

**LES INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT DU TRANSPORT
DE MARCHANDISES**

ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES

Paris

Document complet disponible sur OLIS dans son format d'origine

Complete document available on OLIS in its original format

Ce document fait partie du programme du travail de l'OCDE sur le commerce et l'environnement. Présenté à la Session conjointe des experts des échanges et de l'environnement, il a été préparé par Dr. Joy Hecht, consultante, sous la supervision de Dale Andrew de la Direction des Échanges. Le présent texte est maintenant disponible sur l'Internet sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE, en vue de diffuser les informations sur ce sujet auprès d'un plus large public.

Ce document est également disponible en anglais.

© OCDE 1997

Les demandes de reproduction ou de traduction totales ou partielles de cette publication doivent être adressées à :

**M. le Chef du Service des Publications, OCDE, 2 rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16,
France.**

TABLE DES MATIÈRES

LES INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT DU TRANSPORT DE MARCHANDISES.....	6
Résumé à l'intention des dirigeants	6
I. Introduction.....	7
A) Définition de l'impact sur l'environnement	7
B) Quantification et comparaison des facteurs d'agression de l'environnement et leurs incidences	7
C) Aperçu des impacts par milieu naturel.....	8
II. Transport maritime.....	13
A) Pollution opérationnelle par les hydrocarbures	13
B) Élimination des déchets solides	15
C) Rejets accidentels.....	15
D) Pollution atmosphérique.....	17
E) Construction et entretien des ports et des canaux	20
F) Espèces aquatiques allogènes.....	21
III. Transport aérien.....	22
A) Pollution atmosphérique à faible altitude.....	22
B) Pollution atmosphérique mondiale	22
C) Externalités des aéroports.....	23
IV. Camionnage	24
A) Pollution atmosphérique.....	24
B) Pollution sonore	27
V. Transport ferroviaire	29
A) Pollution atmosphérique.....	30
B) Pollution sonore	31
VI. Transport par conduites	31
A) Accidents	32
B) Pollution atmosphérique.....	33
VII. Transferts entre modes de transport	33
VIII. Comparaisons et conclusions	34
RÉFÉRENCES.....	37

Tableaux

Tableau 1. Résumé des effets nocifs causés par la pollution atmosphérique sur l'environnement	9
Tableau 2. Principales dispositions de MARPOL 73/78, Annexe I (Pollution par les hydrocarbures)	14
Tableau 3. Rejets d'hydrocarbures dans les eaux navigables des États-Unis, 1992-1994	16
Tableau 4. Rejets d'hydrocarbures et de produits chimiques dans les eaux côtières des États-Unis par gallons transportés	17
Tableau 5. Coefficients d'émission de polluants atmosphériques du transport maritime, en grammes/tonne par km.....	18
Tableau 6. Coefficients d'émissions estimés par l'US EPA pour les bâtiments de la marine en kg/litres 10 ³	19
Tableau 7. Émissions rejetées par les bateaux naviguant sur les voies d'eau intérieures	19
Tableau 8. Estimations relatives aux émissions des aéronefs volant à haute altitude, en grammes/tonne au km	23
Tableau 9. Coefficients d'émission de polluants atmosphériques des poids lourds, en grammes/tonne au km	25
Tableau 10. US EPA : coefficients d'émission de polluants-critères choisis, rejetés par les camions	26
Tableau 11. US EPA. coefficients d'émission de particules et de SO ₂ , en grammes/mile	26
Tableau 12. Volume sonore émis par chaque passage de poids lourds, en dB(A).....	27
Tableau 13. Coûts de la pollution sonore produite par les poids lourds, exprimés en part du PIB	29
Tableau 14. Émissions de polluants atmosphériques, en grammes/tonne-km.....	30
Tableau 15. Coefficients d'émission des polluants atmosphériques rejetés par les trains, définis par l'US EPA en kg/litre de carburant.	31
Tableau 16. Statistiques sur la sécurité des pipelines aux États-Unis	32
Tableau 17. Émissions des pipelines, en grammes/tonne par km.....	33
Tableau 18. Fourchettes des coefficients d'émission atmosphérique des camions, des trains et des bateaux, en grammes/tonne par km	35
Tableau 19. Comparaison des coûts moyens environnementaux extérieurs et des coûts dus aux accidents du transport routier et transport ferroviaire (en ECU 1991 par 1 000 tonne-km)	36

LES INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT DU TRANSPORT DE MARCHANDISES

Résumé à l'intention des dirigeants

Cet exposé des effets du transport de marchandises sur l'environnement examine le transport maritime, aérien, routier et ferroviaire de marchandises, le transport par conduite et les centres de transfert entre modes de transport. Il commence par un bref tour d'horizon des principaux milieux ou phénomènes environnementaux par lesquels le transport peut affecter le milieu naturel. Parmi ceux-ci l'on compte la pollution atmosphérique, les questions préoccupantes relatives au climat mondial, les nuisances sonores, la pollution de l'eau, les accidents, l'occupation des sols et le morcellement de l'habitat. L'analyse des modes de transport porte essentiellement sur la pollution atmosphérique, les questions relatives au climat planétaire, la pollution de l'eau, les accidents qui affectent principalement le milieu naturel plutôt que les êtres humains et certains sujets concernant la planification de l'occupation des sols. Cet exposé décrit les effets en termes qualitatifs et, ensuite, fournit les coefficients d'émission physiques par unité de fret transporté. Les plus récentes estimations du coût marginal social de certains de ces effets apparaissent dans les comparaisons et les conclusions.

Cette étude met en évidence des coefficients d'émission comparables uniquement pour certaines formes d'atteintes à l'environnement, en particulier la pollution atmosphérique et sonore. Les données relatives à la pollution de l'air confortent l'opinion générale selon laquelle le camionnage se montre de loin le mode de transport de marchandises le plus préjudiciable. Le rail apparaît dans une certaine mesure comme une source de nuisances plus importante que le transport maritime, mais ce fait n'est pas clairement avéré ; la diversité des méthodes mises en oeuvre pour mesurer les coefficients peut compenser les différences constatées entre les résultats. En ce qui concerne le bruit, les résultats se révèlent moins nets. L'orthodoxie veut que la route soit plus bruyante que le rail, mais les données disponibles le suggérant plus qu'elles n'en apportent une démonstration claire. Alors que les bruits produits par les aéroports représentent incontestablement un problème majeur, des indicateurs de bruyance comparables n'existent pas pour la route ou le rail.

Ce document met également en lumière les difficultés rencontrées pour quantifier et comparer d'autres incidences sur l'environnement. La pollution engendrée par le fret transporté par voie maritime, par exemple, n'est liée que de façon indirecte à son volume. En outre, il n'est pas clair qu'il y ait un intérêt majeur à comparer la pollution de l'air avec celle de l'eau. Il est encore plus difficile de mesurer les effets nocifs causés au milieu naturel par l'introduction d'espèces susceptibles de produire des nuisances ou l'évacuation de rejets de dragage contaminés qui affectent plus les écosystèmes marins que les êtres humains.

Les informations et les données publiées dans cet exposé décrivent la situation aux États-Unis et en Europe. Cependant, il faut noter que, comme les systèmes de transport sur ces deux continents sont fort différents, aucune comparaison de données ne devrait être faite.

I. Introduction

Ce rapport donne un aperçu des incidences sur l'environnement du transport international de marchandises. Il a été préparé pour la Session conjointe des experts des échanges et de l'environnement pour l'étude relative à la libéralisation des échanges, au transport des marchandises et à l'environnement.

A) *Définition de l'impact sur l'environnement*

On peut considérer que "l'impact sur l'environnement" comporte trois composantes :

- Les écosystèmes naturels subissent des agressions qui portent atteinte à l'environnement tels que les polluants, le bruit ou les espèces exogènes. Chaque tonne de marchandises transportées accroît le nombre de facteurs d'agression du milieu naturel ; on peut donc mesurer un grand nombre d'entre eux en unités exprimées par tonnes de marchandises acheminées.
- La somme totale des agressions subies par l'environnement dépend de la quantité de marchandises et de la distance sur laquelle elles sont transportées ; dans son expression la plus simple, la somme totale de ces agressions correspond à la quantité de marchandises par la distance parcourue multipliée par les facteurs d'agression par tonne. La deuxième composante des facteurs d'agression comprend la configuration spatiale des biens transportés, y compris le mode de transport utilisé.
- La nature du milieu récepteur détermine les incidences sur l'environnement de l'ensemble des facteurs d'agression. Les spécificités du milieu ambiant telles que les caractéristiques physiques de l'écosystème, la densité de population humaine touchée et le fait de savoir si l'écosystème récepteur passe pour un milieu sensible ou abritant des espèces en voie de disparition détermineront à la fois l'impact physique de l'agression et la volonté de payer pour s'en protéger .

La présente étude analyse tout particulièrement la première composante de l'impact sur l'environnement tout en abordant superficiellement la troisième. D'autres volets de l'étude menée par la Session conjointe d'experts fourniront des estimations de la quantité de marchandises transportées et des distances couvertes.

B) *Quantification et comparaison des facteurs d'agression de l'environnement et leurs incidences*

Certains facteurs portant atteinte au milieu -- en particulier les émissions de polluants de l'air et de l'eau -- sont facilement quantifiables et augmentent nettement avec l'accroissement du fret. D'autres, tels que les bruits produits par les aéroports ou l'introduction d'espèces exogènes, sont multipliés par le nombre de voyages effectués mais non par la distance parcourue ou la quantité de marchandises transportées. En outre, les dommages écologiques provoqués par ces facteurs d'agression peuvent ne pas être mesurables ou directement liés à la quantité de fret. Ceci soulève la question de savoir comment étudier les facteurs d'agression qui ne peuvent être facilement exprimés en coefficients d'émission par unité de fret. Cette question peut être abordée de trois façons :

- Limiter l'analyse aux facteurs faciles à quantifier en termes comparables -- c'est-à-dire en termes de pollution. Ces incidences du transport sur l'environnement sont jugées souvent

comme les plus dommageables et se borner à leur analyse ne devrait pas fausser les résultats de façon significative.

- Etudier toutes les formes d'impacts mais adopter une forme descriptive lorsque la quantification est impossible. Cette méthode reconnaît l'importance de toutes les formes d'incidences mais peut malheureusement conduire à sous-estimer les répercussions non mesurables en unités comparables.
- Recourir aux méthodes d'évaluation qui expriment tous les impacts environnementaux en coûts subis, en coûts nécessaires pour s'en protéger ou par la volonté de payer pour s'en protéger. Cette démarche offre l'avantage certain de fournir une unité d'analyse commune à laquelle comparer les différentes sortes de répercussions. Elle présente l'inconvénient de revêtir un caractère éminemment subjectif et d'être assez difficile à réaliser.

La présente étude ne préconise pas une méthode par rapport à une autre mais fournit l'accès à des informations qui permet de mettre en oeuvre chacune d'entre elles. Elle décrit les incidences majeures du transport de marchandises sur l'environnement en termes qualitatifs ainsi que les coefficients d'émission par unité de fret lorsque ceux-ci sont pertinents et disponibles. Lorsqu'il a été procédé à des estimations des coûts sociaux que représentent les atteintes à l'environnement imputables aux transports, celles-ci sont également fournies.

C) *Aperçu des impacts par milieu naturel*

Cette étude est structurée par mode de transport. Avant d'entrer dans le vif du sujet, il apparaît utile de faire un tour d'horizon des principales incidences des transports sur chaque milieu naturel de manière à examiner les impacts sur l'environnement des facteurs d'agression produits par de nombreux modes de transport. Dans les chapitres suivants on pourra alors quantifier les facteurs de perturbation émis par chaque mode de transport au lieu de décrire à nouveau leurs conséquences sur l'environnement.

Cette section abordera aussi brièvement plusieurs externalités des transports qui ne seront pas examinées plus avant dans ce document. On en constate plusieurs types. Certaines présentent des liens trop indirects pour permettre d'établir une relation claire avec le transport de marchandises. D'autres ne peuvent être étudiées en détail par mode de transport faute de données disponibles, aussi notre propos se limitera à un examen général du sujet. Enfin nous considérons que certaines externalités ne correspondent pas au concept "d'environnement" défini dans la présente étude.

Pollution atmosphérique

L'on juge généralement que la pollution de l'air constitue la menace la plus grave représentée par les transports. Le tableau ci-dessous fournit un résumé des principaux polluants émis par les véhicules en mouvement, leur source et les effets nocifs qu'ils peuvent provoquer sur les êtres humains, les écosystèmes, le climat de la planète et les biens immobiliers (bâtiments et matériaux). L'essentiel de ces polluants sont émis par la plupart des modes de transport.

