chapitre 3 nous ont permis d'établir trois scénarios : « Tendanciel », « Polarisation » et « Nouvelle Mondialisation ». Leur comparaison permet de comprendre l'impact d'une réorganisation des flux et de nouveaux comportements sur les émissions mondiales liées au transport de marchandises. Davantage de polarisation des échanges par rapport au scénario « Business as usual » (trafic multiplié par un facteur 3 par rapport au niveau de 2007 contre un facteur 4 dans le BAU) entraîne une diminution des émissions de 20 % par rapport à celles du scénario Tendanciel, soit 1600 millions de tonnes de CO₂, l'équivalent des émissions actuelles de la Russie, troisième émetteur après la Chine et les États-Unis. Une prise de conscience plus radicale des enjeux environnementaux (« Nouvelle Mondialisation ») a quasiment le même impact sur les émissions¹.

[1] Nous n'avons considéré ici que l'impact d'un changement de consommation sur le secteur maritime et le secteur aérien. De nouveaux modes de consommation affecteront également le transport intérieur et donc les modes routiers et ferroviaires. Les émissions de ce scénario sont donc surévaluées.

📌 **Comparaison des émissions des trois scénarios « BAU », « Polarisation » et « Nouvelle Mondialisation »**



Source : CAS

Les améliorations technologiques, techniques et logistiques présentées ici ne pourront permettre d'obtenir guère mieux qu'une stabilisation des émissions du fret à l'horizon 2050. Une hausse des niveaux de vie dans certains pays pourrait redessiner la carte actuelle des flux. De plus, la lutte contre le changement climatique est un problème mondial exigeant la contribution de l'ensemble des secteurs, y compris celui des transports, mais aussi des consommateurs. En effet, les objectifs de réduction ne seront atteints que si l'offre devient plus sobre en carbone et que la demande diminue. Les incitations à consommer de manière durable feront l'objet d'un prochain rapport du CAS. Si ces deux changements venaient à être opérés, les émissions liées au fret pourraient aller au-delà d'une stabilisation à l'horizon 2050, même s'il semble peu probable que l'on puisse aller plus loin qu'une réduction de 30 %.

Trente propositions pour un commerce international plus durable

Le secteur des transports est, après celui de l'énergie, l'un des principaux contributeurs aux émissions de GES dans le monde. Ces émissions se partagent entre le transport de personnes et le transport de marchandises. Présent partout dans le monde, le fret est donc un enjeu majeur des suites du sommet de Copenhague. Des marges de progrès existent et doivent être exploitées. L'Europe et la France ont un rôle exemplaire d'initiative à jouer en ce domaine.

1 ■ Mieux comprendre l'impact des émissions des transports sur le forçage radiatif et préparer les technologies de demain

Si le Protocole de Kyoto et la prise en compte des six gaz à effet de serre apportent un premier éclairage sur la responsabilité des modes de transport en matière de changement climatique, une analyse plus poussée du forçage radiatif montre que cette première comptabilisation reflète imparfaitement l'ensemble du problème. Les effets sur le forçage radiatif des émissions du secteur des transports diffèrent, parfois de façon non négligeable, de ceux du seul dioxyde de carbone : émissions en altitude du secteur aérien, forçage radiatif faible – voire négatif – du secteur maritime, absence de prise en compte de l'ozone produit, notamment à partir des émissions des secteurs du transport et de l'industrie, par réaction photochimique dans l'atmosphère...

Ces phénomènes restent mal compris et nécessitent des efforts de recherche supplémentaires. Ce besoin de connaissance ne modifie cependant en rien la nécessité pour le secteur des transports de diminuer notablement ses émissions qui n'ont cessé de croître depuis 1990, même dans des pays qui ont mené des politiques environnementales fortes comme ceux de l'Union européenne.

Compte tenu du rôle central du CO₂ dans le phénomène d'effet de serre, les recommandations suivantes porteront principalement sur ce gaz.

Dans le contexte actuel de crise, la meilleure réalisation possible des investissements du Grenelle de l'environnement consiste en une optimisation des dépenses, à l'intérieur des règles budgétaires visant à réduire le déficit, entre des actions permettant de diminuer dès maintenant les émissions de GES, de préserver la biodiversité et de créer des emplois, et des actions de plus long terme favorisant l'innovation et les dépenses de R & D, que ce soit dans le domaine strict de l'énergie ou dans un certain nombre de technologies clés. À ce titre, les dépenses de R & D doivent être accrues dans les secteurs de l'énergie et des technologies vertes. Le rapport Stern insiste sur l'intérêt de renforcer largement les incitations publiques à la R & D privée ainsi que l'effort de R & D publique dans le domaine de l'énergie. Le texte de l'institut Bruegel¹, « No green growth without innovation », montre le besoin d'une intervention publique pour diriger les acteurs vers une croissance plus respectueuse de l'environnement et recommande d'augmenter les crédits de R & D alloués aux technologies vertes et aux énergies de demain.

La préparation des transports du futur (avions, navires, trains à grande vitesse, carburants), propres, économes et compétitifs dans un monde de plus en plus concurrentiel, nécessite des efforts de recherche importants qui peuvent être menés au plan national ou, de préférence, à l'échelle communautaire. De telles recherches doivent également concerner des technologies plus transversales indispensables à leur conception (nanotechnologies, matériaux, etc.).

PROPOSITION

- 1. Mener des recherches pour mieux comprendre l'impact des émissions des transports sur le forçage radiatif.**
- 2. Maintenir, y compris dans une période de rigueur budgétaire, un effort important de recherche sur les transports du futur (avions, navires, trains à grande vitesse, carburants), propres, économes et compétitifs dans un monde de plus en plus concurrentiel.**

[1] Aghion P., Hémous D. et Veugelers R. (2009), « No green growth without innovation », *Bruegel Policy Brief*, novembre.

