

Chapitre 4

Principaux déterminants de la demande future en infrastructures et en services de transport de surface

par

David Stambrook*

* Virtuosity Consulting, Ottawa, Canada.

Résumé

L'objet de ce chapitre est d'évaluer l'effet que les principaux déterminants sociaux, économiques, environnementaux, technologiques et politiques pourront avoir sur les besoins futurs (sur 30 ans) en infrastructures routières et ferroviaires.

Besoins en infrastructures routières (2000-30)

Les principaux facteurs qui déterminent les besoins en infrastructures routières sont: a) les équipements existants, mesurés par la valeur des actifs; et b) la croissance du PIB, qui reflète celle de la population et celle du revenu par habitant. On considère que les autres facteurs ont un effet marginal sur les prévisions établies selon un scénario de référence pour le transport routier et déterminées par les principaux facteurs économiques précités.

On prévoit des besoins en infrastructures routières (nouvelles constructions) de l'ordre de 220 à 290 milliards USD par an de 2010 à 2030, dont une proportion pouvant atteindre 20 % pourra être soumise à une action volontariste des pouvoirs publics (austérité budgétaire, politique de développement durable ou transfert modal au bénéfice du rail) en vue d'optimiser l'efficacité des infrastructures, de réduire la congestion routière et éventuellement de restaurer la qualité d'équipements routiers détériorés. La majorité des besoins en infrastructures routières est liée au remplacement ou à la remise en état des équipements routiers qui se détériorent avec le temps. L'accroissement de valeur des actifs routiers représente une moindre part dans ces besoins. Pour l'ensemble de la période allant de 2000 à 2030, on prévoit une diminution du rapport de la valeur des équipements routiers au PIB, ce qui se traduira par une augmentation de la productivité des infrastructures routières.

Besoins en infrastructures ferroviaires (2000-30)

Les facteurs déjà cités déterminent aussi les besoins en infrastructures ferroviaires, mais les politiques gouvernementales en faveur du transfert modal (de la route vers le rail) jouent ici un rôle important. On prévoit des besoins en infrastructures ferroviaires (nouvelles constructions) de 49 à 58 milliards USD par an de 2010 à 2030, dont $\pm 20\%$ sont soumis à des actions volontaristes des pouvoirs publics ayant pour but de concrétiser ou d'accélérer

l'amélioration du réseau ferré nécessaire (le cas échéant) à la réalisation des objectifs de transfert modal.

Conséquences pour l'action des pouvoirs publics

Ces prévisions débouchent sur les constatations ci-après, qu'il serait utile de prendre en compte dans les prochaines phases du Projet du Programme de l'OCDE sur l'avenir :

- *Les gains induits par les infrastructures.* Ces gains sont censés dépasser les coûts de ces dernières. En ce qui concerne les infrastructures routières, il s'agira surtout de gains économiques ou de productivité, tandis que les avantages à attendre des infrastructures ferroviaires prendront la forme de retombées positives d'ordre social ou environnemental.
- *Le modèle économique.* Le modèle actuel, qui repose sur l'utilisation de crédits budgétaires annuels financés par les recettes de la fiscalité générale, sera mis à rude épreuve lorsqu'il faudra faire face à l'accroissement de la demande budgétaire relative aux besoins infrastructurels. Il faudra s'appuyer davantage sur des prélèvements plus spécifiques (préaffectation des recettes provenant des taxes sur les carburants ou des redevances routières) et sur des redevances d'utilisation payées directement par les usagers (par ex. : redevances poids lourds, péages).
- *La gouvernance et le financement des infrastructures.* Outre le problème de financement des infrastructures de transport de surface se pose la question de la gouvernance, qui doit englober la gestion des actifs, la comptabilité d'engagements, l'administration, la supervision et le contrôle des performances.
- *Les relations avec les autres infrastructures* devront être gérées selon une approche systémique :
 - a) *Énergie* : les prévisions retenues ici pour les transports routiers et ferroviaires ont de considérables répercussions sur la demande énergétique, laquelle pèse à son tour sur la durabilité ou sur l'environnement (émissions de gaz à effet de serre/GES, technologies des économies d'énergie). Les prévisions de l'auteur sur l'usage des véhicules routiers et sur le taux de motorisation sont considérablement plus élevées que celle d'autres sources (AIE et Conseil mondial des entreprises pour le développement durable/WBCSD), ce qui augmente les possibilités de « découpler » la croissance du transport de marchandises (et de voyageurs) et la croissance économique – en particulier au vu des effets de l'intensification du transport de marchandises (et de voyageurs) dus à la croissance dans les « cinq grands », notamment en Chine, et les pays en développement.

- b) *Télécommunications/TIC* : le progrès technologique offrira de nombreuses possibilités d'améliorer la sécurité des véhicules et la gestion des réseaux de transport et, de ce fait, la productivité des infrastructures routières et ferroviaires. Cependant, ces gains seront marginaux par rapport à l'accroissement prévu du parc de véhicules dû à la croissance du PIB et de la population. La tendance à long terme va dans le sens de la complémentarité entre *mobilité virtuelle* (information et communications) et *mobilité physique* (transports).
- c) *Eau* : de graves perturbations météorologiques ou climatiques (montée du niveau des océans, par exemple) pourraient occasionner des dépenses infrastructurelles supplémentaires pour parer à de nouveaux risques ou dommages éventuels dans les deux secteurs considérés ici.
- d) *Encombrements des agglomérations* : dans les agglomérations encombrées, les réseaux infrastructurels intégrés devront faire l'objet d'une gestion judicieuse de manière à réduire les coûts de cycle de vie dans l'ensemble du système et à prévoir les capacités et les emprises à acquérir pour faire face à la croissance. Quant aux équipements infrastructurels souterrains, leur planification et leur gestion auront d'importantes retombées en termes de coûts et de sécurité.
- e) *Autres infrastructures de transport* : les dessertes routières et ferroviaires des aéroports et ports jouent un rôle décisif dans la croissance du trafic international; dans de nombreuses villes, on risque de voir à l'échelon local des considérations relatives à l'aménagement ou à la qualité du cadre de vie prendre le pas sur l'intérêt que revêt, aux plans national et international, l'amélioration de ces liaisons de transport. Il sera essentiel d'employer de meilleures méthodes pour concilier les intérêts locaux et régionaux avec les intérêts nationaux et internationaux.

Le trajet à suivre

Il ne fait pas de doute qu'une politique intégrée (et concertée) englobant occupation des sols, répartition géographique, densité urbaine, tarification routière, optimisation de l'utilisation des capacités routières induite par les TIC et amélioration des infrastructures de transports ferroviaires et publics pourrait avoir un effet *marginal* notable et (relativement) significatif sur les besoins en infrastructures routières. Il n'est cependant pas certain que la sphère politique se prononce en faveur d'un ensemble de mesures aussi *holistique* – surtout parce que beaucoup de décisions doivent faire intervenir différents niveaux d'administration et qu'il faut du temps pour qu'émerge le consensus politique nécessaire.

Il n'existe pas de solution facile au financement des infrastructures de transport. Le défi du financement (et de la gestion) se trouve au cœur d'un

écheveau complexe de considérations – finances publiques, politique, économie, environnement et utilisation des sols – avec le chevauchement de calendriers, de cycles de décision et d'échéances que cela suppose. Il est nécessaire d'associer les sources publiques et privées de financement – de manière à les dynamiser et à en définir les rôles les plus adaptés et équilibrés possible.

Les infrastructures de transports terrestres (route et rail) ont un cycle de vie économique très long – plus de 30 ans. La planification et la budgétisation des équipements se déroule sur un cycle très long (de 10 à 20 ans), lequel entre visiblement en conflit avec le cycle de 7 ans des entreprises, les cycles de 3 à 5 ans de la vie politique et les cycles de 2 à 3 ans des budgets. Chaque fois que se produit une crise à court terme, ce sont les projets à long terme de financement d'infrastructures de transports terrestres qui sont sacrifiés au profit d'opportunités à court terme correspondant à d'autres objectifs, plus urgents, dictés par les pressions politiques et les préoccupations gouvernementales.

Du *consentement du public* à payer pour une plus grande mobilité dans les transports terrestres dépendra la capacité de répondre aux besoins en infrastructures de transport. Les usagers des routes (directs et « indirects ») sont globalement comme les autres contribuables; la question du financement devrait donc consister à déterminer quel est le mode de financement le plus acceptable aux yeux du public pour financer les infrastructures de transport nécessaires. Il faudra que les autorités publiques des finances et des transports ainsi que leurs patrons politiques se montrent plus enclins à appliquer les principes « d'usager-payeur » et de commercialisation aux transports terrestres (en particulier aux routes).

1. Principaux déterminants de la demande future en transports de surface

Une méta-étude de prévisions globales et régionales sur les transports a conclu que les déterminants pris en compte pour modéliser la croissance des transports sont la croissance économique et démographique, le prix de l'énergie, ainsi que les politiques gouvernementales et environnementales¹. Rares sont les études qui complètent cet ensemble de variables prévisionnelles par les suivantes : niveau des revenus, taille des ménages, structure démographique, densité de population, technologies employées (par ex. : pour les économies d'énergie) et réglementation².

Pour la période allant de 2005 à 2030, la présente étude développe des prévisions quantitatives concernant les « constructions nouvelles » d'infrastructures routières et ferroviaires (accroissement net des équipements et travaux d'entretien visant à préserver la valeur des équipements existants).