Tableau 1. Résumé des effets nocifs causés par la pollution atmosphérique sur l'environnement

Polluant ^a	Source	Incidences sur			
		les êtres humains	la végétation	le climat mondial	les matières
Monoxyde de carbone (CO)	Combustion incomplète	Fourniture d'oxygène insuffisante ; cœur, circulation, système nerveux		Indirectes par formation d'ozone	
Dioxyde de carbone (CO ₂)	Combustion			Effet de serre important	
Hydrocarbures (HC - y compris isopentane, méthane, pentane, tolylène, etc.)	Combustion incomplète, carburation	Certains sont cancérogènes Précurseur de l'ozone	Accumulation dans le sol, l'alimentation, les cultures vivrières	Le méthane produit un effet de serre potentiellement élevé, entraînant la formation d'ozone	
Oxyde d'azote (NO _x)	Oxydation des composés N et N ₂ des carburants	Irritation du système respiratoire et autres problèmes	Acidification des sols et de l'eau, surfertilisation	NO ₂ produit un effet de serre potentiellement élevé, et entraîne la formation d'ozone	Dégradation, érosion
Particules	Combustion incomplète, poussière de la route	Problèmes respiratoires, divers contenus toxiques	Assimilation réduite		Saletés
Suie	Combustion incomplète	Peut avoir des effets cancérogènes			Saletés
Ozone (formé par l'interaction avec d'autres polluants)	Photo-oxydation avec NO _x et HC	Irritation du système respiratoire, atteintes aux poumons	Dégâts possibles aux feuillages et aux racines	Potentiel élevé d'émission de gaz à effet de serre	Décomposition des polymères

^a Oxydes sulfureux provenant des moteurs diesel (camions et navires) sont aussi sources de préoccupations.
Source : d'après Button p. 30, tableau 3.6 ; Kürer pp. 486-490

Il convient de garder deux points présents à l'esprit. Premièrement, la littérature sur la pollution générée par les moyens de transport décrit en général en termes quantitatifs la pollution et les incidences sur l'environnement et la santé d'un produit à la fois. Cependant, dans certains cas, les substances chimiques se combinent, provoquant des conséquences supplémentaires qui vont au-delà des effets causés par chacune d'entre elle considérée séparément. L'exemple le plus connu est celui des oxydants photochimiques qui, par des réactions en chaîne entre les hydrocarbures et d'autres composés organiques carbonés volatiles (COV), produit de l'oxyde d'azote (NO_x) et de l'oxygène lorsqu'il y a du soleil. Ce phénomène aboutit à la formation de brouillard photo-oxydant spécifique à des villes comme Athènes et Los Angeles.

Deuxièmement, les transports émettent de nombreux polluants supplémentaires en quantités infimes tels que le benzène (un cancérogène connu), le tolybène, les hydrocarbures polycycliques aromatiques, le formaldéhyde, le cyanure, le sulfure d'hydrogène, la dioxine, etc. (Kürer pp. 485-6). Soit

parce que la plupart des gouvernements ne réglementent pas encore ces émissions, ou que leurs incidences sont beaucoup moins connues (le deuxième point peut découler du premier), l'on prête relativement peu d'attention à ces polluants lorsque l'on examine les atteintes portées par les transports sur l'environnement.

Préoccupations relatives au climat mondial

Le transport contribue à l'évolution du climat mondial par l'émission de dioxyde de carbone, de méthane et d'autres hydrocarbures, d'hémioxyde d'azote (N₂O) et de vapeur d'eau produite par les aéronefs. Ces gaz absorbent les radiations dans la stratosphère. Bien que traversés par les rayons du soleil, ils réfléchissent les ondes longues des radiations normalement émises par la terre et renvoyées dans l'espace. Ce phénomène peut élever la température de l'atmosphère. Bien que l'on cerne mal les incidences exactes de l'augmentation de ces gaz dans l'atmosphère terrestre, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a annoncé que le doublement des concentrations de CO₂ pourrait entraîner une hausse du niveau des océans de 3.5 à 5.5 cm par décennie imputable à la montée des eaux due au réchauffement et à la fonte de la calotte glaciaire et des glaciers (cité dans Pickering and Owen, p. 72).

Dans la plupart des modes de transport, les mêmes gaz rejetés par les moteurs produisent des effets tant au plan local que mondial. Les données ordinaires sur les émissions de polluants atmosphériques couvrent l'ensemble des principaux gaz à effet de serre à l'exception du CO₂. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a élaboré une méthodologie pour évaluer les rejets de carbone, en se fondant sur la quantité de carbone contenue dans chaque type de carburant et sur l'efficacité de la combustion ; plus la combustion est performante et plus la quantité de carbone transformée en CO₂ est importante. Il n'est pas aisé d'avoir accès à des données détaillées sur les émissions par type de transport parce qu'elles nécessitent des informations très précises sur la consommation de carburant [US *Environmental Protection Agency* (US EPA) 1994 p. 19, note de bas de page 7]. Les informations susceptibles d'être recueillies sur les émissions de dioxyde de carbone par tonne de marchandises transportées au kilomètre sont présentées dans les sections sur les autres polluants atmosphériques produits par le transport maritime, routier, ferroviaire et par conduites.

La plupart des données relatives aux émissions produites par les aéronefs appartiennent aux polluants classiques rejetés lors des phases de décollage et d'atterrissage. Ces émissions contribuent à la fois à la pollution sur le plan local et à la dégradation du climat mondial, de la même façon que les rejets du transport routier ou maritime. Cependant, les émissions des aéronefs volant à haute altitude peuvent en outre produire des incidences supplémentaires sur le climat de la planète parce qu'elles sont rejetées directement dans la troposphère supérieure ou stratosphère. Les informations disponibles sur ce sujet seront examinées séparément de la pollution atmosphérique à faible altitude, dans le chapitre sur le transport aérien.

Pollution sonore

La circulation constitue une source majeure de bruits, en particulier en milieux urbains. Outre son caractère désagréable, le bruit est à l'origine de problèmes de santé comme le stress, les troubles du sommeil, les maladies cardio-vasculaires et la perte d'acuité auditive. Les études indiquent que les personnes se sentent plus directement agressées par les nuisances sonores que par toute autre forme de pollution. Cette constatation comporte une dimension politique qui va au-delà du bruit lui-même ; l'expérience allemande a montré que, à mesure qu'elles commencent à souffrir du bruit, les personnes sont également sensibilisées aux autres problèmes de pollution de l'environnement (Kürer p. 493).

Mesurer le volume de la pollution acoustique s'avère une opération complexe. On mesure le volume en décibels pondérés par A ; un niveau sonore supérieur à 65 dB(A) est jugé inacceptable et incompatible avec certains usages nationaux dans les pays de l'OCDE. Cependant un certain nombre de paramètres différents doivent être pris en considération dans un indicateur de bruit : le volume, l'intensité, la fréquence, la durée et la variabilité. Les indicateurs de bruit correspondent généralement à la moyenne du volume et de la durée durant un certain laps de temps. Le contexte dans lequel se produit le bruit revêt de l'importance ; un bruit qui peut passer pour acceptable dans un environnement professionnel durant la journée serait intolérable dans un quartier résidentiel pendant la nuit. De la même façon, un bruit auquel l'on s'attend, par exemple l'accélération d'un poids lourd visible peut être moins gênant que le bruit inopiné qu'émettrait le même camion hors de vue de l'auditeur (Filippi p. 129). En outre, le même volume sonore peut être toléré plus facilement lorsqu'il intervient de façon intermittente que lorsqu'il est persistant ; ainsi le bruit provoqué par un train peut être mieux accepté que le bruit plus faible mais plus régulier produit par le trafic routier (Kürer p.494). L'exposition est aussi fréquemment mentionnée comme un facteur important par le nombre de personnes ou la part de la population exposées à ce niveau sonore, ou le subissant pendant une durée supérieure à un pourcentage fixe de temps. Cependant, obtenir des données sur les expositions réelles au bruit demeure difficile. De plus, comme le système de mesures est différent, il est quelque peu difficile de comparer des bruits provenant de différents modes de transport.

Pollution de l'eau

Le fonctionnement normal des moyens de transport ne contribue pas à pollution de l'eau de la même façon qu'il pollue l'air. Cependant, les transports portent atteinte de façon à la fois directe et indirecte à la qualité de l'eau. Les activités liées au transport maritime en particulier affectent directement l'environnement de plusieurs façons. L'évacuation ordinaire de l'eau de lest des navires, si les autres déchets n'ont pas été séparés des ballasts, pollue la mer et les eaux du littoral avec des hydrocarbures et peut entraîner la venue d'espèces susceptibles d'être sources de nuisances transportées depuis le lieu d'origine du navire jusqu'à sa destination. Le transport maritime constitue une source de déversements d'hydrocarbures et de substances chimiques dans les ports, les eaux côtières et, plus rarement, en mer. Les opérations habituelles de dragage des boues dans les ports et les voies navigables intérieures brassent à la surface les dépôts toxiques et conduisent fréquemment à éliminer les rejets de dragage en haute mer. (Bien entendu l'existence des sédiments toxiques provient de nombreuses autres sources que les transports ; le dragage fait simplement remonter à la surface les substances toxiques et pose le problème du lieu de leur stockage.) Ces problèmes augmentent avec l'essor du transport maritime bien qu'ils soient moins directement liés au volume de fret par kilomètre que dans le cas de la pollution atmosphérique.

Les transports terrestres affectent de façon moins directe la qualité de l'eau. Les accidents de la route et les gaz d'échappement des véhicules sont tous deux sources de déversements d'hydrocarbures et de substances chimiques dangereuses qui ruissellent de la route dans les eaux de surface et les nappes aquifères. Le réseau routier lui-même, ainsi que les parcs de stationnement, les voies accès et autres surfaces recouvertes d'un revêtement entraînent un accroissement des surfaces imperméables, en particulier en milieux urbains. Les surfaces imperméables arrêtent la filtration des précipitations dans les nappes aquifères. Une extension de ces surfaces augmentera par conséquent les risques d'inondation et entraînera un accroissement des polluants qui s'écoulent dans les eaux de surface lors de précipitations abondantes. Ces problèmes ont cependant une portée beaucoup plus vaste que le choix des moyens de transport des marchandises. Ils sont liés essentiellement à la possession de véhicules par les particuliers et à la préférence pour les maisons individuelles, phénomènes qui se conjuguent pour créer un plan d'occupation des sols caractérisé par un réseau routier dense permettant accès individuel à chaque habitation. Bien que l'intensification de la circulation se traduise par une multiplication des autoroutes et une augmentation des

substances chimiques sur les routes, les autoroutes en elles-mêmes ne représentent qu'une part assez réduite des surfaces imperméables.

Accidents

Définir les accidents comme des atteintes à l'environnement soulève la question de la définition de l'environnement. Certains accidents correspondent parfaitement à toute définition du milieu naturel. Les marées noires provoquées par les navires ou les oléoducs, en particulier, produisent des incidences évidentes sur les écosystèmes et la nature. D'autres accidents, notamment ceux liés au transport de passagers comme les accidents de la route et les écrasements au sol des avions ont des conséquences graves sur la santé humaine qui pourraient ne pas correspondre à une définition étroite de l'environnement. La possibilité de la survenance d'un tel accident pourrait être considérée comme une question touchant la "qualité de vie", et donc comme un élément de l'environnement au sens large. D'autres accidents entrent dans une catégorie intermédiaire ; par exemple, les accidents impliquant des poids lourds, le déraillement de trains ou la rupture de gazoducs laissant échapper des substances toxiques ou inflammables. Les risques encourus dans ces cas affectent à la fois l'environnement au sens étroit du terme et la santé humaine ; séparer ces deux dimensions n'est pas chose évidente.

Le présent rapport considère implicitement l'environnement au sens étroit du terme quand il aborde la question des accidents. Il traite des marées noires provoquées par les navires et les pipelines mais ne s'occupe pas des questions liées aux pertes de vies humaines lors d'accidents imputables aux transports. Ce choix apparaît quelque peu arbitraire bien évidemment et il est possible d'adopter une démarche différente. Les données relatives aux déversements sont facilement quantifiables et peuvent être liées à la quantité de produits transportés ; ceci permet sur le plan conceptuel une comparaison directe des accidents associés aux différents modes de transport (bien qu'elle se révèle parfois difficile à réaliser en raison de la disponibilité des données).

Occupation des sols et morcellement de l'habitat

Les modes de transport terrestres provoquent le morcellement de l'habitat, la perturbation du milieu naturel et sa division en espaces plus réduits (van Bohemen). Le morcellement de l'habitat comporte quatre composantes. Premièrement, les réseaux de transport entraînent la destruction directe du milieu naturel en le remplaçant par des routes, des voies ferrées ou autre infrastructure. Deuxièmement, le passage des transports perturbe l'habitat voisin en le polluant avec des substances chimiques, du bruit, de la lumière ou en l'affectant par d'autres nuisances. Troisièmement, la voie de passage crée une barrière qui sépare des zones fonctionnelles au sein d'un habitat. De nombreuses plantes ou animaux ne traverseront pas cette barrière de sorte qu'une route peut avoir pour conséquence de diviser leur écosystème en deux. La diversité des espèces présentes au sein d'un écosystème dépend de la taille totale et ininterrompue de la superficie de l'habitat ; aussi le fait de diviser une zone par une route peut réduire de moitié la diversité de l'écosystème au lieu de lui soustraire seulement l'espace effectivement occupé par la route. Quatrièmement la voie de passage aménagée pour les transports peut être à l'origine de collisions directes entre les animaux et les véhicules en déplacement.

L'importance que revêtent les routes, voies ferrées ou conduites comme sources de morcellement de l'habitat dépend de leur longueur et de leur largeur ainsi que des habitats traversés. La disparition directe des habitats, des facteurs externes comme la pollution et le bruit ainsi que les animaux écrasés sur les routes sont directement affectés par la densité du trafic et la largeur de la chaussée. L'on dispose de moyens pour limiter ces atteintes à l'environnement par le tracé des routes et la mise en place de

protections de manière à réduire la pollution ou la lumière, etc. Ces questions présentent une certaine analogie avec les problèmes de pollution de l'eau mentionnés précédemment en ce qu'il est possible, bien que difficile, de lier leur extension à un accroissement du volume de fret.