2 ■ Réduire l'empreinte environnementale de chaque tonne transportée

Selon nos estimations, les émissions liées au transport de marchandises représenteraient actuellement un peu plus de 10 % des émissions de dioxyde de carbone. Cette contribution au changement climatique est suffisamment importante pour que l'on s'attarde sur les moyens de réduire l'empreinte carbone de ce secteur, d'autant que ses perspectives de développement, étroitement liées à la croissance économique et à l'ouverture commerciale, font redouter un triplement de ses émissions à l'horizon 2050.

À l'échelle internationale, trois modes représentent l'essentiel du volume transporté et des émissions de CO₂ : ce sont les secteurs maritime, aérien et routier. Nous les examinerons successivement.

De son côté, l'Europe, déjà parvenue à un niveau avancé de développement, voit les émissions de GES liées à son activité de transport croître moins vite que dans le reste du monde. Elle doit pourtant faire en la matière un effort soutenu, pour au moins deux raisons complémentaires. D'une part, la masse absolue des émissions européennes mérite une politique de réduction efficace. D'autre part, les succès obtenus par l'Europe lui permettront de faire pression sur les autres pays du monde, tout en bénéficiant des technologies et de bonnes pratiques qui pourront être diffusées à cette fin.

2.1. Le secteur maritime

Aujourd'hui, le secteur maritime représente 3,5 % des émissions de CO₂ d'origine anthropique, chiffre qui paraît modeste en comparaison d'autres postes d'émissions. Cependant, ce secteur génère 34 % des émissions totales liées au transport de marchandises, il est donc le deuxième contributeur de GES après le fret routier. Les prévisions de l'OMI indiquent que les tonnes-kilomètres transportées par la mer devraient être multipliées par un facteur de 1,3 à 1,5 en 2020 et par un facteur de 2,5 à 4 d'ici à 2050 par rapport à leur niveau de 2007¹. L'OMI mentionne qu'en l'absence de politique globale de contrôle des émissions de GES du secteur maritime, ces dernières pourraient être multipliées par un facteur 2,5 à 3,5 d'ici à 2050.

Au niveau européen, la part du transport maritime est souvent méconnue mais importante, avec 1 575 milliards de tonnes-kilomètres sur un total de 4 228 milliards transportées en 2007 dans l'Europe des Vingt-sept. Juste après

[1] OMI (2008), *Input to the FCCC/AWGLCA/2008/16 – The Assembly document*.

la route, la mer est le deuxième mode de transport intra-européen (sans compter son rôle dans les échanges avec le reste du monde). Les marges de progrès identifiées à l'échelle mondiale valent aussi à l'échelle européenne. Ces deux dimensions sont liées : l'Europe pourra d'autant mieux influencer la politique mondiale que sa politique interne sera exemplaire.

Les gisements de progrès sont ici très importants. Si la plupart des nouvelles technologies du secteur étaient jusqu'à présent davantage destinées à augmenter la puissance et la vitesse des navires, l'urgence climatique requiert aujourd'hui des innovations dont le but premier est de réduire les émissions. D'après l'AIE, il serait possible de réduire les émissions de 40 % par tonne-kilomètre d'ici à 2030 et de 60 % d'ici à 2050 avec la flotte existante, en combinant des améliorations techniques et opérationnelles. Quant aux nouveaux navires, les progrès dans leur conception permettraient une réduction additionnelle de 30 %. L'OMI confirme que si l'ensemble de ces mesures – techniques, opérationnelles et de conception – venaient à être mises en œuvre, elles se solderaient par une amélioration de l'efficacité énergétique de 25 % à 75 % par rapport aux niveaux actuels.

Plusieurs idées simples doivent être soulignées :

- la consommation étant proportionnelle au cube de la vitesse, ce facteur est primordial pour réduire les émissions. Un ralentissement modéré des navires réduit considérablement la consommation d'énergie et donc les émissions de GES, tandis qu'un allongement de 10 % du temps de transport intercontinental ne bouleverserait pas les organisations logistiques ;
- le routage météo permettrait une optimisation du trajet des navires et donc des gains de carburant supplémentaires. Reste encore à analyser précisément les bénéfices qu'il pourrait apporter au secteur.

On notera que l'amélioration de l'efficacité énergétique des navires d'une part et les prévisions de volumes transportés par les navires évoquées par l'OMI d'autre part laissent à penser qu'au mieux, les émissions du transport maritime mondial de fret stagneront à l'horizon 2050, une perspective qui est loin de respecter les recommandations du GIEC. Il faut donc envisager des mesures plus vigoureuses que celles proposées aujourd'hui.

Des mesures économiques et réglementaires nouvelles pourraient accélérer le progrès technique, améliorer les méthodes d'exploitation et permettre ainsi de pallier les effets négatifs de la croissance du commerce international. Dans le cadre des négociations mondiales, l'OMI préconise la mise en place progressive d'objectifs contraignants sur l'indicateur EEDI d'efficacité énergétique des

navires, qui pourrait être couplée à un mécanisme de marché de droits d'émissions dont la nature reste à définir.

PROPOSITIONS

3. Obtenir de l'OMI la fixation d'objectifs contraignants sur l'indicateur EEDI (indice permettant de noter l'efficacité énergétique des nouveaux navires).

4. Obtenir de l'OMI la définition en parallèle d'un mécanisme économique, qui pourrait être un marché de droits d'émissions, incitant à la limitation des émissions lors de l'exploitation des navires.

5. Imposer une limite de vitesse aux navires. Le contrôle de cette mesure reste à définir et pourrait reposer sur l'État du port d'arrivée.

6. Traiter avec fermeté les problèmes sociaux et de sécurité liés aux pavillons de complaisance. Les considérations de consommation d'énergie et de rejet de GES viennent renforcer cette nécessité.

Dans l'Union européenne :

7. Inclure le transport maritime intra-européen dans le marché EU-ETS.

8. Étudier les effets de l'inclusion du transport maritime au départ ou à destination de l'Union européenne dans le marché EU-ETS.