Ces prévisions sont établies selon un cadre et une méthode comparables à ceux mis en place par Fay-Yepes (pour la Banque mondiale)³. Les données relatives aux principaux facteurs de croissance du PIB et de la population proviennent respectivement de la Banque mondiale et des Nations Unies, comme dans le document de référence de l'OCDE qui a été rédigé pour la présente étude⁴.

Modélisation des équipements infrastructurels et des nouvelles constructions

La méthodologie de Fay-Yepes permettant de prévoir les équipements infrastructurels et les nouvelles constructions repose sur la relation économique (l'élasticité) entre stock d'équipements infrastructurels (route et rail) et PIB par habitant (PIB/hab.). De la croissance du PIB/hab., on tire une prévision des équipements routiers (ou ferroviaires), que l'on peut ensuite transformer en prévision des nouvelles constructions à venir (cf. annexe 4.A2 pour la discussion complète du modèle et des sources de données utilisées).

Dans l'ensemble, le modèle a été développé en détail pour les infrastructures routières, puis a été adapté aux infrastructures ferroviaires. La discussion qui suit sera exclusivement consacrée au modèle routier.

Un paramètre essentiel est l'élasticité du stock de routes revêtues par rapport au PIB/hab. (ou au PIB). Le tableau 4.1 présente certaines relations d'élasticité significatives relevées dans la documentation. Selon diverses hypothèses, on peut comparer les différentes élasticités du stock d'équipements par rapport au revenu, ce qui permet d'établir une fourchette estimative de l'élasticité du stock de routes revêtues par rapport au PIB/hab., qui va de 0.12 à 0.90, avec une moyenne de 0.20⁵.

On a beaucoup écrit sur la baisse des taux d'investissements dans les transports (et du ratio équipements-PIB) observée sur le long terme dans les pays à revenu élevé :

- Europe : les taux d'investissements dans les transports sont tombés à 0.9 % du PIB au cours des années 80⁶.
- OCDE : les taux d'investissements publics sont tombés à environ 4 % du PIB entre 1967 et 1990⁷.
 - ❖ Les investissements dans les transports sont peut-être d'environ 1.4 % du PIB.
- USA : la valeur des équipements routiers est tombée à environ 13 % du PIB entre 1950 et 1990⁸.

Ce dernier résultat entraîne une élasticité en série chronologique des stocks de routes revêtues par rapport au PIB de 0.84⁹ – ce qui équivaut à une élasticité par rapport au PIB/hab. d'environ 0.27¹⁰.

Tableau 4.1. **Relations d'élasticité pertinentes**

Étude	Variable	Élasticité
1. Élasticité du stock d'équipements		
Fay-Yepes	Stock de routes revêtues	PIB/hab. 0.23 revenu élevé 0.14 revenu intermédiaire ou faible
Canning	Stock de routes revêtues	PIB/hab. 0.90 données de panel
Munnell	Équipements publics	PIB par salarié 0.30 données transversales
Munnell	Équipements publics	PIB 0.14 série chronologique
Munnell	Équipements publics	PIB 0.04 série chronologique
2. Élasticité de la longueur du réseau routier (route-kilomètre)		
Canning	Kilomètre de route revêtue	PIB/hab. 1.20 données transversales
Ingram-Liu	Kilomètre de route revêtue	PIB/hab. 1.00 données transversales
3. Utilisation des routes		
Hanly <i>et al.</i>	Parc de véhicules	Revenu 0.73 données transversales
Johansson-Schipper	Parc de véhicules	Revenu 1.00
Ingram-Liu	Parc de véhicules rapport au kilomètre de route	PIB/hab. 0.30 données transversales
Hanly <i>et al.</i>	Distance parcourue par véhicule (véh.-km)	Revenu 0.81 données transversales
Johansson-Schipper	Distance parcourue par véhicule (véh.-km)	Revenu 1.20
UE	Distance parcourue par véhicule (voyageur-kilomètre, tonne-km)	PIB 1.00 série chronologique

Il est plus difficile d'évaluer les tendances des « taux d'investissement », puisque (en moyenne) plus de la moitié des dépenses en infrastructures sont consacrées au maintien de la valeur des équipements existants et le reste à l'accroissement net des équipements. Pour savoir si une « nouvelle construction » augmente vraiment les équipements existants, il faut voir si le taux d'investissement en équipements de remplacement est « optimal » (c'est à dire suffisant pour maintenir la valeur des équipements). Dans le cas contraire, il faudra qu'une part correspondante de « nouvelles constructions » remplace (par la reconstruction) les infrastructures routières « détériorées » (c'est-à-dire, en termes comptables, totalement amorties, et du point de vue des travaux publics, à reconstruire). Dans beaucoup de pays industrialisés, on a constaté au cours de la décennie 1980-90 un « sous-investissement » notoire dans les infrastructures (en raison de restrictions des dépenses publiques), si

bien que le niveau actuel de dépenses d'entretien peut très bien s'avérer insuffisant. En l'absence de modélisation de l'ensemble du processus d'amortissement et étant donné la faiblesse constatée du niveau d'investissements d'entretien par rapport à leur « niveau optimal », il est difficile d'établir une relation fiable entre les taux de « nouvelles constructions » (en valeur monétaire) et l'accroissement net des équipements routiers.

Par exemple (sur la base d'hypothèses), la tendance observée dans les pays de l'OCDE équivaldrait à une élasticité en série chronologique du stock de routes revêtues de 1.95 par rapport au PIB – à condition que 100 % des nouvelles constructions augmentent la valeur des équipements routiers¹¹. Pour obtenir un rapport d'élasticité entre la valeur du stock de routes revêtues et le PIB de l'ordre de 0.84 (comme ci-dessus pour la tendance aux États-Unis), il faudrait supposer que seulement 30 % des « nouvelles constructions » représentent un accroissement net des équipements. Puisque 50 % des dépenses routières seraient affectées aux nouvelles constructions, le résultat précédent montrerait qu'un tiers seulement (donc 15 % de la dépense totale) serait affecté à l'accroissement net des équipements. Autrement dit, pour un USD d'accroissement net des équipements routiers, il faudrait en dépenser environ 6.67 (rapport de plus de 1 à 6) en entretien des routes, ou environ 3.33 USD en « nouvelles constructions »¹².

De fait, Fay-Yepes a évalué la part de l'accroissement net d'équipements par rapport à celle de l'entretien des routes, et a obtenu un taux sensiblement supérieur (60 %) pour ce poste que pour celui des créations nettes (40 %). Selon notre analyse, il faudra peut-être à l'avenir augmenter fortement la proportion affectée à l'entretien (la doubler).

La méthode de Fay-Yepes comprend deux niveaux de calcul concernant les équipements :

- Pour les pays à revenu élevé, sur la base des données de panel (collectées en données transversales et en série chronologique), l'élasticité de la valeur du stock de routes revêtues (stock d'infrastructures) par rapport au PIB est de 0.23.
- Pour les pays à revenu intermédiaire et faible, cette élasticité est de 0.14¹³.

À partir de ces chiffres, Fay-Yepes a établi une estimation mondiale de nouvelles constructions de routes revêtues d'environ 260 milliards USD par an jusqu'à 2010 (voir tableau 4.2) – ce qui entraîne une croissance annuelle des infrastructures d'environ 1.6 % pour les pays à revenu élevé, de 2.3 % pour les pays à revenu intermédiaire et de 1.4 % pour les pays à faible revenu¹⁴. Le chiffre des nouvelles constructions se compose de 116 milliards USD en accroissement net des équipements et d'environ 143 milliards USD en investissements de remplacement des équipements routiers.

Tableau 4.2. (Fay-Yepes) Estimation des infrastructures routières jusqu'en 2010

	Stock total d'infrastructures 2000	Stock total d'infrastructures 2010	Croissance des infrastructures 2000 à 2010	Investissements annuels en infrastructures	Croissance annuelle (%)
Régions du monde					
1. Pays à revenu élevé/pays industrialisé	3 951	4 587	636	63.6	1.61
2. Pays à revenu intermédiaire	1 177	1 450	273	27.3	2.32
3. Pays à revenu faible/pays en développement	1 001	1 143	142	14.2	1.42
4. Pays en développement (à revenu faible ou intermédiaire)	2 178	2 593	415	41.5	1.91
Asie de l'Est et Pacifique	681	811	130	13.0	
Europe et Asie centrale	371	442	71	7.1	
Amérique latine et Caraïbes	552	657	105	10.5	
Moyen-Orient et Afrique du Nord	186	221	35	3.5	
Asie du Sud	231	275	44	4.4	
Afrique subsaharienne	158	188	30	3.0	
Monde	6 129	7 180	1 051	259.4	1.71

Comme le montrera la section 2, la présente méthodologie, comparable à la précédente (mais peut-être plus engagée), produit des résultats comparables en ordre de grandeur avec ces prévisions¹⁵. Outre une étude approfondie de la méthodologie sous-jacente et mises à part les modifications qui y ont été apportées, le présent modèle a l'avantage de prolonger l'analyse au-delà de la période 2010-30.