Il est beaucoup plus difficile à la fois d'analyser et de gérer la mise en place des obstacles qui divisent les écosystèmes. En outre, leur importance dépend étroitement de la nature du milieu naturel environnant. Une route ou une voie de chemin de fer qui traversent une zone urbaine ne provoqueront vraisemblablement pas de dommage à l'écosystème étant donné que le milieu ne se trouve déjà plus dans son état naturel. Cependant les routes qui passent dans des zones sensibles comme les Alpes ou les massifs forestiers protégés aux États-Unis sont à même d'entraîner des dommages écologiques significatifs. Une analyse rigoureuse de l'impact des différents modes de transport sur l'utilisation des sols et le morcellement des habitats exigerait une connaissance approfondie de l'écologie locale et des plans d'aménagement des sols. Même en disposant des informations relatives aux conditions ambiantes particulières, il est compliqué d'établir une corrélation directe avec l'augmentation du transport des marchandises.

Les données succinctes sur l'occupation des sols par les différents modes de transport donnent à penser que les routes provoquent plus de dommages que les autres moyens de transport. Les informations de l'OCDE (1993 p.30) indiquent que le réseau routier de la Communauté européenne occupe 28 949 km² de sol, alors que le réseau ferré n'en utilise que 706 km². (Bien entendu la plupart des marchandises acheminées par le rail -- ainsi que la plus grande partie des voyageurs qui empruntent les chemins de fer -- ont aussi recours au réseau routier pour se déplacer entre leur lieu d'origine ou de destination et la gare de départ.) Cependant, bien que les questions touchant à l'occupation des sols et au morcellement de l'habitat constituent une composante importante des atteintes portées à l'environnement tant par le transport routier que ferroviaire, mener à bien une analyse adéquate de ces facteurs dans le cadre d'un modèle de demande accrue de fret n'est peut-être pas réalisable.

II. Transport maritime

Le transport maritime représente une menace pour l'environnement à la fois sur les voies d'eau intérieures et sur l'océan. On compte six sources principales d'effets nocifs : l'évacuation ordinaire par les navires de l'eau de lest et de fond de cale contenant des hydrocarbures ; décharge de résidus solides non biodégradables dans l'océan ; rejets accidentels d'hydrocarbures, de substances toxiques ou d'autres cargaisons ou carburants dans les ports ou en cours de chargement ; émissions dans l'atmosphère des sources d'énergie des navires ; construction et exploitation des canaux à l'intérieur des terres et des ports ; et effets nocifs écologiques imputables à l'introduction d'espèces exogènes transportées par les navires.

A) *Pollution opérationnelle par les hydrocarbures*

Les navires sont conçus pour se déplacer dans l'eau en toute sécurité lorsqu'ils sont chargés d'une cargaison. Lorsqu'ils naviguent à vide, ils remplissent leurs citernes avec de l'eau servant de lest de manière à abaisser leur ligne de flottaison et à les stabiliser lorsqu'ils traversent l'océan. Avant d'entrer au port où ils doivent embarquer une nouvelle cargaison, ils évacuent l'eau de lest dont le poids sera remplacé par le fret. L'eau rejetée est généralement une matière souillée, polluée par les hydrocarbures et éventuellement par d'autres déchets présents dans les ballasts. Son évacuation représente par conséquent une source de pollution de l'eau. Il est à noter, cependant, que les ballasts séparés, qui sont obligatoires sur les navires plus récents, réduisent ou éliminent le problème des ballasts huileux. L'eau contenue en fond de cales représente une source de pollution de même type ; il s'agit d'infiltrations qui s'accumulent dans le

navire et doivent être évacuées régulièrement. Sur les pétroliers, l'eau de fond de cales est normalement contaminée par des hydrocarbures qui fuient des citernes contenant la cargaison ; on constate là aussi une source de pollution par les hydrocarbures. On parle de pollution "opérationnelle" lorsque l'on mentionne ces déversements parce qu'ils sont considérés depuis longtemps comme faisant partie des opérations de fonctionnement normales tant des pétroliers que des autres navires gérant leur carburant.

Ces rejets d'eaux souillées d'hydrocarbures, même effectués à des centaines de kilomètres de la côte, polluent les plages et les littoraux, tuant des oiseaux et contaminant les infrastructures touristiques. La Convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires et le Protocole d'application de 1978 qui est entré en vigueur le 2 octobre 1983 (appelés MARPOL 73/78) ont instauré une série de normes de rejet et d'exigences en matière d'équipements conçus pour prévenir la pollution opérationnelle par les hydrocarbures (cf. tableau 2).

Tableau 2. Principales dispositions de MARPOL 73/78, Annexe I (Pollution par les hydrocarbures)

Normes de rejets	A une distance de 50 miles de la côte et dans d'autres zones spéciales désignées, les pétroliers sont autorisés à rejeter de l'eau contenant jusqu'à 15 ppm d'hydrocarbure. Au-delà de cette concentration une pellicule brillante serait visible à la surface de l'eau, constituant une preuve de non-conformité. Au-delà d'une limite de 50 miles de la côte et hors des zones spéciales, les pétroliers sont autorisés à déverser jusqu'à 60 litres par mile parcouru, jusqu'à un rejet total maximum représentant 1/15.000 de leur cargaison totale pour les navires-citernes existants ou 1/30.000 pour les navires-citernes neufs.
Exigences en matière d'équipement des navires	Tout pétrolier neuf transportant du brut et jaugeant plus de 20.000 tonneaux de poids sec doit être équipé de compartiments de ballast complètement séparés des citernes contenant la cargaison ; cette disposition a remplacé une pratique ancienne qui consistait à remplir les citernes renfermant la cargaison avec l'eau de lest, entraînant le mélange des résidus de pétrole brut avec l'eau. Les nouveaux navires-citernes sont également tenus de recourir à la technique du lavage au pétrole brut pour nettoyer les compartiments contenant la cargaison, ce qui a réduit les rejets d'eau polluée d'hydrocarbures provenant des opérations de nettoyage des citernes. Les navires existants jaugeant plus de 70.000 tonneaux ont l'obligation de s'équiper de ballasts séparés ; ceux dont la capacité s'établit dans une fourchette allant de 40.000 à 70.000 tonneaux doivent se doter des mêmes équipements ou dispositifs de lavage au pétrole brut. Ces derniers revenant considérablement moins chers, ont été adoptés par les propriétaires des navires existants.
Action des gouvernements	Les infrastructures nécessaires pour recevoir l'eau souillée d'hydrocarbures doivent être mises en place dans l'ensemble des ports.
<i>Source : Mitchell 1993.</i>	

Nous ne disposons pas de données quantitatives sur l'ampleur du problème relatif à l'eau de lest, bien que les normes MARPOL 15 ppm et 60 litres au mile peuvent servir de limites plancher au rejets des navires-citernes par mile ou kilomètre pour prévoir les incidences sur l'environnement d'un accroissement du transport des hydrocarbures. MARPOL 73/78 a effectivement réglé certains problèmes de pollution opérationnelle par les hydrocarbures, mais pas tous (Mitchell). Dans un registre plus positif, les experts semblent s'accorder sur le fait que les exigences en matière d'équipement des navires sont satisfaites

puisque la conformité aux règles internationales intervient dans la classification des bâtiments et donc dans les tarifs des assurances. Cependant, l'obligation de mettre en place dans les ports des installations de collecte des eaux polluées a apparemment été suivie de peu d'effet. Les ports des pays développés possèdent généralement les infrastructures exigées, mais les États moins avancés -- y compris certains grands exportateurs de pétrole où les rejets d'eau de lest déversés par les navires-citernes vides venus charger des cargaisons posent un problème important -- n'ont pas effectué les investissements nécessaires. Ceci signifie que les capitaines des navires-citernes ne sont pas en mesure d'évacuer l'eau de lest polluée par les hydrocarbures dans des conditions satisfaisantes dans certains ports.

B) *Élimination des déchets solides*

L'évacuation des matières plastiques en mer constitue une source significative d'atteintes à l'environnement puisque ces matières flottent à la fois à la surface de l'eau et ne sont pas biodégradables. On observe généralement plusieurs types de résidus. Les bateaux de pêche jettent des filets et des lignes usagés souvent fabriqués en matières plastiques. Les transporteurs accumulent et parfois se débarrassent des matériaux servant à emballer le fret en vrac et à l'arrimer pour éviter qu'il ne glisse lorsque le navire bouge. Ces dispositifs d'arrimage, généralement en bois ou en matière plastique, appelés fardages, se sont dispersés sur tous les océans de la planète et ont été retrouvés jusqu'aux pôles et au fond des mers. (GESAMP 1990, p. 19).

Les matières plastiques rejetées présentent une menace à la fois pour les espèces marines et les régions côtières. Les filets abandonnés, en dérivant dans les eaux, mènent une "pêche fantôme" et continuent à attraper les animaux. Les matériaux d'emballage en forme de lanière peuvent s'enrouler autour des mammifères marins ou des oiseaux, formant une boucle qui se resserre à mesure que ceux-ci grandissent. Les organismes marins ingèrent aussi les matières plastiques qui peuvent les tuer ou réduire la valeur nutritionnelle de leur ration alimentaire. Outre les effets nocifs portés à la vie marine, les matières plastiques s'échouent sur les plages dans le monde entier. Les plans de bois utilisés pour les fardages peuvent, s'il ne sont pas brûlés ou réduits en pâte, endommager les petits bateaux qui les heurtent.

L'annexe V de MARPOL 73/78 réglementent l'élimination des ordures ménagères des navires. Partout dans le monde le rejet de matières plastiques est interdit. Les fardages en bois peuvent être évacués au-delà de douze miles nautiques du rivage s'ils ont été réduits en pâte. Les débris alimentaires peuvent être hachés et jetés à la mer. Il s'avère malheureusement très difficile de surveiller et de faire appliquer ces règlements. L'élimination très coûteuse des fardages et des matières plastiques à terre incite fortement les navires à les rejeter en mer. Déterminer la quantité de déchets rejetés est également malaisé et l'on ne dispose même pas de données estimatives. Parmi les propositions en cours d'examen pour améliorer l'application de ces dispositions, on compte l'obligation pour les navires de tenir un registre des déchets qu'ils accumulent et de la manière dont ils les gèrent. Lorsque l'on connaît le trajet et le nombre de personnes embarquées sur un navire, il devrait être possible de mettre en évidence des disparités flagrantes dans ces registres. Cependant, en raison de l'absence de données relatives au volume actuel de débris évacués, il est difficile d'évaluer la quantité de déchets supplémentaires qu'entraînerait un accroissement du fret transporté par voie maritime.

C) *Rejets accidentels*

Les rejets des navires en mer constituent l'une des sources majeures de la pollution de l'eau provoquée par le transport maritime. On en constate plusieurs types. Les pertes de cargaison se produisent fréquemment lors du chargement ou du déchargement dans les ports en raison d'erreurs de manutention ou

d'équipements défectueux. Ces rejets représentent en général un volume relativement faible. Il peut s'agir de tout type de marchandises, bien que les produits pétroliers (essentiellement des marchandises plutôt que des carburants) et autres substances chimiques sont les plus courantes. Les rejets de produits non dangereux sont plus fréquents que les déversements de matières toxiques ou inflammables parce que les précautions prises pour les manipuler suscitent généralement une vigilance beaucoup plus grande qui explique que l'on constate beaucoup moins de rejets imputables à des négligences.

Les rejets de cargaison qui se produisent lorsqu'un navire s'échoue ou se brise par mauvais temps sont beaucoup plus rares mais potentiellement plus dangereux. Ces catastrophes ont lieu en général lorsque les navires entrent au port ou en sortent ou dans d'autres zones réglementées où il y a peu, voire pas de place pour manoeuvrer ou, bien entendu pour s'éloigner en cas de mauvais temps. En revanche, en haute mer les navires sont capables de faire face aux tempêtes ou à des vents de forte vitesse avec peu de risques d'accident parce que s'ils sont emportés par les éléments ils est peu probable qu'ils entrent en collision avec quoique ce soit d'autre.

Le tableau ci-dessous fournit des données sur les déversements d'hydrocarbures dans les eaux côtières des États-Unis entre 1992 et 1994. Elles font apparaître un nombre relativement peu élevé de rejets de la part de pétroliers ou de barges, mais ceux-ci représentent une large part des hydrocarbures déversés. Les rejets provenant de sources autres que les navires, vraisemblablement les pertes liées au déchargement du carburant à quai, représentent une forte proportion des incidents mais une part plus faible des matières déversées. En 1994, le volume considérable de rejets émanant de sources autres que les navires est imputable à l'importance d'un seul déversement, mais ne correspond pas à une tendance.

Tableau 3. Rejets d'hydrocarbures dans les eaux navigables des États-Unis, 1992-1994

Source	1992		1993		1994	
	Nombre d'incidents	Volume (en m ³)	Nombre d'incidents	Volume (en m ³)	Nombre d'incidents	Volume (en m ³)
Navires citernes	193	449	172	264	174	264
Barges citernes	322	567	314	2.651	385	3.331
Autres navires	4.795	1.513	4.944	1.558	4.736	1.258
Ensemble des bâtiments	5.310	2.529	5.430	4.473	5.295	4.852
Sources autres que les navires	4.181	4.599	3.542	3.383	4.145	69.297
Total	9.491	7.128	8.972	7.856	9.440	74.149

Source : US DOT 1995, p. 215 ; tableau 115.