2.2. Le secteur aérien

Le secteur aérien représente 5 % des émissions de dioxyde de carbone liées au transport de marchandises. Il est néanmoins plus fortement contributeur au changement climatique si l'on tient compte des autres gaz émis dans l'atmosphère. Fortement consommateur d'énergie, il a augmenté ses émissions de 48 % entre 1990 et 2005, soit plus vite que l'ensemble des émissions mondiales qui sont en hausse de 29 %. Les études prospectives indiquent que, selon la forme que prendra la future économie mondiale, la place de l'aviation commerciale pourra varier fortement mais connaîtra dans toutes les hypothèses une croissance importante. Compte tenu des modalités de transport des marchandises (sur des avions de ligne ou « tout cargo »), toute amélioration technologique, comme toute régulation, concernera l'ensemble du secteur.

La crise économique a touché fortement le secteur aérien, qui s'est partiellement adapté en privilégiant le transport de marchandises dans les soutes des avions

de passagers et en fermant certaines lignes « tout cargo ». Jusqu'à la crise, ce secteur avait connu une croissance rapide. Selon l'OACI (Organisation de l'aviation civile internationale), l'industrie de l'aviation croîtra de 5 % par an d'ici à 2020, ce qui équivaut à un doublement des émissions de CO₂ entre 2005 et 2030¹.

Les marges de progrès sont importantes mais plus faibles que pour le mode maritime. En particulier, on ne dispose pas de la marge de manœuvre que constitue le ralentissement de la vitesse. Les constructeurs prévoient toutefois une amélioration technologique des moteurs de 2 % par an au maximum. Le Conseil pour la recherche aéronautique en Europe (ACARE)² a établi une feuille de route pour 2020 conduisant à réduire de 50 % les émissions de CO₂ des avions. Cette réduction se répartit comme suit : 15 % à 20 % pour les moteurs, 20 % à 25 % pour la cellule et 5 % à 10 % pour le système de navigation aérienne, notamment par une réduction des files d'attente.

Dans l'état actuel des connaissances, les agrocarburants ne sauraient constituer une solution miracle aux problèmes environnementaux rencontrés par l'aviation et ne peuvent être considérés que comme un complément marginal au pétrole. L'intérêt environnemental de la première génération de biocarburants reste à démontrer. En outre, les terres agricoles disponibles ne pourront satisfaire une demande trop importante en agrocarburants. Les générations suivantes (y compris les algues) sont encore à l'étude. Néanmoins, les perspectives offertes par les agrocarburants de deuxième et de troisième générations sont suffisamment intéressantes pour que les recherches soient poursuivies activement : selon l'AIE, ils pourraient représenter 30 % des carburants aériens en 2050.

PROPOSITIONS

9. Étendre le marché de permis de quotas de CO₂ mis en place en Europe à tous les vols à destination ou en partance des pays s'engageant sur des objectifs de réduction.

10. Obtenir de l'OACI la mise en place d'objectifs contraignants de performance pour les avions qui seront construits dans l'avenir.

11. Accentuer les recherches sur les agrocarburants de deuxième et troisième générations.

[1] Kageson P. (2009), « Environmental impacts of international transport: Making international transport pay its climate bill », *Paper submitted to the 2009 International Transport Forum Ministerial meeting on Mitigating congestion*, Sofia, mai.

[2] Créé en juin 2001, ACARE (Advisory Council for Aeronautical Research in Europe) regroupe des représentants de 25 pays d'Europe.

2.3. Le secteur routier

À l'échelle mondiale, le secteur routier représente plus de la moitié des émissions du fret. Même si le modèle d'Europe occidentale, avec un secteur routier assurant à lui seul plus de 80 % des transports terrestres, n'est pas répandu dans toutes les régions du monde, le mode routier joue un rôle majeur dans l'ensemble des déplacements internes à un continent.

De nombreux progrès ont été obtenus au fil des ans par les politiques européennes combinant innovations technologiques, normes d'émissions, mesures économiques (péages, redevances d'utilisation de l'infrastructure), etc. Il n'existe pas en la matière de solution miracle, qu'elle soit technologique ou organisationnelle. Seule l'addition de nombreuses solutions partielles permettra de réduire fortement les émissions du transport routier de marchandises.

Les travaux du Centre d'analyse stratégique¹ ont montré qu'une division des émissions par un facteur 2 à l'horizon 2050 est un objectif réaliste pour la France, sans remettre en cause la croissance tendancielle des trafics. Un objectif de réduction plus ambitieux appelle des réformes plus radicales. Si l'usage de modes de transport alternatifs à la route est souhaitable quand les conditions sont propices (le « transfert modal » vers le rail, la voie navigable et la voie maritime), le principal gisement de progrès réside dans l'amélioration de l'efficacité du transport routier lui-même.

PROPOSITIONS

12. Mettre en place un lieu d'échange des bonnes pratiques dans le secteur du transport terrestre, et en premier lieu du transport routier, tant dans le domaine technologique qu'en matière de gestion logistique et de réglementation : le Forum international des transports pourrait assurer cette fonction.

13. Instaurer des normes d'émissions mondiales aussi bien pour les véhicules utilitaires légers que pour les poids lourds, complétant les normes sur les automobiles.

Dans l'Union européenne :

14. Internaliser le coût du carbone soit par une taxe carbone européenne [qui nécessite une décision à l'unanimité], soit par l'extension du marché européen de quotas d'émissions de GES à l'ensemble des

[1] Savy M. et Daude C. (2008), *op. cit.*

combustibles fossiles (produits ou importés), qui peut être adoptée par une simple décision à la majorité qualifiée, soit par l'inclusion du secteur du transport routier de marchandises dans le marché ETS.

15. Préparer un projet de règlement technique relatif à la mesure des émissions de gaz à effet de serre des poids lourds et imposer aux constructeurs l'affichage des émissions de CO₂ de tout véhicule neuf.