La conclusion selon laquelle les pays en développement devront accélérer leurs investissements routiers est en accord avec la constatation d'un sous-investissement en infrastructures routières dans les régions peu développées. De 1950 à 1992 (selon les données du panel), il existait d'étroites relations horizontales bidirectionnelles entre les infrastructures (y compris les routes revêtues) et le PIB par habitant – ce qui implique une causalité réciproque sur le long terme. L'effet n'en a pas été homogène pour l'ensemble des pays : les gains de productivité liés aux dépenses en infrastructures supplémentaires seront déterminés par la situation des équipements d'infrastructure par rapport à un équilibre « qui maximise la richesse » (c'est-à-dire, par rapport à un niveau optimal). Lorsque les équipements infrastructurels se situent en deçà du seuil optimal, les dépenses supplémentaires en infrastructures stimulent la productivité, alors que si les équipements dépassent le seuil optimal (et que l'on a trop construit), un supplément de dépenses sera destructeur de richesses¹⁶. Bien que l'effet (à l'échelle mondiale) des dépenses supplémentaires en infrastructures ait été quasiment nul (équipements d'infrastructure proche du niveau optimal), on

note des indices manifestes de sous-investissement en infrastructures dans la plupart des pays en développement, surtout concernant les routes revêtues¹⁷.

Principaux déterminants des équipements routiers et des nouvelles constructions routières

L'utilisation future des infrastructures et des transports routiers sera avant tout déterminée par la croissance du PIB et de la population, mais aussi par l'augmentation du PIB par habitant. Cette relation est modélisée directement, pour évaluer les effets de la croissance du PIB sur le stock d'équipements routiers, mais elle sert aussi à mesurer l'utilisation des routes et le taux de motorisation.

L'élasticité du parc de véhicules par rapport au revenu (par ex., le PIB) varie de 0.75 à 1.25, avec une valeur médiane de 1.0; en même temps, l'élasticité de la distance annuelle moyenne par véhicule par rapport au revenu se situe entre 0.05 et 1.60, avec une estimation médiane de 0.2. Ensemble, ces chiffres montrent une élasticité de la distance parcourue par rapport au revenu de 0.65 à 1.25, avec une valeur médiane de 1.2¹⁸.

La Banque mondiale prévoit de 2000 à 2015 une croissance annuelle du PIB mondial de 2.7 à 3.1 %. Cette tendance de croissance est étendue pour la présente étude à toute la période allant jusqu'en 2030. Les Nations Unies prévoient une croissance de la population mondiale de 0.8 à 1.2 % par an entre 2000 et 2030. Le taux de croissance du PIB/hab. à l'échelle mondiale se situera donc entre 1.8 et 2.1 % par an. On trouvera un résumé des principales hypothèses de croissance économique dans l'annexe 4.A3.

Principaux déterminants du taux de motorisation et de l'utilisation des routes

Avant d'estimer un modèle pour le stock et les nouvelles constructions de routes revêtues, il a fallu réaliser une prévision du taux de motorisation et de l'utilisation des routes (voir les détails en Annexes 4.A4 et 4.A5). La variable principale en est le taux de motorisation, qui est nettement lié à la croissance du PIB/hab. sur une base bilogarithmique. Le « seuil » d'accélération du taux de motorisation se situe aux environs de 5 000 USD par habitant. Cette non-linéarité se modélise par une fonction simple, la transition se situant entre 5 000 et 10 000 USD de PIB/hab.

Le tableau 4.3 illustre l'augmentation rapide du taux de motorisation pour 100 habitants pour les pays des « cinq grands »¹⁹ (principalement en Chine) – avec une tendance lente à la hausse dans le monde entier.

La rapide croissance du parc de véhicules et du taux de motorisation dans « cinq grands », notamment en Chine, pose un problème de taille aux responsables de la planification de l'énergie et des transports. En effet, des

Tableau 4.3. **Prévision du taux de motorisation**

Région	2000 Véhicules pour 100 habitants	2010 Véhicules pour 100 habitants	2020 Véhicules pour 100 habitants	2030 Véhicules pour 100 habitants
Pays industrialisés				
OCDE	52.0	55.8	63.3	72.4
Hors OCDE	19.0	24.1	32.6	43.6
Pays en développement				
Les Cinq grands	2.9	4.2	8.8	14.6
Autres	5.0	5.4	6.7	8.3
Monde entier	13.1	14.4	18.0	22.5

Tableau 4.4. **Prévision de l'utilisation des équipements routiers**

Région	2000 Distance parcourue (milliards véh.-km)	2010 Distance parcourue (milliards véh.-km)	2020 Distance parcourue (milliards véh.-km)	2030 Distance parcourue (milliards véh.-km)
Pays industrialisés				
OCDE	10 323	11 558	13 734	16 484
Hors OCDE	917	1 205	1 697	2 285
Pays en développement				
Cinq grands	2 322	3 808	8 226	13 677
Autres	2 517	2 966	3 974	5 186
Monde entier	16 079	19 537	27 631	37 632

études indépendantes annoncent une croissance du taux de motorisation chinois, qui variait de 0.6 à 1.3 véhicules pour 100 habitants en 2000 et atteindra de 3.9 à 11.9 véhicules pour 100 habitants en 2020. On prévoit une croissance similaire en Inde – de 0.4 à 1.2 – et en Indonésie – de 1.5 à 6.7²⁰.

Le tableau 4.4 montre une augmentation rapide de la distance parcourue par an, qui correspond au produit du nombre total de véhicules par l'estimation de la distance annuelle moyenne par véhicule; une tendance régulière à la baisse se dessine pour la plupart des pays industrialisés ainsi qu'une « convergence » à long terme aux environs de 15 000 km par véhicule et par an, parallèlement à la progression du taux de motorisation²¹. On escompte que la croissance du PIB/hab. et du taux de motorisation entraînera une augmentation de 67 % de la distance totale parcourue par an sur 30 ans dans les pays industrialisés, mais de 290 % pour l'ensemble des « cinq grands » et des pays en développement. Ces chiffres constituent un sérieux avertissement et un défi pour la gestion des ressources énergétiques et pour la viabilité du développement mondial.

Déterminants principaux des équipements existants et des nouvelles constructions ferroviaires

Alors que l'utilisation et l'évolution futures des infrastructures ferroviaires sont déterminées par des facteurs économiques – principalement en ce qui concerne la croissance du fret ferroviaire –, le trafic ferroviaire voyageurs est essentiellement alimenté ou stimulé par les politiques gouvernementales et par des programmes spécifiques d'investissements (par ex. : les projets prioritaires du RTE-T). On rejoint là un objectif qui s'inscrit très clairement dans la politique de « durabilité » et qui consiste à transférer une partie du trafic routier vers le rail de façon à au moins freiner quelque peu l'intensification future de l'utilisation des routes pour les déplacements locaux (trajets domicile-travail) et des déplacements aériens interurbains (affaires, loisirs), bien qu'on prenne davantage conscience que les formes d'interaction des agglomérations brouillent la distinction entre navetteurs quotidiens et voyageurs interurbains.

2. Besoins futurs en infrastructures de transport de surface

Sur la base des modèles exposés dans la précédente section, on a affiné les besoins futurs en « nouvelles constructions » d'infrastructures routières et ferroviaires. Il convient de noter que le modèle routier est le plus robuste et fait l'objet de l'analyse la plus minutieuse, tandis qu'il faudrait attribuer au modèle ferroviaire une valeur largement indicative.

Besoins en infrastructures routières

Le tableau 4.5 résume les estimations principales concernant les nouvelles constructions routières pour les années 2000, 2010, 2020 et 2030. On trouvera des résultats plus complets dans l'annexe 4.A6.

Ces estimations de nouvelles constructions routières comprises entre 200 et 300 milliards USD par an de 2005 à 2030 dépassent de très loin les niveaux de l'année de référence 2000, et sont d'une ampleur comparable aux chiffres avancés par Fay-Yepes (260 milliards USD par an de 2005 à 2010). Comme cela a été dit plus haut, ces derniers sont basés sur une quasi-correspondance entre l'accroissement net du stock d'équipements et les besoins en équipements de remplacement. La présente modélisation prévoit des dépenses en équipements de remplacement (entretien) beaucoup plus élevées.

Les constructions de remplacement destinées à maintenir la valeur des équipements existants sont considérables pour les pays ou régions qui disposaient d'importants équipements routiers lors de l'année de référence (surtout les ex-états communistes d'Europe et d'Asie centrale²²). Pour ces derniers pays, les besoins significatifs de nouvelles constructions (par rapport

Tableau 4.5. **Besoins en nouvelles constructions routières**

Région	2000 Milliards USD et (% PIB)	2010 Milliards USD et (% PIB)	2020 Milliards USD et (% PIB)	2030 Milliards USD et (% PIB)
Pays industrialisés				
OCDE	98.7 (0.31 %)	159.4 (0.44 %)	167.1 (0.37 %)	178.1 (0.32 %)
Hors OCDE	1.7 (0.05 %)	8.6 (0.22 %)	9.5 (0.19 %)	13.1 (0.21 %)
Pays en développement				
Cinq grands	9.3 (0.07 %)	36.6 (0.19 %)	46.6 (0.17 %)	64.7 (0.16 %)
Autres	5.0 (0.08 %)	15.7 (0.20 %)	22.0 (0.21 %)	36.4 (0.26 %)
Monde entier	114.8 (0.21 %)	220.3 (0.33 %)	245.2 (0.28 %)	292.3 (0.25 %)

aux dépenses de l'année de référence) sont répartis de manière assez égale parmi les pays industrialisés membres de l'OCDE, les « cinq grands » et les pays en développement, avec relativement peu de besoins parmi les pays industrialisés n'appartenant pas à l'OCDE. Les effets à venir de la reconstruction des équipements existants et amortis ne sont pas pris en compte dans les nouvelles constructions de l'année de référence – ce qui montre que la plupart des administrations perpétuent des pratiques profondément enracinées au cours des années 1980-90, lorsqu'on s'abrait en général dans les dépenses d'équipement et d'entretien pour faire face au problème de la dette et du déficit publics.