Les garde-côtes américains ont également confronté la totalité des rejets d'hydrocarbures et de substances chimiques dans les eaux territoriales avec la quantité totale de cargaisons nationales et internationales de passage dans les ports des États-Unis. Les données qu'ils fournissent agrègent l'ensemble des rejets au lieu de séparer les hydrocarbures des substances chimiques, mais n'en demeurent pas moins intéressantes. Elles font apparaître un recul des déversements au cours de la dernière décennie et pourraient être utilisées comme estimation pour prévoir les rejets en fonction de l'accroissement du transport de fret.

Tableau 4. Rejets d'hydrocarbures et de produits chimiques dans les eaux côtières des États-Unis par gallons transportés

Année	Volume total rejeté	Rejets supérieurs à 1 million de gallons	Gallons transportés (millions)	Rejets inférieurs à 1 million/million de gallons transportés
1982	3.51	0	259 896	13.51
1983	3.03	0	248 430	12.20
1984	11.37	4.35	255 486	27.48
1985	6.18	0	246 960	25.02
1986	3.58	0	275 478	13.00
1987	4.60	0	287 238	16.71
1988	8.13	3.25	301 938	18.16
1989	13.05	10.50	309 288	8.24
1990	6.68	3.90	307 847	9.03
1991	1.42	0	287 851	4.77
1992	1.67	0	302 673	5.52
1993	1.49	0	312 434	4.77
1994	7.33	5.23	325 837	6.44
1995	1.99	0	333 128	5.96

Source : Garde-côtes des États-Unis 1996.

Ces déversements représentent un coût élevé. La CNUCED (p.17) estime que le coût du nettoyage des hydrocarbures rejetés dans un port européen s'élève environ à 7 000 \$US pour plusieurs mètres cubes déversés ; il est bien entendu beaucoup plus onéreux de nettoyer les rejets de produits chimiques, de la même façon que les marées noires comme celle provoquée par l'Exxon Valdes. Le coût financier du nettoyage des hydrocarbures déversés correspond à une part minime de son coût social, puisqu'il ne prend pas en compte les dommages écologiques causés ou les préjudices portés à la santé ou aux biens. Cependant le coût de la prévention des rejets de faible ampleur pourrait être supérieur au coût de leur nettoyage.

L'OCDE (1993) analyse un certain nombre d'études qui ont évalué les coûts financiers associés aux risques d'accidents dus au transport. L'une d'entre elle seulement examine le coût des accidents imputables au transport maritime.¹ Axée plus particulièrement sur l'ancienne République fédérale allemande, cette étude évalue le risque d'accident à 0.00005 ECU ou 0.0001 DM par tonne transportée au kilomètre. Cette estimation concerne plutôt le transport sur les voies navigables intérieures que le transport en mer. Dans la mesure où les accidents se produisent lors des déplacements dans des canaux protégés, la navigation sur les voies d'eau intérieures pourrait présenter des taux d'accident plus élevés que le transport maritime ; cependant les bâtiments utilisés régulièrement pour le transport intérieur peuvent aussi être dotés d'équipements plus performants pour maîtriser la navigation sur des canaux étroits.

D) Pollution atmosphérique

Les transporteurs ne constituent pas une source majeure de pollution de l'air, de même que celle-ci ne représente pas l'une des principales incidences du transport maritime sur l'environnement. Néanmoins, presque tous les navires marchands sont mus par des moteurs à combustion de sorte qu'ils émettent effectivement des polluants dans l'air. Ce phénomène se produit dans deux situations distinctes ; lorsqu'ils se déplacent et lorsqu'ils se trouvent à quai (pour la lumière, le chauffage, la ventilation, etc.). Pour les bateaux qui naviguent en haute

mer, les émissions rejetées dans les ports sont plus préoccupantes que les rejets émis en mer, parce qu'elles sont plus à même d'affecter les populations riveraines ; en mer bien entendu la question ne se pose pas.

Comme l'indique le tableau ci-dessous, nous disposons de plusieurs séries de coefficients d'émission par tonne de fret transporté au kilomètre par les navires. Les sources ne spécifient pas si ces coefficients s'appliquent à la navigation sur les voies d'eau intérieures ou en mer, ou dans les deux contextes. Ils sont cependant comparables aux données néerlandaises présentées au tableau 7 ci-après, qui concernent clairement la navigation intérieure. Il faut noter qu'en septembre 1997 une nouvelle annexe à MARPOL 73/78 a été adoptée pour inclure les niveaux d'émission atmosphérique des polluants pour les bateaux dans la convention internationale : Annexe 6 sur la prévention de la pollution atmosphérique provenant des bateaux.

Tableau 5. Coefficients d'émission de polluants atmosphériques du transport maritime, en grammes/tonne par km

Polluants	Befahy	OCDE	Whitelegg
CO	0.20	0.018	0.12
CO ₂		40	30
Hydrocarbures	0.08	0.08	0.04
NO _x	0.58	0.5	0.4
SO ₂		0.05	
Particules	0.04	0.03	
COV			0.1

Sources : Befahy, tableau 4, les données sur les hydrocarbures concernent seulement le méthane.
 OCDE (1991) *Politiques de l'environnement. Comment appliquer les instruments économiques*, repris dans OCDE 1993, p. 19.
 Whitelegg, John (1993), *Transport for a Sustainable Future -- The case for Europe*, cité dans Commission des communautés européennes, p. 5.

L'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis [(Environmental Protection Agency) -- EPA] (1985) a affiné les coefficients pour calculer les émissions des véhicules par unité de carburant consommé. Elle sépare les navires en plusieurs catégories ; les navires marchands à vapeur, les navires propulsés par des moteurs à diesel et les bateaux à moteur utilisés sur les voies d'eau intérieures ainsi que les générateurs auxiliaires servant à fournir de l'énergie à quai. Les coefficients d'émission de l'EPA reposent sur plusieurs hypothèses fondamentales. Premièrement, les vaisseaux qui naviguent en haute mer consomment 80 pour cent du carburant utilisé lorsqu'ils se déplacent à faible vitesse et les autres 20 pour cent quand ils évoluent à plein régime. Deuxièmement, les navires utilisant du diesel brûlent 20 pour cent de leur carburant pour faire fonctionner les générateurs auxiliaires lorsqu'ils se trouvent à quai et le restant lorsqu'ils naviguent en mer. Et, troisièmement, les générateurs utilisés pour fournir l'énergie d'appoint fonctionnent en moyenne à 50 pour cent de leur puissance nominale ; cette supposition est judicieuse étant donné que les générateurs électriques sont plus polluants lorsqu'ils fonctionnent à un régime inférieur à leur puissance nominale que lorsqu'ils l'exploitent pleinement. Ceci aboutit aux coefficients d'émission agrégés suivants :

Tableau 6. Coefficients d'émissions estimés par l'US EPA pour les bâtiments de la marine en kg/litres 10³

Polluants	Navires marchands à vapeur		Navires à diesel ^b
	Résidus Pétrole	Distillate de pétrole	
Particules	2.316	1.796	1.438
SO _x ^a	19.1S	17.0S	13.6S+.64
CO	0.0174	0.5	1.46
Hydrocarbures	0.3452	0.4	3.492
NO _x	5.022	3.196	9.367

Sources: Coefficients calculés par l'EPA en 1985, tableau II-3.2, pour les navires à vapeur marchands, utilisant la méthodologie indiquée dans EPA 1992, pp. 64-66.
Coefficients calculés par l'EPA en 1985, tableau II-3.2 et II-3.4 pour les navires à diesel, utilisant la méthodologie indiquée dans EPA 1992, pp. 64-66.

^a L'EPA estime que les coefficients d'émissions de SO_x sont théoriques et reposent sur l'ensemble du soufre contenu dans le carburant et transformé en SO₂. "S" correspond au pourcentage de soufre contenu dans le carburant.

^b Les coefficients d'émissions des navires fonctionnant au diesel sont calculés comme CE 0.8* distillat de pétrole + 0.2* émissions des générateurs auxiliaires.

On dispose de plusieurs estimations relatives aux polluants atmosphériques rejetés par les bateaux naviguant sur les voies d'eau intérieures. Une source néerlandaise fournit des données agrégées pour l'ensemble des navires empruntant les voies d'eau intérieures, tandis que les informations de l'US EPA sépare les données pour trois types de bateaux. Malheureusement les Hollandais et les Américains utilisent des unités de mesures qui ne sont pas identiques, rendant ainsi la comparaison difficile ; toutefois les données de source hollandaise sont comparables à celles présentées précédemment pour le transport maritime en général.

Tableau 7. Émissions rejetées par les bateaux navigant sur les voies d'eau intérieures

Polluants	Pays-Bas (en gramme par tonne au km)	États-Unis (en kg/litre 10 ³ de carburant)		
		Rivières	Grands Lacs	Eaux côtières
CO	0.11	12	13	13
CO ₂	33			
HC	0.05	6.0	7.0	6.0
NO _x	0.26	33	31	32
SO ₂	0.04	3.2	3.2	3.2
Particules	0.02	c.470 gm/h	c.470 gm/h	c. 470 gm/h

Sources : Les données hollandaises sont fournies par le Centraal Bureau voor de Statistiek, cité dans Schoemaker et Bouman, p. 57.
Les données américaines proviennent de l'US EPA (septembre 1985) p. II-3-2.

E) Construction et entretien des ports et des canaux

La construction et l'entretien des ports et des canaux de navigation intérieure représentent un certain nombre de risques pour l'environnement. Les opérations de dragage nécessaires pour permettre aux navires de grande taille d'entrer dans les ports ou pour entretenir les canaux intérieurs revêtent une importance toute particulière. Dans les estuaires et les ports naturels, les sédiments emportés par la mer sont compensés par les alluvions rejetées par les rivières et les eaux de ruissellement, ce qui tend à maintenir un équilibre de la hauteur des fonds. Cette profondeur est souvent insuffisante pour assurer la sécurité du passage des navires, aussi drague-t-on les voies navigables et les ports naturels pour augmenter leur profondeur. Les éléments naturels tendant à accumuler les sédiments jusqu'à ce que les canaux et les ports retrouvent leur point d'équilibre, le dragage pour assurer une profondeur sûre représente une activité d'entretien permanente. La nécessité de ces opérations de dragage deviendra vraisemblablement plus impérative à l'avenir à mesure que les navires augmenteront de taille, exigeant des ports plus profonds ou à mesure que les transports sur les voies d'eau intérieures prendront de l'importance.

Les opérations de dragage menacent directement les zones dans lesquelles elles sont conduites. Elles introduisent des sédiments dans la colonne d'eau voisine, qui se redéposent ensuite sur les fonds. Ceci provoque divers effets généralement à court terme sur les poissons pélagiques et sur les organismes qui vivent dans le milieu benthique. Les alluvions en suspension augmentent la turbidité, diminuent la pénétration de la lumière et la photosynthèse. Le dragage peut aussi entraîner des conséquences à plus long terme sur la configuration des courants marins notamment dans les zones estuariennes où les mouvements de l'eau agissent sur la répartition de l'eau douce et salée, la combinaison d'oxygène dissoute et autres paramètres déterminant la qualité de l'eau. L'évolution de la salinité peut affecter la viabilité des zones humides d'eau douce et des marécages soumis à la marée avec des incidences sensibles sur la répartition de la vie marine. Les changements de la configuration des courants marins peut aussi avoir des répercussions sur l'accumulation des sédiments, portant ainsi atteinte à l'ensemble des écosystèmes de la zone concernée (Marine Board 1985, pp. 124-128).

L'évacuation des déblais de dragage pose de sérieux problèmes écologiques. On estime que 10 pour cent des dépôts vaseux sont contaminés par des hydrocarbures, des métaux lourds, des substances nutritives et des composés organochlorés. Etant donné que les zones côtières et les ports naturels reçoivent des sédiments provenant de l'ensemble du bassin hydrographique associé, ces contaminants émanent de toute la gamme de sources de pollution de l'eau ; rejets industriels, eaux d'égout municipales, déchets liés aux transport maritime, ruissellements de surface, etc. Les données de la Convention de Londres sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières indiquent que, au début des années 80, environ un milliard de tonnes de résidus de dragage (contaminés ou non) était éliminé chaque année. (Cité dans GESAMP 1990, p. 15).

Les alluvions non contaminées soulèvent peu de problèmes à long terme. Elles peuvent être utilisées comme remblais pour réhabiliter les sites du littoral ayant subis des dégradations, créer des zones marécageuses soumises aux marées et un habitat pour la faune et la flore sauvages, etc. Ces utilisations n'ont que des effets mineurs sur l'environnement lors de leur mise en oeuvre même. (Marine Board 1985, p.129).

L'élimination des sédiments contaminés s'avère toutefois beaucoup plus difficile. Ils peuvent être évacués soit sur terre, soit dans les eaux de surface, aucune solution ne se montrant idéale. Les éléments qui militent en faveur de l'évacuation sur terre mettent l'accent sur le fait qu'il est plus facile d'isoler les sédiments, de surveiller leurs incidences sur l'environnement et de prendre des mesures correctives que ce ne serait le cas s'ils étaient éliminés en mer. Cependant ce mode d'évacuation est source d'un certain nombre d'effets nocifs potentiels, en particulier la contamination de l'eau de surface ou souterraine par les

métaux lourds. Des méthodes pour prévenir la percolation en recourant à des revêtements imperméables, et en créant des bassins de décantation et d'isolation peuvent minimiser ce risque. Cependant elles sont onéreuses et peuvent augmenter de façon significative la superficie nécessaire au site de confinement. (Marine Board 1985, p. 129).