16. Favoriser l'adoption du projet de règlement d'octobre 2009 de la Commission relatif à la limitation des émissions des véhicules utilitaires légers¹, dont une part significative est utilisée pour le transport des marchandises en ville, et qui constituent un important potentiel de réduction. Le développement des véhicules utilitaires légers, hybrides, puis entièrement électriques, doit être encouragé en parallèle.

17. Promouvoir l'écoconduite associée à des dispositifs automatiques d'aide à la conduite et d'enregistrement des consommations. La recherche et l'innovation dans ce domaine devront être encouragées.

18. Harmoniser les limitations de vitesse des poids lourds dans l'ensemble de l'Union et imposer à 90 km/h le bridage de leur motorisation, dont la conception pourra ainsi être optimisée.

En France :

19. Réaliser un bilan socioéconomique complet *ex-ante* de l'introduction des « super camions » permettant d'augmenter les capacités de chargement des véhicules, tels que les EMS de 25,25 m de long. Leur circulation serait limitée aux voies autoroutières et aux voies routières offrant, comme c'est le cas dans l'expérimentation néerlandaise, une chaussée séparée pour les piétons et pour les cyclistes. Leur vitesse sur autoroute ne pourrait dépasser 80 km/h. Ils seraient interdits sur les itinéraires où existe une offre alternative plus efficace en termes énergétiques et environnementaux (voies fluviales et ferrées, cabotage maritime). L'étude prendra en compte les gains de productivité liés à l'usage de véhicules plus grands, ainsi que leur incidence sur la sécurité, selon diverses hypothèses de vitesse maximale. Elle intégrera

[1] Ce projet de règlement a été discuté une première fois lors du Conseil des ministres de l'Environnement de mars 2010 sans qu'un accord global ait pu être trouvé. Il propose notamment de limiter à 175 g de CO₂/km le niveau moyen d'émissions de CO₂ pour les véhicules utilitaires légers neufs, cet objectif devant être atteint de manière progressive entre 2014 et 2016. La proposition fixe également un objectif à long terme de 135 g de CO₂/km d'ici à 2020 et soumet les constructeurs à des pénalités si leur parc n'atteint pas l'objectif fixé.

aussi les effets sur le développement économique régional d'une desserte spatiale différenciée, entre les zones proches des échangeurs d'autoroute desservies par les « super camions » et le reste du territoire.

2.4. Le secteur ferroviaire

Afin notamment d'enrayer le déclin du transport ferroviaire, généralisé en Europe, l'Union européenne a mené depuis le début des années 1990 une politique de libéralisation progressive visant à développer la concurrence interne en autorisant l'entrée de nouveaux opérateurs¹. Après l'ouverture à la concurrence du réseau ferroviaire transeuropéen le 1^{er} janvier 2006, le marché de fret ferroviaire national a été ouvert début 2007. La Commission a également pris des dispositions d'harmonisation des normes techniques visant à l'interopérabilité des réseaux. Force est de constater qu'après vingt ans de réformes, la part du fer dans l'acheminement du fret continue de décliner au bénéfice de la route.

En tout état de cause, le chemin de fer en Europe occidentale n'est pertinent que sur quelques segments de marché qu'il convient de développer : transport sur longue distance, desserte des grands ports, des grandes agglomérations et des industries lourdes ; navettes massifiées et répétitives même sur des distances plus courtes.

PROPOSITIONS

20. Mettre en place un nouveau modèle industriel du transport ferré de fret à l'échelle de l'Europe (tirant les leçons, lorsqu'elles sont transposables, du succès du rail en Amérique du Nord) : trains longs et lourds bénéficiant de sillons de bonne qualité, voire d'axes dédiés.

21. Développer le trafic de trains complets, le transport intermodal rail-route (conteneurs, caisses mobiles), les autoroutes ferroviaires.

22. Développer des trafics plus faibles ne nécessitant que quelques wagons (dits isolés) et non des trains entiers par la mise en place d'entreprises spécialisées, les opérateurs ferroviaires de proximité (OFFP).

23. Engager avec la Commission européenne et les autres États membres une réflexion sur la nécessité de pratiques coopératives dans l'organisation des réseaux, en adéquation avec les nouvelles règles de la concurrence.

[1] Raynard C. (2008), « Le fret ferroviaire en Allemagne : du redressement à la stratégie continentale », *La Note de veille*, Centre d'analyse stratégique, n° 95, avril.

2.5. Le secteur fluvial

Au niveau européen, la part du secteur fluvial reste limitée par la géographie. Elle est de l'ordre de 500 millions de tonnes de marchandises sur un total de 19000 millions de tonnes, tous modes terrestres confondus. L'efficacité environnementale et énergétique de ce mode est cependant excellente et il convient d'en soutenir l'usage. En outre, certains fleuves, tel le Danube, présentent un fort potentiel de développement.

PROPOSITIONS

24. Améliorer les moteurs des navires, responsables d'une importante pollution locale (avec des aides particulières au besoin).

25. Promouvoir l'usage du transport fluvial (aménagement des voies et des quais, soutien aux organisations logistiques multimodales).

3 ■ Réduire les tonnes-kilomètres : la logistique

L'efficacité des opérations de transport, notamment quand il s'agit d'intégrer plusieurs maillons dans des chaînes multimodales mobilisant chaque technique pour ses qualités propres, dépend fortement de la qualité de l'organisation des flux. Autour de la fonction logistique se sont constitués des opérateurs associant les activités de transport et d'entreposage, ainsi que les activités liées de manutention, d'emballage, de distribution, de gestion de stock, etc. La logistique fait désormais partie des champs d'intervention publique à l'échelle régionale, nationale et européenne.

PROPOSITIONS

26. Accroître les efforts de R & D dans la logistique afin de déterminer les meilleures pistes pour réduire les émissions.

27. Mettre en place, en liaison avec les professionnels, un dispositif de mesure de l'efficacité de la logistique en matière de développement durable et notamment d'émissions de GES, comparant les pratiques et mettant en lumière les marges de progrès (réduction des distances de transport, massification et mutualisation des flux, etc.). Attribuer un label « Transport Vert » aux entreprises les plus performantes en matière de logistique durable.