Pour mettre en perspective les prévisions actuelles de nouvelles constructions routières, il faut se souvenir que la construction des réseaux routiers dans les pays industrialisés de l'après-guerre a globalement duré 40 ans, de 1945 à 1985, si bien que l'on assistera peut-être, au cours de la période de 30 ans qui commence, à une même expansion routière dans ceux des « cinq grands » (comme la Chine) ou des pays en développement du monde entier qui seront les plus prospères et connaîtront la croissance la plus forte.

Dans le tableau 4.5, il est possible que les besoins futurs en nouvelles constructions soient surestimés. Il n'y a de toute évidence pas eu de tentative consciente d'introduire les objectifs axés sur la durabilité et la maîtrise du changement climatique (gaz à effets de serre/GES) dans ces prévisions du secteur routier, même si l'on a tenté de plafonner le ratio équipements routiers-PIB. Alors que le PIB/hab. augmente pour dépasser la valeur « seuil » de 5 000 USD par habitant dans beaucoup de pays (tels que la Chine), on

peut s'attendre à d'énormes pressions de la société en général et des consommateurs en faveur de la motorisation et du développement des infrastructures routières en conséquence – tendance qui sera très difficile à réfréner.

On explique en grande partie la « dérive ascendante » initiale en matière de nouvelles constructions (en pourcentage du PIB) par l'hypothèse de modélisation selon laquelle les pays présentent généralement une tendance à la « convergence » vers le ratio équipements routiers-PIB des pays industrialisés, alors même que celui-ci diminue actuellement dans ces pays. Il est fort possible que le défi budgétaire que pose le financement d'un tel taux de constructions routières nouvelles passe après d'autres choix de dépenses et d'investissements publics ou privés. Cependant, il faut remarquer que la part des constructions nouvelles des « cinq grands », des pays en développement et des pays industrialisés n'appartenant pas à l'OCDE (en pourcentage du PIB) restent sensiblement inférieure à ce qu'elle est dans les pays de l'OCDE – et que le ratio équipements routiers-PIB y reste aussi très inférieur à celui des pays industrialisés membres de l'OCDE. En fait, il ne faut pas oublier que le ratio équipements routiers-PIB est en train de *chuter* dans toutes les régions du monde – ce qui nous rappelle que le simple entretien des grands équipements routiers existants aura à l'avenir un coût incontournable.

S'il est un élément du modèle routier susceptible d'exagérer l'ampleur des besoins de constructions nouvelles, c'est peut-être l'estimation des besoins en financement des équipements de remplacement. Pour le modèle, l'hypothèse retenue est que 1/30^e des équipements routiers étalés sur 10 ans seront à remplacer sur une base annuelle. Les tenants de pratiques d'entretien ou d'une gestion plus rigoureuses pourraient voir là une surestimation.

En accord avec ces résultats, la valeur des équipements routiers, qui était de 5 730 milliards USD en 2000 augmentera pour atteindre 7 130 milliards USD en 2030, ce qui représente une croissance cumulée d'à peine 33 % sur 30 ans. Le ratio équipements routiers-PIB chutera de 9.7 % à 6.1 % sur la même période; ainsi donc, l'élasticité globale et la tendance à la baisse observée de ce ratio sont certainement pris en compte (pour les pays industrialisés). Le corollaire de ces résultats est que la productivité des infrastructures routières continue d'augmenter.

Élasticité ex post des équipements routiers

Cette modélisation a commencé par des niveaux d'élasticité *ex ante* (relativement au PIB/hab.) de type Fay-Yepes, de 0.25 (pour les pays à revenu élevé) et de 0.15 (pour les pays à faible revenu). Cependant, deux importantes modifications y ont été apportées : a) pour ajuster le modèle à l'augmentation des coûts de construction des nouvelles routes (par kilomètre de route) ;

b) pour qu'il reflète la convergence progressive vers les ratios équipements routiers-PIB des pays à revenu élevé.

L'application de ces ajustements a donné les élasticités *ex post* suivantes (par rapport au PIB) pour toute la période allant de 2000 à 2030 : 0.20 (pays à revenu élevé); 0.64 (« cinq grands »); et 0.76 (pays en développement)²³. Comme on pouvait s'y attendre, les facteurs d'ajustement n'ont guère eu d'effets pour les pays à revenu élevé, mais davantage en ce qui concerne les stocks de routes revêtues des « cinq grands » et des pays en développement.

Il n'y a pas d'incohérence logique entre les élasticités *ex ante* et *ex post*. Les élasticités *ex ante* de Fay-Yepes représentent ce qui a été effectivement constaté au cours des trois dernières décennies, pendant lesquelles on a toutes les raisons de croire à un sous-investissement chronique dans les équipements routiers des pays en développement. C'est une thèse (confirmée dans la pratique) de Canning-Pedroni. L'ajustement de convergence pour les pays en développement est ici *normatif* et représente l'une des conditions préalables à une rapide croissance économique pour les « cinq grands » comme pour certains des pays en développement dont la croissance s'accélère.

Facteurs de risque pour la construction de nouvelles routes

Les résultats exposés ci-dessus reposent sur des déterminants et hypothèses économiques, et ne prennent pas en compte les impératifs techniques. Cependant, comme cela a déjà été précisé, de nombreux facteurs sont susceptibles d'empêcher la concrétisation des prévisions de nouvelles constructions (alors qu'elle serait souhaitable) ou de la rendre inutile (et donc non souhaitable), notamment :

- Les politiques volontaires des gouvernements visant à limiter ou à réduire les dépenses publiques – notamment celles qui seraient consacrées à la construction de routes nouvelles (mais indépendamment des objectifs de « durabilité » abordés ci-après) :
 - ❖ Jusqu'à 20 % (peut-être) des budgets de construction de nouvelles routes (soit 40 à 60 milliards USD par an) pourraient être réaffectés, avec des conséquences (peut-être tolérables) en termes de détérioration de la qualité globale des infrastructures routières (comme on l'a vu au cours des années 1980-90) et d'aggravation de la congestion routière (en particulier dans les zones urbaines)²⁴.
- La politique gouvernementale volontariste visant à déplacer progressivement l'utilisation des infrastructures par les véhicules routiers

et les dépenses afférentes au profit du rail (y compris des lignes à grande vitesse).

- ❖ Jusqu'à (peut-être) 10 % du budget de construction des nouvelles routes (soit 20 à 30 milliards USD par an) pourraient ainsi être réaffectés, avec comme conséquence (peut-être tolérables) une détérioration de la qualité globale des infrastructures routières²⁵.
- La limitation de l'expansion des infrastructures routières pour des raisons liées à l'utilisation des sols et à la protection de l'environnement – quoique la majeure partie des constructions de nouvelles routes corresponde à des besoins de remplacement visant à entretenir le stock d'équipements routiers existants.
- Des progrès en matière d'entretien et de gestion des routes (en particulier, l'amélioration de l'efficacité due aux TIC et à la télématique, et l'allongement de la durée de vie des infrastructures) :
 - ❖ On pourra (peut-être) économiser jusqu'à 5 % sur la construction de nouvelles routes (soit 10 à 15 milliards USD par an) sur le long terme.
- Des besoins moins importants en matière de sécurité et de sûreté (ce qui semble peu probable). En général, à l'exception des technologies embarquées (communication, navigation ou localisation), ces préoccupations ne pèseront vraisemblablement guère sur les besoins de construction de routes nouvelles (surtout parce que la sécurité routière revêt une importance primordiale dans le tracé des routes).

Voici au contraire une série de facteurs qui pourraient accroître les besoins en construction de nouvelles routes :

- Une augmentation des coûts associés à la construction de nouvelles routes dans des zones urbaines et encombrées (par ex. : acquisitions des emprises, atténuation de l'impact sur l'environnement, intégration à d'autres infrastructures). De façon générale, on estime que ces facteurs sont pris en compte dans le modèle.
- Une plus grande dispersion géographique (spatiale) de l'activité économique que prévu, en particulier dans les « cinq grands » et les pays en développement. Il est difficile d'imaginer que la dispersion territoriale puisse s'accroître dans les pays industrialisés, mais tel pourrait être le cas parmi les plus importants des « cinq grands » et des pays en développement (Chine, Russie ou Brésil).
- Une augmentation du taux de motorisation et une intensification de la circulation plus fortes que prévu. On a généralement fixé un plafond variable pour le taux de motorisation et la distance moyenne parcourue par véhicule. Ces prévisions pourraient ne pas tenir, ce qui accentuerait encore les pressions en faveur de la construction de routes.

Besoins en infrastructures ferroviaires

Le tableau 4.6 résume les principales estimations de construction de nouvelles voies ferrées pour les années 2000, 2010, 2020 et 2030. On trouvera des résultats plus complets dans l'annexe 4.A7. Il faut noter que le modèle ferroviaire a été établi d'après le modèle routier mais qu'il repose sur des données d'année de référence moins étoffées et a fait l'objet de nombreux ajustements afin de refléter les programmes de dépenses connus de la Chine, des pays de l'OCDE et de l'Union européenne.