L'élimination des résidus de dragage en mer peut produire des incidences à la fois à long et à court terme sur l'environnement marin. A court terme, les problèmes sont liés au lieu de dépôt des sédiments et concernent essentiellement l'enfouissement des organismes marins ou leur exposition à de fortes concentrations de particules, de contaminants et de matières nutritives en suspension. Les effets à long terme sont liés au rythme de reconstitution du site d'élimination, à la composition de la communauté biologique qui se reconstituera ultérieurement ainsi qu'aux incidences génétiques et physiologiques de l'exposition aux contaminants. S'agissant des substances toxiques bio-accumulables, on peut aussi s'inquiéter de la possibilité à long terme d'une exposition humaine à mesure que les produits chimiques remontent la chaîne alimentaire. On évalue difficilement ces problèmes. L'opinion dominante parmi les experts veut que, ces effets étant dans une large mesure méconnus, il convient d'adopter une approche prudente envers tout rejet dans l'eau de sédiments contaminés. (Marine Board 1985, pp. 131-134).

F) *Espèces aquatiques allogènes*

Le transport maritime constitue un mode de transport privilégié des espèces aquatiques d'une partie du globe à l'autre. Ces espèces dites "exotiques" sont le plus souvent acheminées dans l'eau de lest bien qu'elles puissent aussi adhérer à la coque du navire ou arriver dans les marchandises transportées. La plupart des envahisseurs exogènes ne survivent pas dans leur nouvel environnement et n'entraînent par conséquent pas de coûts écologiques ou financiers significatifs. Certains, cependant, prospèrent et peuvent éliminer d'autres espèces ou modifier profondément l'équilibre des écosystèmes existants. La moule zébrée *Dreissena polymorpha* est peut-être l'exemple récent le plus connu ; il s'agit d'un bivalve apparemment apporté d'Europe dans l'eau de lest qui s'est rapidement multiplié dans la région des Grands Lacs. Ces moules ont entraîné une régression du phytoplancton, rendue l'eau des lacs plus claire, réduit le nombre de poissons dont les larves se nourrissent de plancton et changé l'habitat des poissons adultes. Les conséquences les plus coûteuses ont été l'obstruction des conduites d'amenée d'eau et des vannes des centrales électriques, rendant nécessaires des réparations onéreuses et un changement de technologie pour prévenir de futurs problèmes. (National Ocean Pollution Program 1991, pp. 51-53).

L'Organisation maritime internationale (OMI), dans le cadre de la convention MARPOL, procède à l'élaboration de directives définissant les moyens d'empêcher le transport d'espèces pouvant occasionner des nuisances dans l'eau de lest. Traditionnellement, la méthode consiste à changer l'eau de lest au milieu de l'océan, à évacuer l'eau douce recueillie dans les ports pour la remplacer par de l'eau salée. Le curage des ballasts élimine la plupart des organismes d'eau douce qui ont pénétré dans les citernes à quai. Les organismes résiduels sont vraisemblablement éliminés dans les citernes par le remplissage d'eau de mer puisqu'ils ne peuvent survivre dans l'eau salée.

Cependant l'inquiétude persiste quant à l'efficacité de cette mesure pour assurer l'élimination de toutes les espèces potentiellement sources de nuisances. Un certain nombre d'autres techniques sont par conséquent en cours d'examen par le groupe de travail de l'OMI chargé d'étudier cette question. Parmi celles-ci, les plus envisageables consisteraient à filtrer l'eau de lest avant qu'elle ne soit pompée pour supprimer tout organisme à l'exception des plus minuscules ; à la chauffer ; ou à la traiter par rayonnement ultraviolet. On examine également la solution du traitement chimique mais l'on estime qu'elle créerait probablement plus de problèmes qu'elle n'en résoudrait. Le groupe de travail devrait préconiser des directives au cours de 1997.

La relation entre l'accroissement du transport de marchandises et la multiplication des problèmes liés aux espèces sources de nuisances est très approximative. L'augmentation du nombre des voyages renforce la probabilité des problèmes (toutes choses étant égales par ailleurs), mais il n'est pas réaliste d'établir un lien quantitatif. Toutefois, avant de préconiser des solutions pour régler cette question, l'OMI estimera les coûts encourus. Ces coûts peuvent servir d'indicateur du coût marginal associé aux espèces susceptibles d'apporter des nuisances d'un surcroît de transport de marchandises.

III. Transport aérien

Si le transport de marchandises par voie aérienne représente une part infime (inférieure à un pour cent) du fret transporté dans le monde, il croît rapidement. En outre, les préoccupations suscitées par les émissions des aéronefs se renforcent avec l'inquiétude grandissante que fait naître le réchauffement de la planète. Le fret acheminé par voie aérienne justifie ainsi une réflexion qui dépasse son importance actuelle comme moyen de transport.

Le transport aérien peut menacer l'environnement de trois façons importantes. Les émissions des aéronefs lors des décollages et des atterrissages contribuent à la fois à la pollution atmosphérique classique et au réchauffement de la planète. Les rejets au cours du vol participent au réchauffement de la planète. Le bruit, la pollution, les encombrements et autres questions associées à l'occupation du sol créent des difficultés majeures autour des aéroports. Il est toutefois difficile d'établir un lien entre ces répercussions et le fret aérien. L'on estime que deux tiers des marchandises acheminées par voie aérienne le sont par des vols commerciaux transportant des passagers, et les projections relatives aux augmentations du fret aérien devraient suivre dans une large mesure la même tendance (Snape and Metcalfe p. 176). Il est simple d'imputer les coûts du bruit et de la pollution atmosphérique produits par le tiers des marchandises transportées par voie aérienne dans des aéronefs cargos. Cependant, pour les deux tiers acheminés dans des avions transportant des passagers, il s'avère malaisé de déterminer les externalités dues au fret et celles imputables aux voyageurs.

A) *Pollution atmosphérique à faible altitude*

Les émissions rejetées par les aéronefs à basse altitude se composent d'oxydes d'azote, de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures. Ces émissions sont transformées en ozone et autres composés parmi lesquels le smog. Si les rejets des avions sont peu significatifs par rapport au trafic routier et même comparé aux autres moyens de transport de marchandises, ils progressent plus rapidement que les autres sources d'émission avec l'essor des voyages par avion et l'accroissement du fret acheminé par voie aérienne. (Vedantham and Oppenheimer 1994, p. 1).

La pollution à faible altitude se produit au cours des phases d'atterrissage et de décollage de l'avion. Cette phase comprend la descente ou approche de l'avion à partir d'une altitude de 915 mètres (3 000 pieds), le point d'atterrissage, le roulement à l'atterrissage, la phase de circulation et de ralenti au sol, l'arrêt des gaz, la phase de démarrage et mise des moteurs en régime de ralenti, l'inspection avant le décollage, le roulement au décollage, le décollage et la montée initiale jusqu'à 915 mètres.

B) *Pollution atmosphérique mondiale*

Les émissions des aéronefs volant à haute altitude constituent une source significative de gaz à effet de serre, bien que tant leur quantité que leurs incidences précises font encore l'objet d'un débat scientifique considérable (Vedantham & Oppenheimer 1994, pp. 4-13 ; Crayston, communication personnelle). L'aviation mondiale représente plus de 2 pour cent des émissions totales de dioxyde de

carbone anthropogénique. L'altitude à laquelle est émis le CO₂ (par exemple durant l'atterrissage et le décollage ou en vol) n'affecte pas son impact sur l'environnement. En revanche, NO_x interagit rapidement avec d'autres substances chimiques de l'atmosphère et ses répercussions dépendent donc de la composition atmosphérique du lieu de l'émission. Dans la troposphère supérieure (jusqu'à 10 km) où les avions effectuent l'essentiel de leur vol, les rejets de NO_x peuvent réagir au contact d'autres gaz pour former de l'ozone qui produit un effet de serre puissant à cette altitude. Bien que l'aviation contribue seulement à hauteur de 2 pour cent aux émissions mondiales de NO_x, leur rejet direct dans la troposphère supérieure est susceptible de renforcer considérablement leur effet sur la formation d'ozone. La vapeur d'eau émise dans la troposphère supérieure peut produire des cristaux de glace à même d'intensifier la constitution de cirrus qui captent la chaleur avec des conséquences sensiblement comparables aux gaz à effets de serre. Dans la stratosphère (de 17 à 30 ou 40 kilomètres), où environ 20 pour cent de la consommation de kérosène des avions se produit, les incidences des rejets de NO_x sur l'ozone peuvent être positives ou négatives, en fonction de l'altitude, de la latitude et de la saison ; notre connaissance de la dynamique de ces interactions est limitée.

De même que l'on sait peu de chose sur la quantité d'émissions rejetées par les aéronefs à ces altitudes. Vedantham & Oppenheimer 1994 (pp. 35-40) ont effectué des estimations grossières fondées sur une anticipation de la consommation de carburant des avions à réaction et de son contenu en CO₂ et NO_x. En s'appuyant sur leurs coefficients d'émission et sur les estimations de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) selon lesquelles l'aviation civile consomme une moyenne de 510 grammes de kérosène par tonne au kilomètre², nous sommes en mesure d'obtenir les coefficients d'émission suivants par tonne-kilomètre:

Tableau 8. Estimations relatives aux émissions des aéronefs volant à haute altitude, en grammes/tonne par km

Polluant	Emissions en grammes/kg de carburant ^a	Emissions en grammes/tonnes-kilomètre ^b
Dioxyde de carbone	3.16	1.61
Oxydes d'azote	10.90	5.56

^a Vedantham & Oppenheimer 1994, pp. 39 - 40.
^b Calculé en (émissions en grammes/kg de carburant) X (510 grammes de carburant/tonne-kilomètre).

C) *Externalités des aéroports*

Les aéroports représentent une nuisance majeure pour les individus qui vivent ou travaillent dans leur voisinage. Le principal problème provient du bruit émis lors du décollage et de l'atterrissage des aéronefs. La deuxième nuisance réside dans la pollution atmosphérique produite par les avions mêmes, les véhicules qui amènent par la route les passagers et les marchandises à l'aéroport et, dans certaines zones par le développement d'activités industrielles annexes susceptibles de faire leur apparition autour de l'aéroport. Une troisième gêne est créée dans certaines zones par les embouteillages provoqués par les individus qui ont besoin d'y accéder. L'ensemble de ces problèmes se conjuguent lors de la planification de l'occupation des sols autour des aéroports et, notamment, les conflits que soulève leur extension rendue nécessaire pour répondre à une demande croissante.

L'OCDE (Juin 1993) a étudié les problèmes que soulève l'évaluation des nuisances créées par le bruit du trafic aérien. Premièrement, il est difficile de mesurer le volume sonore ; les décibels auxquels l'on a recours habituellement ne prennent pas en compte la durée ou la fréquence du bruit. Une méthode d'évaluation couramment utilisée est la différence de valeur des biens immobiliers confrontés à un environnement bruyant ; si cette méthode peut se révéler utile pour les biens résidentiels, elle se montre moins pertinente pour les biens commerciaux. Une deuxième méthode consiste à évaluer le coût de la réduction ou de la suppression du bruit. Une troisième démarche revient à calculer le coût de la réparation des effets nocifs causés par le bruit qui se traduisent généralement par les coûts des soins de santé. L'étude estime à 2.3 ECU pour 100 tonnes/kilomètre³ le coût social des marchandises transportées par voie aérienne, mais elle n'explique toutefois pas les éléments sur lesquels elle fonde son évaluation.

Nous disposons de plusieurs stratégies d'ordre général pour faire face aux externalités produites par les aéroports. L'une consiste à réduire le bruit émis lors des atterrissages et des décollages. Les normes relatives au bruit répartissent les aéronefs en deux "chapitres". Les avions entrant dans le chapitre 2 sont les modèles homologués à partir des prototypes construits avant 1977, tandis que ceux appartenant au chapitre 3 sont des modèles homologués à partir de prototypes plus récents. Les aéronefs du chapitre 2 sont éliminés progressivement et devraient ne plus être utilisés d'ici 2002. Cependant, les tentatives faites à la fin des années 80 par les Américains et les Européens pour interdire l'accès de leurs aéroports aux avions du chapitre 2 se sont heurtées à l'opposition des transporteurs aériens du Tiers Monde qui volent plus vraisemblablement sur les vieux modèles. Un compromis négocié par l'OACI a arrêté la date de 2002 et fait en sorte que chaque avion aurait une durée de vie utile de 25 années. Le bruit produit par les aéroports devrait donc commencer à diminuer à mesure que l'on approche 2002 et que les modèles anciens et plus bruyants seront mis hors service. (Crayston, communication personnelle).

IV. Camionnage

Les incidences du camionnage sur l'environnement ont suscité un grand intérêt en particulier si on le compare aux conséquences du transport par voie ferrée. Le camionnage représente une menace pour l'environnement par la pollution atmosphérique et le bruit qui en sont les deux principales sources quantifiables. En outre, l'utilisation de poids lourds porte atteinte à l'environnement dans le domaine de l'occupation des sols et également par les répercussions des accidents. Dans le premier cas, les questions d'ordre général ont été examinées précédemment en tenant compte des différents milieux naturels. Une analyse plus approfondie des problèmes par mode de transport demande une étude des conditions locales qui dépasse le champ d'application du présent rapport. Dans le deuxième cas, les données portent essentiellement sur le coût en vies humaines des accidents plutôt que sur leurs incidences sur l'environnement dans l'acception plus étroite du terme ; par conséquent cette question ne sera pas abordée dans le présent rapport.