28. Mettre l'accent sur la logistique urbaine en particulier pour le dernier kilomètre, c'est-à-dire tenant compte des déplacements des consommateurs en même temps que du transport des marchandises. Réserver des espaces fonciers pour les activités logistiques en ville et introduire la logistique dans les programmes d'aménagement urbain. Favoriser la mixité des activités dans les villes et orienter la recherche vers la conception d'outils logistiques (véhicules, bâtiments, etc.) plus performants et mieux intégrés au milieu urbain.

29. Favoriser la livraison à domicile en remplacement des déplacements d'achat des consommateurs, avec une organisation logistique adéquate utilisant des véhicules hybrides électriques, ainsi que l'approvisionnement local pour certaines régions françaises (là où les quantités permettent d'assurer une logistique efficace).

30. Surveiller la consommation des magasins et plates-formes : le développement d'un outil de mesure permettrait aux entreprises de quantifier leurs émissions de GES, de les introduire dans leurs critères de gestion et ainsi de réduire l'impact des choix logistiques sur l'ensemble de la chaîne.

Conclusion

Le transport de marchandises est un secteur clé de la négociation sur la réduction des émissions de GES.

À l'échelle mondiale comme à l'échelle européenne et nationale, il convient de distinguer les trois modes de transport qui acheminent la plus grosse part des trafics : le maritime, l'aérien et le routier. Les deux premiers sont pris en charge par des organisations internationales pour ce qui concerne les flux internationaux. Le transport routier, nécessairement intracontinental, n'est pas sous la responsabilité d'une organisation mondiale mais il recèle un gisement de progrès considérable. Forte de son expérience et de ses bonnes pratiques, l'Europe peut ici jouer un rôle d'incitation à l'égard des autres parties du monde.

Ce rapport propose des mesures techniques, réglementaires et organisationnelles propres à chaque mode. Elles peuvent permettre des avancées notables, comme la politique européenne l'a déjà démontré, par exemple pour la réduction de la pollution locale des moteurs diesel ou l'amélioration de la sécurité routière. On remarque que la voie choisie ne reposait pas sur les mécanismes de prix (un renchérissement des taxes sur la pollution ou des primes d'assurance) mais sur la normalisation technique, l'éducation, le contrôle et la sanction. Pour autant, ces interventions directes ont leurs limites et une action de caractère économique (fixation de quotas, taxation, établissement d'un marché des droits d'émission, etc.) doit venir les compléter, au plus haut niveau géographique possible.

Les améliorations techniques des transports, dans les phases de conception des matériels ou de leur exploitation, ne peuvent conduire au mieux qu'à stabiliser les émissions du secteur. Ce résultat reste très éloigné du facteur 2 souhaité à l'échelle planétaire. Si le fret se doit de contribuer résolument à la lutte contre le changement climatique, il convient de souligner que les potentiels de réduction des émissions sont très différents d'un secteur à l'autre et que la comparaison du coût des mesures de réduction d'émissions entre le fret et d'autres secteurs tels que le bâtiment et l'industrie semble indispensable.

Une action dans le champ du transport de marchandises est nécessaire et possible. Elle s'inscrit dans une réflexion et une cohérence plus larges, intersectorielles. Un problème aussi vaste que le changement climatique, et la réduction des émissions de gaz à effet de serre qui en sont la cause, réclame en réponse des dispositifs capables d'en saisir et d'en traiter toute la complexité.

Annexes



Annexe 1

Lettre de mission



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

La secrétaire d'État
chargée de l'Écologie

Le secrétaire d'État
chargé des Transports

ARRIVÉE
Le Directeur général
Le 05/06/09, N° 104

Paris, le 05 JUIN 2009

Madame la Ministre,

Sept milliards de tonnes de marchandises sont aujourd'hui échangées entre l'Europe, l'Amérique et l'Asie, contre à peine 550 millions en 1950. Ce développement considérable des transports s'explique par la croissance du PIB de chaque pays mais également par la mondialisation qui se traduit par une croissance des échanges plus rapide que celle de la production. Quels que soient les scénarii envisagés, le développement des transports prévu d'ici à 2050 semble considérable. Ainsi, les projections de croissance, réalisées avant la crise, aboutissaient à des multiplications par trois du trafic maritime mondial d'ici à 2020 et du transport mondial de marchandises d'ici à 2050. En Europe, malgré toutes les politiques encourageant les modes de transport alternatifs, les études prospectives montrent que les transports routiers de marchandises pourraient doubler d'ici 2030.

Simultanément, les pays du G8 ont retenu en juin dernier un objectif mondial de division par deux des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050. Pour sa part, la loi de mise en œuvre du Grenelle de l'environnement retient un objectif de réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports d'ici 2020, un passage de la part de marché du non routier et non aérien de 14 % à 25 % à l'échéance 2022 ainsi qu'une croissance de 25 % de la part de marché du fret non routier et non aérien d'ici à 2012.

Dans cette perspective, nous vous serions reconnaissants de demander au Centre d'analyse stratégique de mettre en place un groupe de travail qui s'interrogera sur les moyens permettant de concilier l'impératif de lutte contre le changement climatique et le devenir du transport de marchandises à un niveau international et européen. Il sera chargé de formuler, pour octobre 2009, des recommandations de politiques publiques, destinées à résoudre l'équation de l'augmentation de la demande de transport de marchandises tout en respectant les objectifs de réduction des émissions de GES. Des réflexions et des mesures, au niveau national comme au niveau européen, visant à réduire les émissions induites par les opérations de transport devront être menées.