Tableau 4.6. **Besoins en nouvelles constructions ferroviaires**

Région	2000 Milliards USD et (% PIB)	2010 Milliards USD et (% PIB)	2020 Milliards USD et (% PIB)	2030 Milliards USD et (% PIB)
Pays industrialisés				
OCDE	26.9 (0.09 %)	31.1 (0.09 %)	34.3 (0.08 %)	33.4 (0.06 %)
Hors OCDE	0.8 (0.02 %)	2.3 (0.06 %)	2.5 (0.05 %)	3.4 (0.06 %)
Pays en développement				
Cinq grands	4.4 (0.03 %)	12.2 (0.06 %)	13.3 (0.05 %)	15.0 (0.04 %)
Autres	1.9 (0.03 %)	3.5 (0.04 %)	3.4 (0.03 %)	6.3 (0.04 %)
Monde entier	34.0 (0.06 %)	49.0 (0.07 %)	53.5 (0.06 %)	58.1 (0.05 %)

Ces estimations de nouvelles constructions ferroviaires allant de 50 à 60 milliards USD par an de 2005 à 2030 sont à peine plus élevées que les valeurs de référence de l'année 2000, mais sont notablement plus fortes que les prévisions précédentes de Fay-Yepes. Ces dernières chiffrèrent les besoins en investissements annuels à environ 17 milliards USD par an de 2005 à 2010 et ne semblaient pas refléter les ambitieux programmes d'entretien ferroviaire envisagés et entrepris dans le cadre du programme RTE-T de l'UE.

Les besoins supplémentaires considérables en constructions nouvelles (basées sur les dépenses de l'année de référence) sont essentiellement le fait des « cinq grands » (surtout de la Chine, qui s'est engagée dans un vaste programme de construction ferroviaire comprenant des lignes à grande vitesse).

Il est possible que les besoins futurs en nouvelles constructions ferroviaires du tableau 4.6 soient sous-estimés. Il n'y a certes pas eu de tentative visant à introduire des objectifs de « durabilité » ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) par transfert d'une partie du trafic

routier vers le rail – sauf dans la mesure où cette tendance est intégrée au programme européen RTE-T.

En tenant compte de ces résultats, les équipements ferroviaires passeront de 631 milliards USD en 2000 à 1 342 milliards USD en 2030, ce qui représente une croissance cumulée de 110 % sur 30 ans. Au cours de cette période, le ratio équipements ferroviaires-PIB augmentera légèrement, passant de 1.1 % à 1.2 %, ce qui n'est significatif qu'au regard de la tendance à la baisse du ratio correspondant pour les équipements routiers (pays industrialisés).

Facteur de risque pour les nouvelles constructions ferroviaires

Les résultats précédents reposent sur des hypothèses très subjectives, qui pourraient correspondre à des « listes de vœux » dans la mesure où elles sont intégrées au programme transeuropéen RTE-T et aux projets d'expansion ferroviaire de la Chine. À l'inverse des constructions routières – pour lesquelles la préférence révélée des consommateurs est clairement établie de par l'augmentation de la circulation autonome et du taux de motorisation – la construction ferroviaire est essentiellement déterminée par les politiques gouvernementales dans le monde entier²⁶.

De nombreux facteurs sont susceptibles d'empêcher la concrétisation des prévisions de nouvelles constructions (alors qu'elle serait souhaitable) ou de la rendre inutile (et donc non souhaitable), notamment :

- Les politiques volontaristes des gouvernements visant à limiter ou à réduire les dépenses publiques – (ce qui irait de toute évidence à l'encontre des objectifs de « durabilité » ci-après) :
 - ❖ Jusqu'à 20 % (peut-être) de la construction de nouvelles voies ferrées (soit 10 à 12 milliards USD par an) pourraient être réaffectés, avec des conséquences (probablement tolérables) en termes de détérioration de la qualité globale des infrastructures ferroviaires et de transfert modal continu du rail vers la route (comme cela s'est peut-être produit involontairement dans de nombreux pays de 1970 à 1990)²⁷.
- La limitation de l'expansion des infrastructures ferroviaires pour des motifs liés à l'utilisation des sols et à la protection de l'environnement, et surtout la difficulté d'acquiescer les emprises nécessaires dans les agglomérations et leur périphérie.
- Des progrès dans l'entretien et la gestion ferroviaires (en particulier l'amélioration de l'efficacité et l'allongement de la durée de vie des infrastructures) :
 - ❖ On pourra (peut-être) économiser jusqu'à 5 % de la construction de nouvelles voies ferrées (soit 3 milliards USD/an) sur le long terme.

- Une croissance plus faible que prévue de l'utilisation des lignes à grande vitesse et du transport ferroviaire de marchandises.

À l'inverse, voici la liste des facteurs qui pourraient accroître les besoins en construction de nouveaux équipements ferroviaires :

- Une politique gouvernementale volontariste visant le transfert progressif des dépenses d'infrastructures de transport et du trafic de la route vers le rail (y compris les lignes à grande vitesse) :
 - ❖ Jusqu'à (peut-être) 10 % des budgets de construction de nouvelles routes (soit 20 à 30 milliards USD par an) pourraient ainsi être réaffectés vers le rail avec comme conséquences (probablement tolérables) une détérioration de la qualité globale des infrastructures routières (comme on l'a vu au cours des années 1980-90) et une aggravation de la congestion routière (en particulier dans les agglomérations).
 - ❖ On pourrait investir jusqu'à (peut-être) 15 % supplémentaires en constructions ferroviaires au cours de cette période (soit 5 à 10 milliards USD par an) si les pays n'appartenant pas à l'UE (États-Unis, Canada, etc.) se dotaient de lignes à grande vitesse.
- Une augmentation des besoins en matière de sécurité et de sûreté. Les tunnels, équipements d'accès et de sûreté, et systèmes de surveillance pourraient représenter jusqu'à 5 % de besoins supplémentaires en constructions ferroviaires nouvelles.
- Une augmentation des coûts associés à la construction de nouvelles voies ferrées dans des agglomérations encombrées. On estime que ces facteurs sont pris en compte dans le modèle.
- Une augmentation plus importante que prévue de la fréquentation des lignes à grande vitesse et du trafic ferroviaire de marchandises. Une étude optimiste du transfert modal des voyageurs vers le rail en Europe de l'Ouest (de 2000 à 2050) prévoit une diminution des distances quotidiennes parcourues en voiture (de 35 km à 20 km) et une augmentation de la distance parcourue en avion et sur les lignes à grande vitesse (de 5 à 70 km)²⁸.

Gains attendus des infrastructures de transport

Plusieurs hypothèses implicites concernant les gains attendus sont intégrées à l'approche et au modèle des besoins en infrastructures de transport jusqu'à 2030²⁹.

1. Il est rentable d'entretenir le stock des infrastructures de transport (existant en 2000) et de l'améliorer marginalement en termes de qualité (ce qui augmente les coûts de remplacement par kilomètre de route).

2. La majorité des investissements infrastructurels réalisés au cours des 20 dernières années ont été rentables; il est très probable que l'on ait réduit le nombre des nouvelles constructions potentiellement rentables faute de financement public (c'est à dire que le ratio des dépenses en infrastructures au PIB et celui des équipements au PIB ont été proches du niveau optimal, sinon quelque peu en-deçà).
3. Si certains facteurs politiques peuvent parfois avoir entraîné la réalisation de certains projets non économiques et le réaménagement de certaines priorités, les profils globaux des infrastructures de transport traduisent l'application des principes économiques (notamment la rentabilité).
4. Dans l'ensemble, on a assisté à un sous-financement chronique des infrastructures de transport (et autres) dans la majorité des « cinq grands » et des pays en développement, ce qui est le reflet d'une pénurie de moyens financiers publics (malgré les prêts ou subventions provenant d'institutions financières internationales ou de pays donateurs)³⁰.

Ces hypothèses permettent d'énoncer la lemme suivante, à savoir : que les dépenses consacrées aux besoins infrastructurels estimés sur les bases des relations historiques entre les équipements routiers et le PIB seront également rentables – de sorte que les gains résultant des dépenses en infrastructures routières dépasseront leur coûts.

Par conséquent, les prévisions du modèle concernant les besoins en infrastructures routières (en termes de coûts) – à savoir 220 à 290 milliards USD par an de 2000 à 2030 – représentent aussi une estimation prudente des gains attendus de ces investissements infrastructurels³¹.

On peut formuler une hypothèse analogue – quoique différente – concernant les besoins en infrastructures de transports ferroviaires (de 49 à 58 milliards USD par an) puisqu'ils sont en majorité déterminés par les politiques gouvernementales volontaristes en faveur du transfert modal (*marginal*) de la route au rail, afin : a) de réaliser les objectifs et les gains attendus pour l'environnement et la durabilité; b) de maîtriser l'augmentation de la congestion et de retarder les besoins futurs en infrastructures routières. Par conséquent, les gains à attendre des investissements nécessaires en infrastructures ferroviaires seront des gains économiques relativement faibles (en termes de croissance de la productivité ou du PIB) en contrepartie d'effets bénéfiques plus importants pour la collectivité et l'environnement (vraisemblablement non reflétés par la croissance de la productivité et celle du PIB, qui est l'actuel critère de mesure).

Productivité et utilisation des infrastructures de transport

Une prévision combinée de 2.9 % de croissance annuelle de l'utilisation moyenne des véhicules de transport (marchandises et voyageurs) pour 2000

à 2030 (véh.-km) a été établie, essentiellement dérivée de l'augmentation du taux de motorisation (qui suit l'augmentation du PIB/hab.), de l'accroissement du PIB sous-jacent et d'hypothèses concernant la distance annuelle moyenne par véhicule³².

Au cours de la période 2000-30, le modèle (ratio de la croissance véh.-km à la croissance du PIB) indique que l'intensité d'utilisation des routes (par rapport aux flux) augmentera de 0.4 % par an³³. Une mesure comparable (augmentation du nombre de véh.-km par rapport à la valeur des équipements routiers) indique que l'intensité de l'utilisation des routes (par rapport aux équipements) augmentera d'environ 1.3 % par an³⁴.