A) *Pollution atmosphérique*

Des estimations nombreuses et variées ont été publiées sur les polluants émis par les poids lourds, en s'appuyant sur les miles parcourus, les tonnes de marchandises transportées au kilomètre, la quantité d'énergie consommée et d'autres mesures. Même lorsqu'elles sont calculées en unités identiques, ces estimations varient considérablement. Elles donnent néanmoins une idée générale de l'importance de la pollution atmosphérique produite par les camions. Elles offrent aussi une image satisfaisante des incidences relatives des poids lourds et du rail sur le milieu naturel.

Il convient de garder à l'esprit les nombreux points où les données disponibles peuvent reposer sur des hypothèses divergentes, limitant la comparabilité entre les estimations ou entre les pays. Les coefficients d'émission des véhicules sont estimés à partir de contrôles dont ils font l'objet dans le cadre de protocoles définis par la Communauté européenne, l'US EPA et le gouvernement japonais (Cucchi & Bidault 1991). Les séries de tests diffèrent selon des hypothèses émises pour les poids lourds roulant au ralenti, la vitesse du moteur et d'autres conditions de conduite. Les résultats des tests sont ensuite ajustés pour prendre en compte les variations de température, de catégorie, de vitesse, de poids en charge, etc. Les coefficients d'émission calculés par EPA peuvent offrir un exemple type (Cambridge Systematics pp. 2-39 à 2-57). Lorsque les rejets émis par un nouveau véhicule de la gamme d'un camion donné ont été déterminés en laboratoire, des coefficients fixes s'appliquent pour intégrer l'âge du véhicule. Cette opération donne une série de coefficients d'émission pour une catégorie de véhicules fondés sur leur âge. L'on définit ensuite la répartition par âge du parc de véhicules de cette catégorie, en s'appuyant généralement sur les numéros d'enregistrement de leur moteur. On estime alors le nombre de miles qu'un véhicule de chaque classe d'âge est susceptible d'avoir parcourus ; on prend comme hypothèse que les camions anciens roulent moins que les nouveaux. Les résultats de la répartition par âge et par nombre de miles parcourus sont alors utilisés comme facteurs de pondération pour calculer le coefficient d'émission moyen pondéré pour la catégorie de véhicule dans son ensemble. Cette donnée peut être encore ajustée par la vitesse ou des conditions de conduite particulières ainsi que pour contrôler les démarrages à froid, la température ambiante et si les conditions locales sont globalement montagnaises ou plates.

Le tableau ci-dessous résume les coefficients d'émission définis dans plusieurs pays différents à partir d'un certain nombre de sources. En raison de la variété des procédures de contrôle initiales, des algorithmes utilisés pour déterminer les coefficients d'émission d'une catégorie de poids lourds et des modifications éventuelles effectuées par les auteurs de ces études, il s'avère impossible d'établir si les différences entre ces coefficients reflètent des disparités réelles entre les pays ou des variations de la méthode d'estimation. Cependant, ils donnent effectivement une idée approximative de la quantité de pollution émise.

Tableau 9. Coefficients d'émission de polluants atmosphériques des poids lourds, en grammes/tonne au kilomètre

	Kürer ^a (Allemagne)		Schoemaker & Bouman ^b (Pays-Bas)			Whitelegg ^c (Europe)		Befahy ^d (Belgique)	OCDE ^e (Europe)
	Transport local	Transport longue distance	Camions	Camions et camions à remorque	Camions-tracteurs & semi-remorque	Fret transporté par la route dans son ensemble 1	Fret transporté par la route dans son ensemble	Camions et semi-remorque > 10 tonnes	Transport longue distance
CO	1.86	0.25	2.24	0.54	0.34	0.90	2.4	2.10	0.25
CO ₂	255	140	451	109	127	211	207		140
HC	1.25	0.32	1.57	0.38	0.34	0.68	0.3c	0.92	0.32
NO _x	4.1	3.0	5.65	1.37	2.30	2.97	3.6	1.85	3.0
SO ₂	0.32	0.18	0.43	0.10	0.11	0.20	n.d.	n.d.	0.18
Particules	0.30	0.17	0.90	0.22	0.19	0.39		0.04	0.17
COV							1.1		

^a Kürer 1993, tableau 5.
^b Schoemaker and Bouman p. 57, tableaux 14&15.
^c Whitelegg John (1993) *Transport for a Sustainable Future -- The case for Europe*, cité dans Commission des Communautés Européennes p.5. Les données relatives aux hydrocarbures ne concernent que le méthane.
^d Befahy 1993, tableau 4.
^e OCDE (1991) *Politiques de l'environnement. Comment appliquer les instruments économiques*. Cité dans OCDE 1993 *Les coûts sociaux du transport* p. 19.

Des données plus détaillées sur les coefficients d'émission sont disponibles auprès de l'US EPA. Ils sont exprimés en grammes par mile au lieu de grammes par tonne-kilomètre. Les rejets de certains polluants varient avec la vitesse, tandis que les écarts entre types de véhicules sont plus importants pour d'autres comme l'indiquent les deux tableaux ci-dessous (tableau 10 et tableau 11). Aux États-Unis, pour les modèles de l'année 2004, il sera exigé que les moteurs des nouveaux camions (et les moteurs reconstruits) soient moins polluants.

Tableau 10. US EPA : coefficients d'émission de polluants-critères choisis, rejetés par les camions

Vitesse	COV (grammes/miles)		CO (grammes/mile)		NO _x (grammes/mile)	
	HDGV	HDDV	HDGV	HDDV	HDGV	HDDV
15 mph	11.726	3.162	163.533	16.063	5.875	17.192
25 mph	7.061	2.175	95.298	9.588	6.416	14.132
30 mph	5.892	1.865	79.005	7.931	6.686	13.513
35 mph	5.109	1.634	69.201	6.866	6.957	13.389
40 mph	4.579	1.464	64.040	6.220	7.227	13.745

HDGV = heavy duty gasoline vehicle (véhicule lourd à essence)
HDDV = heavy duty diesel vehicle (véhicule lourd à diesel)
Source : Mullen 1996

Tableau 11. US EPA : coefficients d'émission de particules et de SO₂, en grammes/mile

Polluant	HDGV	2BHDDV	LHDDV	MHDDV	HHDDV
Gaz d'échappement	0.163	0.322	0.972	1.107	1.433
PM10	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
Usure des freins PM10	0.012	0.008	0.012	0.012	0.036
Usure des pneus PM10	0.214	0.223	0.384	0.433	0.539
SO ₂					

HDGV = heavy duty gasoline vehicle (véhicule lourd à essence).
2BHDDV = catégorie 2 [heavy duty diesel vehicle (véhicule lourd à diesel).
LHDDV = light heavy duty diesel vehicle (véhicule utilitaire léger à diesel).
MHDDV = medium heavy duty diesel vehicle (véhicule moyen à diesel).
HHDDV = heavy heavy duty diesel vehicle (véhicule de très fort tonnage à diesel).
Source : Mullen 1996

B) Pollution sonore

Les camions constituent une source importante de bruits sur les routes et ils sont probablement beaucoup plus bruyants que les autres modes de transport de marchandises. Kürer a fourni des données sur le niveau et le volume sonores effectifs des poids lourds, en utilisant des informations de (l'ancienne) République Fédérale d'Allemagne. Chaque véhicule émettrait les volumes sonores suivants en passant à une distance de 25 mètres.

Tableau 12. Volume sonore émis par chaque passage de poids lourds, en dB(A)

Taille du camion	Volume sonore en zones construites (roulant à 30-60 km/heure)		Volume sonore en zones dégagées (roulant à 60-100 km/heure)	
	Moyenne	95ème centile	Moyenne	95ème centile
Camionnette de livraison à essence	75	78	77-78	82-83
Camionnette de livraison à diesel	75	80	79	84-85
Camion inférieur à 70 kW	78-79	83-84	81-82	85-86
Camion 70kW - 105 kW	79-80	84-85	82-83	88
Camion 105 kW - 150 kW	81-82	86-87	83-84	89
Camion supérieur à 150 kW	84	90-91	84	91-92

Source : Kürer (1993) figure 6

Rapportant ce bruit au volume de la cargaison transportée, Kürer observe qu'un camion de cinq tonnes faisant du transport local à une vitesse de 30 à 60 km/heure et un poids lourd de neuf tonnes roulant sur de grandes distances à une vitesse de 60 à 100 km/heure émettent tous deux le même volume sonore estimé à 64 dB(A) par tonne (Kürer, 1993, tableau 16 ; la façon dont il établit la relation entre le volume sonore et le poids de la cargaison n'est pas claire). En comparant le bruit émis pendant une heure durant laquelle 1000 tonnes sont acheminées, il constate que le transporteur local (5 tonnes) émet un niveau sonore de 68 dB(A) pour exécuter sa tâche alors que le poids lourd (9 tonnes) parcourant de longues distances produit un niveau sonore de 67 dB(A) avec la même charge (Kürer, tableau 18). Ceci donne à penser que, pour une quantité donnée de fret transporté dans un lieu particulier, la taille du camion ne provoque pas de différence majeure en termes de bruit émis ; un nombre plus élevé de petits camions ou un nombre plus restreint de véhicules de plus gros tonnage se compensent et occasionnent des nuisances d'un niveau identique.

La CEMT (à venir) a examiné un certain nombre d'études portant sur le coût social du bruit émis par les poids lourds, exprimé en part de PIB. Les études ont recours à différentes méthodes pour évaluer le coût du bruit ; évaluation des préjudices causés à la santé ou à la valeur des biens immobiliers, coûts que représente la prévention du bruit et estimation éventuelle de la volonté de payer pour éviter ce bruit. Pour chaque catégorie la méthodologie diffère. Les auteurs pensent néanmoins être en mesure de dégager des conclusions générales. Premièrement, ils constatent que les estimations portant sur la volonté de payer sont toujours plus élevées que les dépenses engagées pour réparer les dommages ou prévenir le bruit, ce qu'ils attribuent au moins en partie au fait que les individus accordent plus d'importance à un problème lorsqu'il est hypothétique que lorsqu'on leur demande de signer un chèque. Ils observent aussi que les coûts relatifs à des mesures préventives et à la réparation des préjudices se révèlent à peu près identiques, et en tirent par conséquent la conclusion qu'il est préférable d'engager les investissements nécessaires pour prévenir le bruit que d'en supporter les effets nocifs. Le tableau 13 ci-dessous résume leurs observations :

Tableau 13. Coûts de la pollution sonore produite par les poids lourds, exprimés en part du PIB

Méthode	Pays	Auteur et année	Valeur en % du PIB
COÛTS DE RÉPARATION DES DOMMAGES			
Dépréciation des biens immobiliers	Norvège	Ringheim, 1983	0.06
Dépréciation des biens immobiliers	France	Lambert, 1986	0.08
Dépréciation des biens immobiliers	France	Tefra, 1990	0.06
Baisse de production, dépréciation des biens immobiliers	RFA	Wicke, 1987	2
Dépréciation des biens immobiliers	Suède	Hansson & Markham, 1992	0.4
Dépréciation des biens immobiliers	Suisse	Jean-Renaud, 1988	0.3
BAISSE GLOBALE DE LA VALEUR DES BIENS			0.20 - 0.40
MESURES DE PRÉVENTION			
Prévention en milieu urbain	France	Tefra, 1990	0.02
Dépenses de prévention	France	Perez, 1990	0.03
Dépenses de prévention	France	CETUR, 1993	0.36
Dépenses de prévention	Finlande	Himanen, 1992	0.3
Dépenses de prévention	Finlande	cité par INRETS, 1989-91	0.3
Dépenses de prévention ; 55 dB(A)	RFA	Planco, 1985	0.15
Dépenses de prévention	RFA	Diekmann, 1990	0.2
MESURES DE PRÉVENTION GLOBALES			0.20 - 0.40
DISPOSÉ A PAYER			
Dépenses souhaitables	France	OECD 1990	0.2 - 0.6
Disposé à payer	RFA	cité par INRETS, 1989	0.6 - 0.75
Disposé à payer et réparer les préjudices causés à la santé	Allemagne	Weinberger, 1992	1.4
Disposé à payer	Allemagne	INFRAS/IWW, 1994	0.7
Disposé à payer	Suède	INFRAS/IWW, 1994	0.2
Disposé à payer	Suisse	INFRAS/IWW, 1994	0.6
ACCEPTATION GÉNÉRALE DE PAYER			0.65
<i>Source : CEMT (à paraître).</i>			

V. Transport ferroviaire

Le rail passe généralement pour un mode de transport terrestre moins agressif pour l'environnement que le camionnage. Les données sur la pollution atmosphérique ne manquent pas de conforter cette opinion. En ce qui concerne le bruit, ce point de vue est quelque peu moins évident, bien que le rail puisse se montrer également moins préjudiciable à cet égard. Comme nous l'avons fait observer précédemment, les incidences relatives du transport ferroviaire et du camionnage sur l'occupation des sols et le morcellement de l'habitat sont impossibles à évaluer sans disposer de données plus détaillées des conditions locales ; les deux modes de transport sont susceptibles de causer des préjudices significatifs aux écosystèmes adjacents.