Madame Nathalie KOSCIUSKO-MORIZET
Secrétaire d'État chargée de la Prospective
et du Développement de l'Économie numérique,
auprès du Premier ministre
35, rue Saint-Dominique
75709 Paris cedex 07

Copie : Monsieur le Directeur général du Centre d'analyse stratégique

Présent
pour
l'avenir

Hôtel de Roquette - 246, boulevard Saint-Germain - 75007 Paris - Tél : 33 (0)1 40 81 21 22
www.developpementdurable.gouv.fr

www.developpementdurable.gouv.fr

Annexe 2

Composition du groupe de travail

Président

Michel Savy

Professeur à l'université Paris-12 et à l'École nationale des Ponts et Chaussées

Vice-président

Claude Abraham

Ingénieur général des Ponts et Chaussées

Rapporteurs

Johanne Buba

Chargée de mission, Centre d'analyse stratégique

Caroline Daude

Chargée de mission, Inspection générale des finances

Membres

Dominique Auverlot

Chef du département Développement durable, Centre d'analyse stratégique

Jean-Pierre Bompard

Délégué à l'énergie, l'environnement et au développement durable, CFDT

Philippe Crist

Administrateur, Forum international des transports

Nina Kousnetzoff

Économiste senior, CEPII

François Lescaroux

GDF SUEZ

Marie-Claire Lhenry

Direction générale énergie et climat, MEEDDM

Jean-François Mas

Responsable Transport, Direction générale des opérations, L'Oréal

Alain Morcheoine

Directeur de l'air, du bruit et de l'efficacité énergétique, ADEME

Olivier Rech

Consultant

Christophe Rizet

INRETS DEST

Annexe 3

Personnes auditionnées

Pierre Albano, vice-président Environnement, Air France KLM,
sur « L'impact environnemental de l'aviation »

Pierre-Olivier Bandet, directeur Marketing et Réseau, Air France KLM,
sur « Les stratégies du secteur aérien »

Agnès Bénassy-Quéré, directrice, CEPII,
sur « L'impact de la crise sur le commerce international »

Loïc Charbonnier, DGITM,
sur « La politique française en matière de transport routier »

Yvan Decreux, responsable du modèle MIRAGE, CEPII,
sur « L'impact de la crise sur le commerce international »

Catherine Distler, co-directrice, Projet Transport maritime 2030, université
de Columbia, sur « Les perspectives de croissance du transport maritime »

Michel Froissart, consultant, ESTIA,
sur « L'impact environnemental du e-commerce »

Claude Gressier, MEEDDM,
sur l'exercice « Une prospective 2050 pour les transports »

Jean-Marc Lacave, directeur, CMA CGM,
sur « Les stratégies du secteur maritime »

Philippe Langumier, DGAC,
sur « Les négociations à l'OACI »

Yves Le Borgne, chargé de mission fret auprès du directeur des transports
aériens, DGAC, sur « L'avenir du fret aérien »

Rémi Mayet, Commission européenne,
sur « La stratégie européenne en matière de transport terrestre »

Olivier Paul-Dubois-Taine, MEEDDM,
sur l'exercice « Une prospective 2050 pour les transports »

Bernard Paule, consultant, ESTIA,
sur « L'impact environnemental du e-commerce »

Christophe Ripert, spécialiste de l'aménagement et de la gestion de plates-
formes logistiques de fret multimodales et urbaines, Sogaris,
sur « La logistique urbaine »

Bibliographie

ADEME, *Plan Transport, Urbanisme, Gaz à effet de serre*, rapport de synthèse du GT1 « Technologies », www.certu.fr/fr/_Projets_transversaux-n206/Energie_et_effet_de_serre-n211/IMG/pdf/PlanTUGES_GT1_rapport_.pdf.

AEE (Agence européenne pour l'environnement) (2009), *TERM 027: Development of Specific CO₂ Emissions from Road Passenger and Freight Transport in Europe*, août.

AEE (Agence européenne pour l'environnement) (2009), *Transport at a Crossroads – TERM 2008: Indicators tracking transport and environment in the European Union*, EEA Report, n° 3/2009, mars.

AEE (Agence européenne pour l'environnement) (2008), *Climate for a Transport Change – TERM 2007: Indicators tracking transport and environment in the European Union*, EEA Report, n° 1/2008, Copenhague, mars.

AEE (Agence européenne pour l'environnement) (2003), *TERM 027: Overall Energy Efficiency and Specific CO₂ Emissions for Passenger and Freight Transport*, Indicator factsheet.

Aghion P., Hemous D. et Veugelers R. (2009), « No green growth without innovation », *Bruegel Policy Brief*, novembre.

AIE (Agence internationale de l'énergie) (2009), *World Energy Outlook 2009*.

AIE (Agence internationale de l'énergie) (2009), *Émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie*, édition 2009.

AIE (Agence internationale de l'énergie) (2009), *Transport, Energy and CO₂: Moving Toward Sustainability*, IEA/OECD.

Austin D. (1999), *Economic Instruments for Pollution Control and Prevention – A Brief Overview*, World Resources Institute.

Barbier C., Baron R. et Cohendet V. (2004), « Politique climatique et compétitivité en Europe – Enjeux du secteur du transport routier de marchandises », *Idées pour le débat*, n° 17, IDDRI, juillet.

Ben Jelloul M. (2009), « Politique climatique des États-Unis : quel instrument économique pour un signal prix-carbone ? », *La Note de veille*, Centre d'analyse stratégique, n° 127, mars.

Bénassy-Quéré A. *et al.* (2004), *Politique économique*, Bruxelles, De Boeck.

Bonnafous A. (2010), « Transports : réchauffement climatique et nouvelles stratégies », *Présentation au Club du CEPII*, 16 avril.

BP (2009), *BP Statistical Review of World Energy*, juin.

Caisse des Dépôts (2009), *CO₂ et énergie, France et Monde*, Chiffres clés.

Centre d'analyse stratégique (2010), *Les cessions d'actifs agricoles à des investisseurs étrangers dans les pays en développement*, rapport du groupe de travail présidé par Michel Clavé, juin : www.strategie.gouv.fr/article.php3?id_article=1196.

Centre d'analyse stratégique (2008), *Pour une régulation durable du transport routier de marchandises*, vol. 2, rapports des groupes de travail de la mission présidée par Claude Abraham, Paris, La Documentation française, novembre.