D'autres études consacrées à l'intensité du transport de marchandises (tonnes-km/PIB) et de voyageurs (voyageurs-km/PIB) ont abouti aux conclusions suivantes :

- Pour les États-Unis (de 1960 à 1998), une chute du ratio tonnes-miles/dollar de PIB³⁵.
- Pour les autres pays industrialisés (de 1970-98), des résultats mitigés : une baisse du ratio tonnes-km routières/dollar de PIB concernant le Japon et le Royaume-Uni, un ratio relativement stable en Allemagne et un ratio croissant pour la France et la Suède³⁶.
- Aux États-Unis et au Japon (de 1970 à 2000), on a constaté une chute du ratio pour le transport de voyageurs, mais dans l'UE un ratio voyageurs en hausse et un ratio marchandises relativement stable³⁷.

En l'absence de données fiables entre les pays sur le transport de marchandises (établissant la relation entre tonnes-km et véh.-km par pays) et de voyageurs (établissant la relation entre voy.-km et véh.-km par pays), on n'a pas essayé de prévoir le volume de transport de marchandises (tonnes-km) ou de voyageurs (voy.-km). On pourrait postuler que la croissance en véh.-km (de 2000 à 2030) serait plus forte que la croissance sous-jacente en voy.-km, puisqu'en général le taux d'occupation par véhicule diminue avec l'augmentation du taux de motorisation, qui suit la hausse du PIB/hab., et puisque la croissance du transport de marchandises pourrait dépasser de loin celle de la population. On pourrait encore postuler que la croissance en véh.-km (de 2000 à 2030) serait inférieure à la croissance sous-jacente du transport en tonnes-km, car contrairement à la première, cette dernière est influencée par la hausse du taux de motorisation, étant donné que les dimensions (taille, poids) des camions en même temps que le PIB/hab. (et l'amélioration de la qualité des routes), et que les distances parcourues par le transport de marchandises augmentent avec l'industrialisation, la spécialisation, l'intensification des échanges commerciaux et la complexification de la chaîne d'offre.

3. Effets des déterminants sur la demande à venir de transports de surface

Comme cela a été examiné dans la section précédente, il existe des risques évidents de divergence (sous l'effet d'éventuelles pressions), dans un sens ou dans l'autre, par rapport aux prévisions à l'horizon 2030 concernant les équipements routiers et ferroviaires et les nouvelles constructions. La présente section examine les déterminants suivants :

- Partage modal et transfert route-rail.
- Croissance du transport de voyageurs/du transport de marchandises.
- Technologies de l'information et de la communication – TIC.
- Utilisation des capacités routières.
- Tarification routière.
- Répartition géographique et densité de population.
- Sécurité et risque lié au changement climatique.
- Variations internes aux pays et aux régions.
- Facteurs démographiques.
- Restrictions financières publiques limitant le transport de surface.

Partage modal – transfert modal route-rail

Des politiques ont été mises à l'essai au cours des années 1980-90 pour stabiliser les conditions macroéconomiques et les finances publiques, selon une optique davantage orientée vers la croissance. Ces politiques se sont traduites par des coupes significatives dans les dépenses publiques d'investissement dans de nombreux domaines, et en particulier dans les transports. Le ralentissement de la croissance de la productivité, l'intensification des pressions sur le temps de travail et l'aggravation de la congestion routière qui en ont résulté indiquent qu'une politique consistant à ne rien faire pour favoriser le transfert modal route-rail – en espérant que les embouteillages forceraient les navetteurs et autres voyageurs à délaissier la route au profit du rail – ne fonctionne pas sans l'amélioration des structures ferroviaires (et de transports collectifs).

Tandis que l'investissement public en infrastructures routières faisait l'objet de restrictions dans la plupart des pays (sauf peut-être aux États-Unis), on a vu croître les dépenses privées consacrées aux véhicules particuliers et les investissements visant à soutenir l'utilisation des routes. Cela s'est fait malgré une prise de conscience accrue des problématiques d'environnement et de durabilité et des inquiétudes et problèmes suscités par la dépendance croissante envers l'automobile et l'usage qui en est fait.

Pour véritablement infléchir la croissance future des transports terrestres (telle qu'elle est envisagée ici), il faudra transférer des infrastructures routières vers les infrastructures ferroviaires une part importante des investissements affectés aux transports terrestres, autant dans les agglomérations (pour les navetteurs) que dans les capacités de transports interurbains de marchandises et de lignes à grande vitesse. Ce qui rend ce projet difficilement envisageable et réalisable, c'est que sa portée dépasse sans doute de très loin le niveau des importants engagements déjà pris en Chine et dans les pays de l'UE-OCDE pour améliorer les réseaux ferrés (lignes à grande vitesse comprises); c'est aussi qu'il faudrait d'abord augmenter très fortement les dépenses en constructions routières. Il n'y a pas de dividende budgétaire de « durabilité » qui soit en jeu. Les finances publiques et les autorités responsables des transports auront davantage d'investissements en infrastructures routières à effectuer qu'aujourd'hui – mais une part marginale des investissements d'infrastructures terrestres pourra être transférée de la route vers le rail.

Les plus grandes difficultés concernent les agglomérations, où la création de capacités ferroviaires supplémentaires est souvent ardue et coûteuse, et entraîne des problèmes d'acceptation locale des équipements (« pas de ça dans mon quartier »). Ce type d'obstacle survient aussi pour les infrastructures routières. La rapide croissance de l'urbanisation des « cinq grands » et des pays en développement obligera à procéder à de lourds investissements en infrastructures routières et ferroviaires. Les routes offrent une plus grande souplesse (en choix d'itinéraire) pour la plupart des navetteurs des banlieues et les réseaux ferroviaires urbains ont vocation à être extensifs (ils supposent un minimum de densité urbaine en logements et en habitants pour être viables).

La difficulté (générale) de faire admettre politiquement les principes des péages routiers a jusqu'ici entraîné l'incapacité des modèles décentralisés de financement et de prise de décision de portée locale, à réaliser l'expansion rapide des réseaux ferrés urbains. Cela montre la nécessité d'un niveau supérieur de planification et de financement gouvernemental, avec ou sans participation des partenaires privés.

On a constaté que l'augmentation des prix des carburants affectait tant l'utilisation de la route que celle du rail (en partie en fonction du niveau d'électrification des réseaux ferrés), quoique, sur le court terme, la circulation des voyageurs et des marchandises soit remarquablement non élastique par rapport aux prix des carburants.

Au cours de la période 2000-30, on ne s'attend pas à ce que des technologies révolutionnaires affectent en profondeur la demande de transports terrestres. La technologie des trains à grande vitesse (comme celle

des trains à lévitation Maglev) a déjà fait ses preuves. L'amélioration de la technologie des véhicules (économies d'énergie, technologie des carburants) et de leur conception peuvent représenter des gains environnementaux importants. Les TIC permettront d'améliorer la gestion des infrastructures routières et ferroviaires (système de guidage avancé des véhicules, systèmes de gestion des réseaux), ce qui stimulera fortement la productivité des infrastructures de transport et diminuera marginalement les besoins futurs en infrastructures.

Les questions de sûreté et de sécurité peuvent aller à l'encontre des préoccupations environnementales. Il faudra certainement intégrer des coûts supplémentaires de sûreté/sécurité aux systèmes ferroviaires pour apaiser les inquiétudes des voyageurs à cet égard. On ne sait pas vraiment encore si le train à grande vitesse présente des avantages sur ce plan (par rapport au transport aérien).

L'intégration régionale et la connectivité internationale requièrent que les systèmes ferroviaires soient capables de répondre aux besoins du transport de marchandises à longue distance (domaine où le rail conserve son avantage naturel) et que les systèmes routiers soient adaptés aux courts déplacements de voyageurs et de marchandises. L'expérience montre que les liaisons routières priment sur le rail, bien que selon nous, la décomposition des flux de circulation permette d'envisager une analyse plus fine, par corridor.

Il faudra également investir dans d'autres infrastructures de transport (portuaires, aériennes, fluviales), bien qu'il existe des possibilités d'arbitrage sur des distances moyennes entre transports aériens et terrestres au profit du train à grande vitesse (dans des zones où la densité de population et l'interaction gravitationnelle entre les centres d'activité sont suffisantes); de telles possibilités existent également entre le transport par voie navigable et le rail pour les mouvements de marchandises à moyenne distance. Il existe aussi une complémentarité très importante entre les infrastructures de transport terrestre et l'accès aux ports ou aux aéroports, lesquels jouent le rôle de plaques tournantes pour les transports internationaux (à longue distance). La connectivité routière et ferroviaire des aéroports et ports joue un rôle de premier plan dans la croissance du trafic international; dans de nombreuses villes, on risque de voir à l'échelon local des considérations relatives à l'aménagement ou à la qualité du cadre de vie prendre le pas sur l'intérêt que revêt, aux plans national et international, l'amélioration de ces liaisons de transport. Il sera essentiel d'employer de meilleures méthodes pour concilier les intérêts locaux et régionaux avec les préoccupations nationales et internationales – à cet égard, le processus des projets du RTE-T a été exemplaire.

Croissance du transport de marchandises/transport de voyageurs

L'analyse des données chronologiques montre qu'il existe une corrélation statistique forte entre la croissance de PIB et celle des transports, concernant tant les voyageurs que les marchandises – quoique la variation du rapport entre volume de marchandises (tonnes-km) et PIB puisse être significative dans certains pays³⁸.