A) *Pollution atmosphérique*

Le rail produit considérablement moins de pollution atmosphérique que les poids lourds. En Amérique du Nord, les trains sont généralement mus par des générateurs électriques fonctionnant au diesel, qui utilisent ensuite l'énergie électrique pour alimenter la locomotive qui tracte les wagons. En Europe la plupart des trains fonctionnent uniquement à l'électricité ; c'est par conséquent la forme de production d'énergie qui détermine les spécificités de la pollution atmosphérique. Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'émission du rail, en grammes par tonne au kilomètre, en s'appuyant sur les mêmes études mentionnées au tableau 11 relatif aux poids lourds, décrit précédemment. Bien que ce tableau fasse apparaître, comme partout ailleurs, des écarts importants entre les études, l'ampleur des disparités entre les polluants atmosphériques émis par le transport ferroviaire et le camionnage est considérable.

Tableau 14. Émissions de polluants atmosphériques, en grammes/tonne-km

Polluant	Kürer ^a	Schoemaker & Bouman ^b	Whitelegg ^c	Befahy ^d	OCDE ^e	Rejets des camions ^f
CO	0.15	0.02	0.05	0.06	0.15	0.25 - 2.4
CO ₂	48	102	41		48	127 - 451
HC	0.07	0.01	0.06 ^c	0.02	0.07	0.3 - 1.57
NO _x	0.4	1.01	0.2	0.40	0.4	1.85 - 5.65
SO ₂	0.18	0.07			0.18	0.10 - 0.43
Particules	0.07	0.01		0.08	0.07	0.04 - 0.90
COV			0.08			1.1

^a Kürer 1993, tableau 5.
^b Schoemaker and Bouman p. 57, tableaux 14&15.
^c Whitelegg John (1993) *Transport for a Sustainable Future -- The case for Europe*, cité dans Commission des Communautés Européennes p.5. Les données sur les hydrocarbures ne concernent que le méthane.
^d Befahy 1993, tableau 4.
^e OCDE (1991) *Politiques de l'environnement. Comment appliquer les instruments économiques*. Cité dans OCDE (1993), p. 19.
^f Extrait du tableau 9 mentionné précédemment.

Les coefficients d'émission définis par l'US EPA pour les locomotives fait une distinction selon les types de moteur pour certains polluants, et les coefficients d'émission moyens reflètent clairement la composition du parc ferroviaire des États-Unis. Cependant, aux États-Unis, dans l'avenir, il y aura un contrôle des émissions provenant des locomotives.

Tableau 15. Coefficients d'émission des polluants atmosphériques rejetés par les trains, définis par l'US EPA en kg/litre de carburant.

Polluant	Type de moteur					Moyenne (fondée sur le parc ferroviaire des États-Unis)
	Moteur à 2 temps à allumage suralimenté	Moteur à 4 temps à allumage	Moteur à 2 temps suralimenté	Moteur à 2 temps suralimenté à turbocompresseur	Moteur à 4 temps	
Particules						3.0
SO _x						6.8
CO	10	46	7.9	19	22	16
HC	23	17	18	3.4	12	11
NO _x	30	59	42	40	56	44
Aldéhydes						0.66
Acides organiques						0.84

Source : US EPA (1985), p. II-2-1 à II-2-2, tableaux II-2-1 et II-2-2.

B) Pollution sonore

Les nuisances sonores produites par le rail passent généralement pour être moins gênantes que celles imputables aux poids lourds. Ceci s'explique dans une large mesure par le caractère intermittent du bruit émis par les trains, alors que le bruit de la route (y compris celui émis par les camions) se fait entendre de façon quasi-permanente. Toutefois, les estimations relatives au bruit produit par le passage d'un train sont plus élevées que pour un camion. Selon US DOT/BTS (1994), le volume sonore d'un train fonctionnant au diesel s'élève à 100 dB(A), comparé à 90/95 pour un camion (p. 168). Kürer évalue le niveau sonore moyen d'un train à 90 dB(A) comparé à 71/74 pour les poids lourds. D'autre part ses estimations en décibels par tonne se situent à un niveau légèrement inférieur pour les trains que pour les camions ; 63 pour les premiers par rapport à 64 pour les derniers (tableau 16).

VI. Transport par conduites

On utilise les pipelines essentiellement pour transporter des produits pétroliers et du gaz naturel. Aux États-Unis ils transportent quelque 56 pour cent de la totalité de tonnes de pétrole brut ou traité au mile. Pour le restant, 39.7 pour cent sont acheminés par voie maritime, 2.9 pour cent par poids lourds et 1.4 pour cent par chemin de fer (US DOT/BTS 1995b, p. 212). Les pipelines assurent la quasi-totalité du transport des produits liés au gaz naturel (Batten, communication personnelle). Des conduites relativement courtes transportent aussi d'autres produits comme l'ammoniac anhydrique (un engrais), le propane, le butane, d'autres substances chimiques et même de l'encre ; cependant ces canalisations sont tout à fait mineures par rapport aux pipelines transportant le pétrole et le gaz. Les oléoducs et les gazoducs représentent trois types de risques pour l'environnement: accidents, émissions de polluants dans l'atmosphère et menaces de morcellement de l'habitat des écosystèmes traversés. Nous aborderons les deux premières questions dans les paragraphes suivants. La troisième a été examinée précédemment au premier chapitre du présent rapport.

A) Accidents

Les accidents de pipelines peuvent provoquer un certain nombre d'effets divers. Les plus graves sont évidemment les blessures et les pertes en vies humaines ; l'essentiel des mesures visant à surveiller les accidents de conduites répondent surtout à ces préoccupations. En outre, les déversements de produits pétroliers peuvent contaminer le sol, l'eau de surface ou souterraine. Les rejets accidentels de gaz naturel ne constituent apparemment pas une menace sérieuse pour l'environnement car, en raison de sa légèreté, le gaz se disperse rapidement dans l'atmosphère.

Le tableau ci-dessous résume les statistiques américaines de 1992 (les dernières publiées) relatives au nombre de kilomètres de gazoducs et d'oléoducs, la quantité transportée et les accidents. Nous ne disposons pas de données comparables pour d'autres modes de transport aussi nous ne sommes pas en mesure d'établir de façon définitive la sécurité relative des conduites par rapport aux autres modes de transport. Pour le gaz naturel, la question ne se pose manifestement pas puisque la quasi-totalité des produits est transportée par conduite. En ce qui concerne le pétrole brut ou les produits pétroliers les voies d'eau intérieures offrent la principale solution de rechange aux pipelines. Tout en reconnaissant qu'il n'existe pas de données satisfaisantes (pour les États-Unis, tout au moins), tant les spécialistes de ce mode de transport que les associations professionnelles de l'industrie pétrolière estiment que les conduites représentent de loin le moyen de transport le plus sûr pour acheminer le pétrole et le gaz naturel parce qu'elles limitent au minimum le contact avec des produits potentiellement dangereux.

Tableau 16. Statistiques sur la sécurité des pipelines aux États-Unis

	Kilométrage de pipelines	Volume de produits transportés	Accidents	Barils perdus	Blessures	Accidents mortels
Pétrole/liquide	199 023 ^a	588 800 10 ⁶ ton-mi ^a	223 ^b	152 320 ^b	38 ^b	5 ^b
dont:						
brut	112 990 ^a	334 800 ^a	80 ^b	67 357 ^b	1 ^b	1 ^b
gazole			11	2 220	2	0
mazout	86 033	246 700 millions	17	4 522	0	0
essence	(kilométrage de pipeline pour la	(transport interurbain des	49	36 752	0	0
carburéacteur	pipeline pour la	divers produits pétroliers	12	4 317	0	0
GPL	gamme de	exprimé en tonnes par	11	11 132	31	3
GNL	produits	mile) ^a	11	14 936	2	0
turbocombustible	pétroliers) ^a		7	2 465	0	0
divers			7	6 775	0	0
Gazoduc	1 167 700 ^c	20 298 119 millions pieds ^{3c}	180 ^d	n.d.	87 ^d	15 ^d

n.d. : non disponible

Sources :

^a US DOT/BTS 1995b, p. 55. Les données exprimées en tonnes par mile concernent le transport interurbain de produits pétroliers ; la source n'indique pas si le carburant consommé pour le fonctionnement du pipeline est compris dans ce chiffre.

^b US DOT/RSPA, tableau 15. Ces chiffres s'appliquent à tous les liquides transportés par conduites, non exclusivement au pétrole.

^c US DOT/BTS 1995b, p.58. Les données exprimées en pieds³ par mile ne sont pas disponibles pour le gaz naturel. Le volume de produits comprend le gaz utilisé pour alimenter le pipeline.

^d US DOT/RSPA, tableaux 9 et 10.

B) Pollution atmosphérique

Les marchandises sont transportées dans des conduites parce qu'elles sont soit pompées (les liquides) soit comprimées (les gaz). Les hydrocarbures acheminés par les conduites alimentent en énergie les pompes et les compresseurs qui rejettent des polluants dans l'air comme le ferait n'importe quelle machine. Les seules estimations globales disponibles sur les émissions des pipelines ne font pas de distinction entre les oléoducs et les gazoducs. Cependant elles font apparaître effectivement que le transport par conduite produit considérablement moins de pollution atmosphérique que les principales solutions de remplacement.

Tableau 17. Émissions des pipelines, en grammes/tonne par km

Polluant	Émissions en grammes/tonnes-km	Émissions des camions (aux fins de comparaison)	Émissions des navires (aux fins de comparaison)
CO ₂	10	207	30
CH ₄	0.02	0.03	0.04
COV	0.02	1.1	0.1
NO _x	0.02	3.6	0.4
CO	0.0	2.4	0.12

Source : Whitelegg John (1993), Transport for a Sustainable Future - The case for Europe, cité dans Commission des Communautés Européennes p.5.

VII. Transferts entre modes de transport

Le transport de marchandises suppose souvent des transferts entre modes de transport entre le lieu d'origine et la destination finale. Le transfert de la cargaison d'un navire sur un moyen de transport terrestre pose peut-être le plus grand nombre de problèmes liés à ces changements de mode de transport ; les transferts entre camion et chemin de fer représentent aussi une source de menaces pour l'environnement. Les problèmes posés par les centres de correspondance entre modes de transport présentent à de nombreux égards les mêmes caractéristiques externes de voisinage que les aéroports, en particulier s'agissant des litiges avec les riverains et le partage institutionnel des compétences.

Il existe quatre scénarios d'ensemble possibles pour transférer la cargaison d'un bateau. Les conteneurs peuvent être déchargés directement par un grue du navire sur un train situé sur les docks. Le plus souvent les conteneurs sont débarqués sur des camions qui les transportent jusqu'à une gare ferroviaire quelque part dans l'enceinte dans port ou à l'extérieur, ou jusqu'à leur destination finale. La solution de la voie ferrée sur les docks est de loin la meilleure, tant en termes de rapidité de transfert que d'incidences sur l'environnement. Elle supprime la nécessité de changer deux fois de modes de transport distincts -- navire/camion et camion/rail -- avec tous les encombrements, la pollution et la perte de temps occasionnés. Cependant, de nombreux ports, en particulier les docks des vieux ports ne sont pas équipés d'une voie de chemin de fer. Les ports anciens se trouvent généralement situés dans des zones construites et ne disposent pas d'espace pour construire des lignes de chemin de fer jusqu'aux navires.

Le transfert des conteneurs par camion jusqu'à la gare ferroviaire se révèle à la fois particulièrement inefficace et source de problèmes pour l'environnement dans les ports. Les grands ports ont besoin chaque jour de milliers de camions pour transférer les conteneurs ; aujourd'hui, par exemple,

50.000 camions se rendent quotidiennement dans le port de Los Angeles exécuter cette tâche. Ces camions constituent une source considérable de bruit, de pollution atmosphérique, d'embouteillages tant dans l'enceinte du port que dans son voisinage immédiat. A l'intérieur du port ces véhicules manoeuvrent lentement, font fonctionner leurs moteurs au ralenti et effectuent souvent des démarrages à froid, produisant des émissions en plus grande quantité que s'ils roulaient sur une route. Lorsque la gare ferroviaire se trouve dans l'enceinte du port (bien qu'elle ne soit pas située sur les docks), les répercussions sur les embouteillages et la qualité de l'air dans le voisinage immédiat sont beaucoup moins importantes. Cependant les véhicules qui travaillent uniquement à l'intérieur du port peuvent échapper aux contrôles d'émission auxquels sont soumis les autres poids lourds de sorte qu'ils sont susceptibles de rejeter dans l'air une quantité de polluants plus grande que ne le feraient les véhicules à l'extérieur du port.

Il est difficile de généraliser les incidences sur l'environnement de ces transferts de mode de transport étant donné qu'ils sont largement fonction de la configuration et du volume de trafic de chaque centre de correspondance. Cependant, une augmentation de la quantité de marchandises transférées, notamment un accroissement du fret maritime, entraînera une progression proportionnelle des problèmes qui se posent dans les centres de correspondance. La solution à ces difficultés peut rendre nécessaire la construction d'une ligne de chemin de fer jusque dans l'enceinte du port et, si possible, jusqu'aux docks, l'extension de l'espace réservé à la manutention et au stockage des marchandises dans le port, l'amélioration de l'accès routier emprunté par les camions pour se rendre au port, etc. L'ensemble de ces mesures demande des terrains supplémentaires à l'intérieur ou dans le voisinage immédiat de la zone portuaire. Cependant, les ports de mer ne disposent souvent pas d'espace pour s'étendre. L'augmentation de la demande de terrains sur le front de mer dans les zones urbaines a fait grimper le prix des terrains nécessaires aux activités portuaires et il devient coûteux et difficile pour les pouvoirs publics de réserver des espaces pour le transport maritime. Dans certains cas l'aménagement du réseau routier pour décongestionner la circulation rencontrée par les camions se rendant au port attire d'autres activités sur le site voisin, annulant les effets des investissements réalisés pour faciliter les transferts entre modes de transport. En outre, les terrains à proximité immédiate des ports sont très souvent des marécages ou autres zones humides. Des mesures strictes de protection de l'environnement destinées à les préserver rendent extrêmement difficile de disposer d'installations adéquates pour accueillir les transferts de mode de transport dans les ports.