Centre d'analyse stratégique (2008), *Pour une régulation durable du transport routier de marchandises*, vol. 1, rapport de la mission présidée par Claude Abraham, Paris, La Documentation française, août.

CNUCED (Conférence des Nations unies sur le Commerce et le Développement) (2009), *Review of Maritime Transport*, décembre.

CNUCED (Conférence des Nations unies sur le Commerce et le Développement) (2007), « The modal split of international goods transport », *UNCTAD Transport Newsletter*, n° 38.

Commission européenne (2010), « Un avenir durable pour les transports : vers un système intégré, convivial et fondé sur la technologie », *COM(2009) 279 final/2*, Bruxelles, 20 mai.

Commission européenne (2009), *TRANSvisions*, DG TREN, mars.

Commission européenne (2009), *EU Energy and Transport in Figures. Statistical Pocketbook 2009*, DG TREN.

Commission européenne (2008), *European Energy and Transport. Trends to 2030 – Update 2007*, avril.

Commission européenne (2007), *European Energy and Transport. Trends to 2030 – Update 2007*.

Commission européenne (2007), « Plan d'action pour la logistique du transport de marchandises », *COM(2007) 607 final*, Bruxelles, 18 octobre.

Commission européenne (2006), « La logistique du transport de marchandises en Europe, la clé de la mobilité durable », *COM(2006) 336 final*, Bruxelles, 28 juin, www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com%282006%290336_/com_com%282006%290336_fr.pdf.

CONSAVE 2050 (2006), *Constrained Scenarios on Aviation and Emissions*, groupe de travail financé par la Commission européenne et coordonné par le Deutsches Zentrum für Luft and Raumfahrt, juillet, www.dlr.de/consave/.

Criqui P. (2009), « Au cœur du futur régime climatique international : taxes ou quotas de CO₂ », in Tirole J., *Politique climatique : une nouvelle architecture*, rapport du Conseil d'analyse économique, n° 87, octobre.

Crist P. (2009), « Greenhouse gas emissions reduction potential from international shipping », *Discussion Paper*, OECD/ITF, mai.

Energy Information Administration (2008), *International Energy Outlook*, septembre.

ESTIA (2009), *E-commerce et environnement. Étude de l'impact environnemental de l'achat sur Internet et dans le commerce traditionnel*, étude réalisée par ESTIA pour la FEVAD, juin.

Eurostat (2010), « Goods transport by rail declining by the end of 2008. Rail freight transport in Europe », *Statistics in Focus*, n° 19, novembre.

Eurostat (2009), *Energy, Transport and Environment Indicators*, Eurostat Pocketbooks, décembre.

Eurostat (2009), *Panorama of Transport*, Eurostat Statistical Books, mai.

Fontagné L. et Mimouni M. (2002), « Globalisation, performances commerciales et développement », *Reflets et Perspectives de la vie économique*, n° 2, p. 27-39.

Forum international des transports (2008), *Greenhouse Gas Reduction Strategies in the Transport Sector*, Rapport préliminaire, OCDE/FIT.

Forum international des transports (2008), *Transport and Energy: The Challenge of Climate Change*, Leipzig.

Fuglestad J. *et al.* (2008), « Climate forcing from the transport sectors », *PNAS*, vol. 105, n° 2, National Academy of Sciences of the USA, janvier, p. 454-458.

Gaulier G., Jean S. et Ünal-Kesenci D. (2006), « Régionalisation et régionalisme », in *L'Économie mondiale 2006*, CEPII, Paris, La Découverte, p. 84-95.

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) (2007), *Climate Change 2007*, Synthesis Report, novembre.

Gouel C., Kousnetzoff N. et Salman H. (2008), « Commerce international et transports : tendances du passé et prospective 2020 », *Document de travail*, CEPII, n° 2008-28, décembre.

Grenelle de la mer (2010), *Navire du futur*, rapport du groupe n° 12 piloté par Jean-Marie Poimboeuf, 12 avril.

Grenelle de la mer (2009), *Le Livre bleu des engagements du Grenelle de la mer*, 10 et 15 juillet.

IATA (International Air Transport Association) (2009), « A global approach to reducing aviation emissions. First stop: carbon-neutral growth from 2020 », brochure, novembre.

IATA (International Air Transport Association) (2009), *The IATA Technology Roadmap Report*, juin.

Institut français de l'environnement (2004), « Transport aérien de passagers et effet de serre », *Les Données de l'Environnement*, n° 97, novembre.

JTRC (Joint Transport Research Centre) (2008), « Transport Outlook 2008: Focusing on CO₂ emissions from road Vehicles », *JTRC Discussion Paper*, n° 2008-13, ITF/OECD, Paris.

Kageson P. (2009), « Environmental impacts of international transport: Making international transport pay its climate bill », *Paper submitted to the 2009 International Transport Forum Ministerial meeting on Mitigating congestion*, Sofia, mai.

Le Du H. et Delalande D. (2009), « La crise : une chance pour le facteur 4 », *TEC*, n° 204, décembre.

Lemoine M. *et al.* (2007), *Les grandes questions d'économie et finance internationales*, Bruxelles, De Boeck.

Mandryk W. (2009), « Measuring global seaborne trade », *Lloyd's MIU, International Maritime Statistics Forum*, New Orleans, 4-6 mai.

OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) (2007), « Buoyancy in airline traffic continues in 2007 », *ICAO News Release*, Montréal, décembre.

L'Observateur de l'OCDE (2008), *Cap sur les réductions : transport maritime et émissions de CO₂*, n° 267, mai-juin.

OCDE (2010), *Globalisation, Transport and the Environment*, 275 p.

OCDE-FIT (Forum international des transports) (2009), « Transport Outlook 2009 – Globalisation, Crisis and Transport », *Discussion Paper*, n° 2009/12, Joint Transport Research Centre, mai.