Plusieurs facteurs influencent la croissance du trafic (dans les pays industrialisés)³⁹ :

1. Un changement indéterminé de l'élasticité du transport de marchandises (par rapport au PIB) au cours des dix dernières années, en raison de trois facteurs qui se recourent :
 - Diminution des barrières commerciales (mondialisation) et croissance des transports internationaux – ce qui augmente l'intensité de transport de marchandises.
 - Baisse des besoins en marchandises physiques (baisse du poids surtout) – ce qui diminue l'intensité du transport de marchandises.
 - Diminution de la part des marchandises dans le PIB, au profit des services – ce qui diminue l'intensité de transport de marchandises.
2. Une diminution de l'élasticité du transport de voyageurs (par rapport au PIB) au cours des dix dernières années, en raison du vieillissement de la population⁴⁰.

Transport de marchandises

Les données relatives aux échanges et aux transports prouvent incontestablement que la distance moyenne parcourue augmente – de sorte que les données de transport de marchandises en tonnes-km et en véh.-km augmentent plus rapidement que le nombre de tonnes-km – et que ces phénomènes sont plus concentrés autour de quelques corridors stratégiques des réseaux nationaux et continentaux⁴¹.

S'agissant du trafic de marchandises, il faut tenir compte du partage modal (surtout route-rail), qui dépend en général de la distance et de l'importance du facteur temps. La route est plus rentable économiquement pour les trajets à courte distance (disons jusqu'à 500 km), tandis que le rail l'est davantage sur les longs trajets (plus de 500 km). Les marchandises périssables sont plutôt transportées par la route, qui offre plus de souplesse pour le routage, les livraisons porte-à-porte et la planification des trajets.

Alors que l'on s'intéresse de plus en plus au « découplage » de la croissance économique et de celle des transports (avec l'augmentation de consommation énergétique qu'elle entraîne), beaucoup de facteurs jouent

un rôle modérateur entre croissance du PIB et croissance du transport de marchandises :

- L'importance relative des services (par opposition aux marchandises) dont la production et la commercialisation sont moins consommatrices de transport de marchandises (même si les services peuvent en revanche induire une plus forte intensité de transport de voyageurs).
- La baisse relative du volume et du poids par rapport à la valeur monétaire des marchandises.
- L'importance relative du commerce international (et interrégional) – par opposition au commerce local – qui entraîne un allongement des distances et une intensification du transport de marchandises.
- L'importance relative de la spécialisation de la production (et de la complexité de la gestion de la chaîne logistique), qui peut entraîner une plus large répartition géographique des chaînes d'approvisionnement, un allongement des distances et une intensification du transport des marchandises.

Les deux premiers facteurs peuvent faire baisser (de manière stable sur le long terme) l'intensité du transport de marchandises (et ramener la croissance globale du transport de marchandises en dessous de celle du PIB). Cependant, avec la suppression continue des barrières commerciales (notamment, dans le cadre de l'OMC, de celles concernant les produits agricoles), l'émergence des « cinq grands » comme puissances économiques majeures (à la fois comme producteurs et consommateurs), et l'accélération des changements technologiques dans les pays en développement « émergents », le troisième et surtout le quatrième facteur pourront avoir un effet déterminant sur l'évolution de l'intensité du transport de marchandises à l'échelle mondiale pour la période 2000-30.

Le modèle ne permet pas ici de prédire explicitement l'évolution du transport de marchandises. Par contre, sur la base du taux de motorisation et de la distance parcourue par an, on prévoit que l'utilisation des véhicules (marchandises et voyageurs) augmentera comme le PIB de 2.9 % par an, ce qui implique une élasticité de l'utilisation des véhicules de 1.0 entre 2000 et 2030.

Le résumé des élasticités significatives du transport de marchandises indique que l'on a observé historiquement une fourchette de 0.7 à 1.5 dans les pays industrialisés, avec une moyenne récente dans l'OCDE de 0.8. Cependant, la plupart de ces estimations concernent le transport combiné de marchandises (essentiellement route et rail). À nouveau, ceci montre qu'il est possible que les « cinq grands » ou les pays en développement connaissent des élasticités de transport de marchandises plus importantes, peut-être dans la fourchette de 1.5 à 1.8 où se situaient les pays industrialisés de 1950 à 1970.

Tableau 4.7. **Relations significatives d'élasticité du transport de marchandises**

Étude	Variable	Élasticité
1. Transport routier et ferroviaire de marchandises		
Meersman-Van de Voorde (2003) : série de pays de l'UE (1990-2000)	PIB	Fourchette de 0.7 (France) à 1.5 (Danemark), avec la plupart des estimations dans une fourchette plus étroite, de 0.9 à 1.4.
Landwehr-Marie-Lilleu (2002) : OCDE (fret total, 1986-97)	PIB	OCDE : 0.8 – fourchette de 0.8 (Amérique du Nord, Japon) à 1.3 (Europe de l'Ouest).
Tsamboulas (nd) : pays accédant à l'UE (2000-20)	PIB	Prévision de 1.6.
WBCSD (2004) : monde entier (2000-30)	PIB	Prévision de 0.83.
Landwehr-Marie-Lilleu (2002) : monde entier (2000-2030)	PIB	Prévision de 0.63.
2. Fret routier		
AU-BTCE (1990) : corridors australiens	PIB (revenu réel)	Fourchette de 1.0 à 2.0, avec des valeurs généralement supérieures pour les itinéraires denses à longue distance.
Song <i>et al.</i> (1993) : série de pays industrialisés (1950-70)	PIB/hab.	Fourchette de 1.4 à 2.5, avec la plupart des prévisions dans une fourchette plus étroite, de 1.5 à 1.8.

Transport de voyageurs

Parce que les transports locaux représentent plus de 80 % du trafic dans la plupart des pays, l'étalement des villes modifie beaucoup le profil des trajets de voyageurs ou navetteurs; la part des déplacements en série effectués pour des raisons multiples augmente. Un autre segment important du transport de voyageurs est celui des loisirs et du tourisme qui concerne les distances moyennes à longues; ce segment est très influencé par certains facteurs du style de vie liés au PIB/hab., tels que l'allongement du temps de loisirs, la fréquence plus grande des trajets courts et la diversification des loisirs (visites aux amis et aux parents, déplacements pour motifs culturels ou éducatifs...).

Le trafic voyageurs (la mobilité des voyageurs) est fortement influencé par⁴² :

- *Le taux de motorisation* – qui a augmenté bien plus vite que ne le suggère l'évolution du niveau de revenus ou de la pyramide des âges (ex. : augmentation du nombre de véhicules par habitant).
- *Le vieillissement de la population* – facteur qui ralentit la croissance des déplacements à courte distance (locaux).
- *Les structures familiales* – l'augmentation du nombre de familles monoparentales fait baisser le taux d'occupation des véhicules et le nombre de personnes transportées.

Les facteurs qui jouent un rôle modérateur entre croissance du PIB et croissance du transport de voyageurs sont :

- L'augmentation du taux de motorisation, surtout là où le PIB/hab. dépasse le « point d'inflexion » des 5 000 USD (point d'accélération du taux de motorisation).
- L'espacement géographique des villes (densité ou étalement) qui pourra favoriser (ou limiter) l'efficacité ou la viabilité de transports publics comme substitut possible de la voiture particulière.
- Les facteurs sociaux (par exemple le vieillissement de la population, les structures familiales, les structures de l'immigration) qui pourront favoriser (ou limiter) l'utilisation des véhicules individuels pour les déplacements (en fonction du choix des horaires ou de la proximité ou non de la famille, de certaines activités, etc.).

Le premier de ces facteurs joue un rôle prédominant dans certains des « cinq grands » pays ou des pays en développement ; il entraînera l'intensification du transport de voyageurs (c'est à dire une augmentation plus rapide que celle du PIB) et il est renforcé par les facteurs de la troisième catégorie déjà cités (par ex. : jeunesse de la population, augmentation de la migration internationale ou interrégionale). Pour beaucoup de pays industrialisés (où le taux de motorisation est plus stable), les facteurs de la troisième catégorie (surtout le vieillissement de la population) peuvent réduire l'intensité du transport de voyageurs – quoique cela dépende fortement du second facteur (répartition géographique des villes) – et de l'accessibilité des transports publics.

Une synthèse des élasticités significatives concernant le transport de voyageurs fait apparaître une fourchette de 0.6 à 1.4 dans l'historique des pays industrialisés, avec une moyenne récente de 1.0 dans l'OCDE. Cela montre à nouveau que les « cinq grands » ou les pays en développement pourraient

Tableau 4.8. **Relations significatives d'élasticité du transport de voyageurs**

Étude	Variable	Élasticité
1. Transport routier et ferroviaire de voyageurs		
Landwehr-Marie-Lilleu (2002) : OCDE (1986-97)	PIB	OCDE 1.0 – avec une fourchette de 0.6 (Amérique du Nord) à 1.4 (Europe de l'Ouest).
Tsamboulas (nd) : pays accédant à l'Europe (2000-20)	PIB	Prévision de 1.0.
WBCSD (2004) : monde entier (2000-30)	PIB	Prévision de 0.53.
Landwehr-Marie-Lilleu (2002) : monde entier (2000-30)	PIB	Prévision de 0.43.
2. Transport routier de voyageurs		
Song <i>et al.</i> (1993) : Série de pays industrialisés (1950-70)	PIB/hab.	Fourchette de 1.1 à 2.3, avec la plupart des estimations dans une fourchette plus étroite, de 1.5 à 2.0.
Johansson-Schipper (1997)	PIB	Fourchette de 0.7 à 1.3, dont la meilleure prévision est de 1.2.

connaître une augmentation de l'élasticité du transport de voyageurs, peut-être dans la fourchette de 1.5 à 2.0 qu'ont connue les pays industrialisés de 1950 à 1970.