Comme pour les aéroports, l'organisation complexe des entités administratives, dont les compétences empiètent les unes sur les autres, complique le processus de règlement des difficultés liées au port, au plan d'occupation des sols au niveau local et à la protection de l'environnement. Les riverains du port s'élèvent contre la saleté, le bruit et le trafic qu'il occasionne et finissent souvent par s'opposer à toute expansion de ses activités. Les autorités municipales et autres collectivités locales sont habilitées à prendre des mesures en matière d'occupation des sols avoisinants et de transport ; elles sont partagées entre la volonté de protéger la qualité des quartiers résidentiels et de développer l'activité économique associée au port. Des entités publiques indépendantes réglementées sont généralement chargées de la gestion des ports mais n'ont aucune autorité sur l'occupation des sols. Leur capacité à réaliser les investissements qui amélioreraient les activités portuaires, leur permettant ainsi de lutter contre la concurrence en matière de transport maritime, se trouve limitée à la fois par des contraintes liées à l'utilisation des sols et des intérêts nationaux en matière d'environnement.

VIII. Comparaisons et conclusions

Cet exposé s'est efforcé de résumer les incidences sur l'environnement du fret de manière à fournir des informations qui seront intégrées dans l'étude de l'OCDE sur les incidences de la libéralisation des échanges sur l'environnement liées au transport de marchandises. Il s'est employé tout particulièrement

à décrire les principaux mécanismes du transport des marchandises susceptibles d'affecter l'environnement et de mettre en évidence les façons de quantifier ces relations en s'appuyant sur des mesures unitaires de marchandises.

Il est possible de dégager des conclusions claires en comparant les données du présent rapport. Les informations sur la pollution atmosphérique permettent les comparaisons les plus directes. Comme l'indique le tableau ci-dessous, et malgré des écarts sensibles entre les estimations relatives à chaque mode de transport, les poids lourds sont nettement plus polluants que les trains ou les bateaux. Cette observation vaut pour tous les polluants. Les données amènent à penser que le rail peut se montrer plus préjudiciable que le transport maritime ; toutefois ceci n'est pas clairement avéré. Le recours à différentes méthodologies pour calculer les coefficients d'émission peut expliquer de façon plus significative les différences entre le transport maritime et le chemin de fer à partir de ces données que toute tentative de généralisation.

Tableau 18. Fourchettes des coefficients d'émission atmosphérique des camions, des trains et des bateaux, en grammes/tonne par km

Polluant	Camion	Train	Navire
CO	0.25 - 2.4	0.02 - 0.15	0.018 - 0.20
CO ₂	127 - 451	41 - 102	30 - 40
HC	0.3 - 1.57	0.01 - 0.07	0.04 - 0.08
NO _x	1.85 - 5.65	0.2 - 1.01	0.26 - 0.58
SO ₂	0.10 - 0.43	0.07 - 0.18	0.02 - 0.05
Particules	0.04 - 0.90	0.01 - 0.08	0.02 - 0.04
COV	1.1	0.08	0.04 - 0.1
<i>Sources</i> : Les données concernant les camions sont extraites du tableau 9 ; celles relatives aux camions du tableau 14 et celles concernant les navires des tableaux 5 et 7, tous décrits dans de précédents chapitres.			

En ce qui concerne la pollution sonore, les statistiques récentes (CEMT -- à venir) prévoient que le coût environnemental médian de la pollution sonore du transport routier est deux fois plus élevé que celui du transport ferroviaire. De plus, la comparaison des coûts sociaux des autres effets environnementaux extérieurs (voir tableau ci-dessous) montrent aussi que les coûts extérieurs moyens pour la route sont plus élevés que pour le rail.

Tableau 19. Comparaison des coûts moyens environnementaux extérieurs et des coûts dus aux accidents du transport routier et transport ferroviaire (en ECU 1991 par 1 000 tonne-km)

Effet extérieur	Cargaison ^a en ECU par 1 000 t/km	
	Route	Rail
Accidents	7 - 11	0.75
Bruit	3 - 7.5	1.8 - 3.5
Pollution locale	2 - 8	0.6 - 2
Effet de serre	4	1
TOTAL	16 - 30	4 - 7.5
^a Chiffres provisoires. Source: CEMT à venir.		

Les autres types de dommages causés à l'environnement par les transports sont plus difficiles à évaluer. Des difficultés se présentent lorsqu'il s'avère impossible de quantifier les effets produits sur l'environnement en unités normalisées, ou lorsque ceux-ci ne sont pas du tout quantifiables. La question est particulièrement d'actualité lorsque l'on essaie de comparer les incidences du transport de marchandises par voie maritime avec celles des autres modes de transport. Les préjudices les plus graves causés par le transport maritime affectent la vie des espèces vivant dans les mers plutôt que les vies humaines. Bien que supposées éloignées de l'environnement humain, les préjudices portés aux écosystèmes marins auparavant intacts suscitent quand même des préoccupations sérieuses en matière d'environnement. On se heurte au même type de difficulté lorsqu'il s'agit d'analyser la question du morcellement de l'habitat dans des zones sensibles et dans des écosystèmes fragiles. Dans quelques cas, comme la construction de routes traversant l'Amazonie ou de pipelines en Alaska, l'opinion publique a pris conscience des coûts supportés par les écosystèmes du fait des transports, mais même alors, on compare difficilement les préjudices causés aux écosystèmes avec les effets nocifs plus quantifiables provoqués par des modes de transport de recharge ou avec les avantages tirés de la construction de ces infrastructures. Des problèmes identiques se posent à l'examen des espèces sources de nuisances. Bien que certains dommages puissent être mesurés -- en particulier les réparations des infrastructures rendues nécessaires par les moules zébrées dans la région des Grands Lacs -- il est malaisé de procéder à une estimation des perturbations subies par les écosystèmes marins. Si l'on est à même de décrire les incidences d'une augmentation du transport de marchandises sur ces problèmes, il est impossible de les quantifier en unités qui nous permettraient de comparer les menaces que représentent les différents modes de transport.

RÉFÉRENCES

- Bartel, Carroll, Larry Godby et Louis Sutherland (1975), "National Measure of Aircraft Noise Impact Through the Year 2000". Préparé pour l'Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement, Office of Noise Abatement and Control (Bureau de réduction et de lutte contre le bruit), par Wyle Research, El Segundo, Californie, Rapport EPA n° 550/9-75-024.
- Befahy F. (1993) "L'environnement, les effets globaux et locaux" VIII.1.g.16 -- CEMT (1993)
- Button, Kenneth (1993), *Transport, the Environment and Economic Policy*. (Aldershot, Hants, England & Brookfield, Vermont, US: Edward Elgar Publishing Ltd.)
- Cambridge Systematics Inc. avec Jack Faucett Associates Inc. et Sierra Research (1995), "Air Quality Issues in Intercity Freight, Interim Report". Préparé pour la "Federal Railroad Administration", la "Federal Highway Administration" and l'Agence pour la protection de l'environnement, 2 août 1995.
- Commission des Communautés Européennes (juillet 1995), "Le transport maritime à courte distance : Perspectives et défis", communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions, Bruxelles, 5 juillet 1995 COM(95)317 final.
- Cucchi C. et M. Bidault (1991) "Current and Future Emission Standards for Exhaust Gases and Noise, and Test Procedures for Goods Vehicles", in Kroon et al, eds.
- Eno Transportation Foundation (1994), "First Session of the Transport Policy Forum: Intermodalism". Résumé d'un forum organisé le 28 juillet 1994 au siège social d'Eno à Landsdowne, VA. Préparé en coopération avec Apogee Research Inc., Bethesda, MD.
- Conférence européenne des ministres des transports (1993), *La croissance du transport en question. Douzième Symposium international sur la théorie et la pratique dans l'économie des transports*, Paris, 1993.
- Conférence européenne des ministres des transports (1995), "L'estimation des externalités", Paris, mars 1996.
- Conférence européenne des ministres des transports, "*Efficient Transport for Europe: Policies for Internationalisation of External Costs*", Paris (à paraître).
- Filippi Federico (1991), "Prospects for the Reduction of Noise from Heavy Duty Diesel Vehicles", in Kroon et al, eds.
- GESAMP, IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (1990), *The State of the Marine Environment*. (Oxford: Blackwell Scientific Publications)

- Kroon, Martin, Ruthger Smit and Joop van Ham, eds. (1991), *Freight Transport and the Environment. Studies in Environmental Science 45* (Amsterdam: Elsevier, 1991)
- Kürer R. (1993) "L'environnement, les effets globaux et locaux" -- CEMT (1993)
- Marine Board, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council (1985), *Dredging Coastal Ports: An Assessment of the Issues.* (Washington, D.C.: National Academy Press)
- MARPOL 73/78, "Annex 6 on the Prevention of Air Pollution from Ships", International Maritime Organisation (IMO), Londres, 1997
- Mitchell Ronald (1993), "International Oil Pollution of Oceans" in Peter M. Haas, Robert O. Keohane and Marc A. Levy, eds. *Institutions for the Earth: Sources of Effective International Protection.* (Cambridge MA: MIT Press)
- Mullen, Maureen, E.H. Pechan & Associates, Springfield Virginia, lettre (et tableau annexé) à Sharon Nizich, EPA Research Triangle Park NC, 26 avril 1996
- National Ocean Pollution Program (1991), "Federal Plan for Ocean Pollution Research, Development and Monitoring: Fiscal Years 1992 -- 1996". Préparé par le National Ocean Pollution Program Office (National Oceanic and Atmospheric Administration, Département du commerce des États-Unis) pour le National Ocean Pollution Program. Policy Board, septembre 1991
- Direction de l'environnement de l'OCDE, Comité des politiques d'environnement (juin 1993), "Les coûts sociaux des transports : Évaluation et liens avec les politiques d'internalisation des effets externes"
- Pickering, Keven T. & Lewis A. Owen (1994), *An Introduction to Global Environmental Issues.* (London & New York: Routledge)
- Schoemaker, Theo J.H. and Peter A. Bouman (1991), "Facts and Figures on Environmental Effects of Freight Transport in the Netherlands", in Kroon et al, eds.
- Snape, D.M. & M.T. Metcalfe (1991), "Emissions from Aircraft: Standards and Potential for Improvement" in Kroon et al, eds.
- Transportation Research Board, National Research Council (1993), *Landside Access to US Ports. Special Report 238* (Washington D.C.: National Academy Press)
- CNUCED (1993), Conseil du commerce et du développement, Commission permanente du développement des secteurs de services, Groupe intergouvernemental d'experts portuaires, "Le développement durable des ports ; Rapport du Secrétariat de la CNUCED (UNCTAD/SDD/PORT/1), 27 août 1993, GE.93-53203, réimpression GE.93-93217
- US Coast Guard, Chief of Marine Safety (Code G-M), Plan d'action pour 1996
- US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, (1994), *Transportation Statistics Annual Report 1994.* (Washington D.C.)
- US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, (1995a), *Transportation Statistics Annual Report 1995.* (Washington D.C.)

- US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, (1995b), Transportation Statistics Annual Report 1996. (Washington D.C.)
- US Department of Transportation, Research and Special Programs Administration (1992), Annual Report on Pipeline Safety, Calendar Year 1992. (Washington D.C.)
- US Environmental Protection Agency (septembre 1985), "Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume II: Mobile Sources" AP-42, 4ème édition. Office of Air and Radiation, Office of Mobile Sources, Test and Evaluation Branch, Ann Arbor, MI
- US Environmental Protection Agency (août 1992) "Procedures Document for the Development of National, Regional and Preliminary Air Pollutant Emissions Trends Report", Internal Document, Emission Factor and Inventory Group, Emissions Monitoring and Analysis Division, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina
- US Environmental Protection Agency (septembre 1994) "Inventory of US Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-1993" Office of Policy, Planning and Evaluation (2122). EPA Report N° 230-R-94-014
- US Environmental Protection Agency (janvier 1995) "Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I: Stationary Point and Area Sources" AP-42, 5ème édition. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC
- Van Bohemen H.D. (1995), "Mitigation and Compensation of Habitat Fragmentation Caused by Roads: Strategy, Objectives and Practical Measures" Transportation Research Record 1475. (Washington D.C.: National Academy Press, for the Transportation Research Board)
- Vedantham Anu and Michael Oppenheimer (1994) Aircraft Emissions and the Global Atmosphere: Long Term Scenarios. (New York: Environmental Defense Fund, 1994)

NOTES

- ¹ Planco (1990) *Externe Kosten des Verkehrs: Schierre, Stratte, Bennenschiffart*. Essen. Cité dans OCDE 1993, p. 12.
- ² Balashow B. et A. Smith, "Consommation mondiale de carburant par les transporteurs aériens: analyse des tendances" *Journal de l'OACI*, août 1992, pp. 18-21. Cité par Vedantham & Oppenheimer 1994, p. 35.
- ³ Diekmann A. (1990), "Nutzen und Kosten des Automobils", *Internationales Verkehrswesen*, novembre-décembre, cité dans OCDE 1993 p.16.