OMC-PNUE (Organisation mondiale du commerce – Programme des Nations unies pour l'environnement) (2009), *Commerce et changement climatique*, Genève.

OMI (Organisation maritime internationale) (2010), *Prevention of air Pollution from ships*, Submitted by International Union for Conservation of Nature (IUCN), MEPC 60/4/55, 28 janvier.

OMI (Organisation maritime internationale) (2009), *Second IMO GHG Study 2009*, Londres, avril.

OMI (Organisation maritime internationale) (2008), *Input to the FCCC/AWGLCA/2008/16 – The Assembly document*.

OMM-PNUE (Organisation météorologique mondiale – Programme des Nations unies pour l'environnement) (1999), *L'aviation et l'atmosphère planétaire*, rapport spécial du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

Philibert C. (2003) « Prix versus quantités : taxes ou permis contre le changement climatique », in Guesnerie R., *Kyoto et l'économie de l'effet de serre*, rapport du Conseil d'analyse économique, n° 39, Paris, La Documentation française, p. 205-219.

PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement) (2009), *Towards Sustainable Production and Use of Resources: Assessing Biofuels*.

Raynard C. (2008), « Le fret ferroviaire en Allemagne : du redressement à la stratégie continentale », *La Note de veille*, Centre d'analyse stratégique, n° 95, avril.

Réseau Action Climat France (2007), « Dix ans du protocole de Kyoto – Bilan et perspectives pour les négociations de l'après-2012 », *Dossier de presse*, novembre.

Reuters (2009), *Shipping Industry to Feel Heat over CO₂ Emissions*, 9 juillet.

Rizet C. et al. (2008), *Maîtriser la consommation d'énergie des chaînes logistiques – Cas des meubles et des fruits et légumes*, Collaboration entre l'INRETS, University of Westminster TSG et FUNDP GRT, décembre.

Rizet C. et Keïta B. (2005), « Chaînes logistiques et Consommation d'énergie – Cas du yaourt et du jean », in Actes de la journée INRETS-PREDIT-COST du 18 mai, *Actes INRETS*, n° 106, juin, p. 61-74.

Sanière A., Serbutoviez S. et Silva C. (2009), *Les investissements en exploration-production et raffinage 2009*, IFP, novembre.

Savy M. et Daude C. (2008), « Transport routier de marchandises et gaz à effet de serre », in *Pour une régulation durable du transport routier de marchandises*, vol. 2, rapports des groupes de travail de la mission présidée par Claude Abraham, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française, novembre, p. 375-466.

SNCF (2007), *Quels trafics ferroviaires à horizon 2025 ? Quels impacts en termes d'émissions de CO₂ ?*, note réalisée pour le groupe de travail du Plan TUGES (Transports, urbanisme, gaz à effet de serre), juin.

Teissier O. (2010), *Impact sur les trafics de la généralisation du 44 tonnes*, CGDD/SEEI/MA3. Résultats provisoires.

Torvanger A., Bogstrand B., Bieltvedt Skeie R. et Fuglestedt J (2007), « Climate regulation of ships », *CICERO Report 2007*, décembre.

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) (2004), *Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability*, Full report.

Woodburn A. et al. (2008), *The Impacts of Globalisation on International Road and Rail Freight Transport Activity*, OECD/ITF Global Forum on Sustainable Development, 10-12 novembre, Guadalajara, Mexique.



Le rapport
Le fret mondial et le changement climatique
est une publication
du Centre d'analyse stratégique

Directeur de la publication :
Vincent Chriqui, directeur général

Directeur de la rédaction :
Pierre-François Mourier,
directeur général adjoint

Secrétariat de rédaction :
Olivier de Broca

Création : Christine Mahoudiaux

Crédits photos :

Couverture : Fotolia

Page 3 : Thierry Marro
(Centre d'analyse stratégique)

Réalisation : AWS

Impression :

Imprimé en France

Df : 5RD23920

ISBN : 978-2-11-008353-1

© Direction de l'information légale
et administrative – Paris, 2010

Diffusion :

Direction de l'information légale
et administrative

La documentation Française

Dépôt légal : novembre 2010

Contact presse :

Jean-Michel Roullé, responsable
de la Communication

01 42 75 61 37 / 06 46 55 38 38

jean-michel.roulle@strategie.gouv.fr

www.strategie.gouv.fr

« En application de la loi du 11 mars 1957 (art. 41) et du code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992, complétés par la loi du 3 janvier 1995, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans autorisation expresse de l'éditeur. Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif et collectif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre. »



Centre d'analyse stratégique

18, rue de Martignac
75700 Paris Cedex 07
Tél. 01 42 75 60 00

www.strategie.gouv.fr

La mondialisation a entraîné une formidable intensification des échanges commerciaux. Par terre, air ou mer, les volumes de marchandises transportés ne cessent d'augmenter... et dans leur sillage les concentrations de gaz à effet de serre. Aujourd'hui, le fret à lui seul représente 10 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone. Si les tendances actuelles se poursuivent, ses émissions pourraient tripler d'ici à 2050. Pourtant, le sujet semble absent du débat public. À peine évoqué lors des négociations climatiques internationales, il échappe en grande partie aux efforts de régulation. De fait, l'équation à résoudre est redoutable : comment peut-on concilier la lutte contre le changement climatique et le développement du commerce international ?

Ce rapport dresse un état des lieux complet, par modes de transport et par régions du monde. Après avoir identifié les déterminants des évolutions à venir, il présente une trentaine de propositions opérationnelles.

Car la solution ne viendra pas d'un remède miracle mais bien de la combinaison intelligente de divers outils et leviers, qu'ils soient technologiques, économiques ou réglementaires. Leur mise en place exigera un réel volontarisme politique.

Diffusion

Direction de l'information légale et administrative

La **documentation** Française

Tél. : 01 40 15 70 00

www.ladocumentationfrancaise.fr



Imprimé en France

Df : 5RD23920

ISBN : 978-2-11-008353-1

Prix : 10,00 euros