Technologies de l'information et de la communication (TIC)

Une étude portant sur l'effet des TIC sur les transports a établi que les technologies automobiles avancées laissent entrevoir l'automatisation future de la conduite, ce qui promet (parallèlement aux progrès technologiques de gestion de réseaux routiers) d'améliorer la sécurité des transports et leur capacité⁴³. Il ne fait pas de doute qu'au cours de la période 2000-30, le progrès soutenu des technologies concernant les véhicules et les économies d'énergie façonnera l'utilisation de l'énergie dans les transports ainsi que le comportement des conducteurs. Cependant, on ne prévoit pas que ces technologies affectent fondamentalement la croissance du transport de voyageurs (par rapport aux effets de la hausse des revenus, du PIB/hab. et du taux de motorisation).

Il semble possible que les TIC puissent contribuer à améliorer l'utilisation des capacités routières – mais marginalement par rapport à la demande croissante, et sans influencer sensiblement sur l'ensemble des besoins en infrastructures routières (dus à la croissance du PIB, de la population et du taux de motorisation, à la poursuite de l'urbanisation et du développement urbain – sauf pour ce qui est du rôle modérateur de la densité urbaine, de la répartition géographique ou des politiques de tarification routière concernant l'utilisation des sols).

Dans son ensemble, l'importante documentation sur l'interaction des TIC avec les transports suggère une relation de complémentarité (plutôt qu'une possibilité de substitution); la capacité qu'ont les TIC de modifier les habitudes de déplacement, les horaires quotidiens, le choix des destinations, etc. pourrait étaler dans le temps l'accroissement de la demande et éventuellement réduire les encombrements urbains aux heures de pointe.

Utilisation des capacités routières

Au fil du temps, on constate que de nouvelles infrastructures routières ont souvent été déployées pour apporter une réponse anticipée à l'accroissement attendu du trafic. Certaines périodes marquantes de la construction de nouvelles routes (cf. les années 1950-70 en Amérique du Nord) ont engendré des phases de sous-utilisation des capacités routières; puis le trafic a progressivement augmenté plus rapidement que ces capacités – dont le taux d'utilisation s'est donc accru. Ce phénomène a été observé tant à l'échelon des régions et des pays que des villes et des banlieues. Les dépenses

de construction de nouvelles infrastructures sont généralement motivées par l'un ou plusieurs des facteurs suivants :

- La sécurité ou la souveraineté nationale, à laquelle peut s'ajouter l'intégration régionale (par ex. : accès aux régions frontalières distantes).
- Le développement du territoire (par ex. : développement des villes nouvelles, des banlieues, des zones industrielles, accès aux ressources, création de grands équipements).
- Les encombrements routiers dus à l'augmentation du trafic (de voyageurs, de marchandises) qui dépasse les capacités routières existantes.
- L'amélioration de la sécurité (par ex. : voies de dépassement, bas-côtés, rectification du tracé, rambardes, signalisation, élimination des passages à niveau).
- Les améliorations liées à la protection de l'environnement (protection contre les inondations, limitation des dommages, réduction du bruit).

S'il est un point à souligner, c'est que parmi les cinq facteurs qui motivent la construction des nouvelles routes figurent la congestion routière due à l'accroissement du trafic – quoique, en intervenant sur ce facteur, on obtienne généralement plus de gains économiques (à commencer par le gain de temps) que de gains aux plans de la sécurité ou de l'environnement. Dans l'ensemble, ce sont les deux premiers facteurs de la liste (autres que la congestion) qui ont le plus d'effet sur le développement des grandes infrastructures de transport nationales⁴⁴.

On s'attend à des améliorations de l'utilisation des capacités routières dues aux TIC (par ex. : gestion des réseaux, interventions après accidents, informations pour les conducteurs, progrès de la conduite automatisée). Cependant, de telles améliorations n'auront que des répercussions modestes sur les besoins en infrastructures routières car :

- Dans les pays industrialisés, la plupart des besoins en infrastructures routières sont générés par des besoins de remplacement (entretien des routes amorties).
- Pour beaucoup de pays appartenant aux « cinq grands » et aux pays en développement, la plupart des besoins en infrastructures routières sont générés par les besoins du développement urbain et territorial et de l'intégration régionale.

Tarifification routière

La politique de tarification routière se présente sous deux aspects : a) comme dispositif durable de tarification et de financement des infrastructures (s'inscrivant dans une stratégie globale de gestion ou de gouvernance des infrastructures de transport); et b) comme moyen

d'influencer le choix modal et de prendre en compte les externalités dans la décision des consommateurs des transports. Il est certain que l'élasticité-prix et l'élasticité-prix croisée du transfert de voyageurs et de marchandises sont positives, et qu'une augmentation (relative) des coûts d'utilisation de la route se traduira par un transfert marginal de la route au rail (pour le fret ou pour les voyageurs) et d'autres modes de transports publics (pour les voyageurs).

Mesurer l'importance de l'effet que de telles élasticités peuvent avoir sur le comportement général reste une question empirique qui est fonction de : l'élasticité globale des revenus par rapport aux transports de marchandises ou de voyageurs ; de l'existence, de la capacité ou du niveau de service des autres modes de transport possibles ; et d'autres facteurs (tels que la densité urbaine, la répartition géographique et le taux de motorisation).

Il ne fait pas de doute qu'une politique intégrée (et concertée) englobant occupation des sols, répartition géographique, densité urbaine, tarification routière, optimisation de l'utilisation des capacités routières induites par les TIC et amélioration des infrastructures de transports ferroviaires et publics pourrait avoir un effet marginal notable et (relativement) significatif sur les besoins en les infrastructures routières. Il n'est cependant pas certain que la sphère politique se prononce en faveur d'un ensemble de mesures aussi holistique – surtout parce que beaucoup de décisions doivent faire intervenir différents niveaux d'administration et qu'il faut du temps pour qu'émerge le consensus politique nécessaire.

Répartition géographique et densité de population

Les mesures qui seront peut-être les plus difficiles à faire accepter du point de vue politique sont celles qui vont dans le sens d'une répartition géographique plus compacte et d'une plus forte densité de population – surtout dans les principales agglomérations ou entre celles-ci. Outre la difficulté de parvenir à un consensus politique et d'assurer la coordination politique voulu, il faut tenir compte de la structure dépendante des formes urbaines. Si la meilleure façon d'appréhender les infrastructures est de les considérer comme un système, il n'est pas de système plus complexe que celui des formes urbaines, qui comprennent une superposition de cycles de prise de décision multi-générationnels associés à des problématiques de migration, d'emplacement des sites urbains, de choix d'habitat, de marché de l'emploi, de choix et de décisions concernant les modes de transport, de choix de style de vie, etc. Les formes territoriales actuelles de métropoles aussi diverses que Londres, Paris, New York, Houston, Sidney, Tokyo ou Hong-Kong sont l'aboutissement d'un développement multiséculaire; même si on peut les modeler ou les influencer (marginale ou en profondeur) en l'espace de quelques décennies, les changements sont souvent très coûteux, chaotiques, perturbateurs ou facteurs de divisions politiques; de plus, ils se

limitent le plus souvent à des sous-ensembles délimités de l'implantation géographique globale des villes⁴⁵.

Il est certain que des nations et des zones urbaines territorialement plus compactes et démographiquement plus denses vont de pair avec de très grands volumes de transport de marchandises et de voyageurs sur des réseaux routiers urbains restreints et encombrés et dans des systèmes de transports publics très développés. En général, à un tel niveau de congestion et de densité urbaines correspondent des infrastructures de transport fortement intégrées à d'autres systèmes d'infrastructures urbaines (télécommunications, eau, égouts, énergie); leur entretien et la construction de capacités supplémentaires coûtent très cher. Par conséquent, lorsque la mesure de la fréquentation des capacités routières montre une forte augmentation, le coût monétaire des infrastructures routières (par kilomètre) augmente lui aussi beaucoup.

Une problématique particulièrement importante dans la perspective de planification des systèmes d'infrastructures d'intégration concerne l'acquisition des emprises et leur protection (contre l'empiètement). À l'intérieur des zones urbaines (surtout), une planification à long terme est nécessaire pour faire en sorte que la croissance territoriale urbaine soit gérée judicieusement sur la base des investissements infrastructurels, accompagnés de l'acquisition des emprises, et cela d'une manière intégrée.

Encourager l'augmentation de la densité à l'intérieur des agglomérations existantes aurait (sans doute) comme effet de réduire légèrement les besoins en infrastructures routières, mais une telle approche demanderait un ensemble de mesures politiques holistiques comprenant des investissements importants dans les infrastructures de transports urbains.

Risques liés à la sécurité et au changement climatique

Dans l'ensemble, les mesures destinées à gérer les risques, à améliorer la sécurité des transports et à traiter le problème du changement climatique devraient avoir un effet faible à modéré sur l'accroissement de la demande en infrastructures routières. Certaines d'entre elles pourraient vraisemblablement être intégrées à diverses améliorations des TIC concernant l'utilisation des capacités routières, et aux besoins de nouvelles constructions visant à résoudre certains problèmes de sécurité ou d'environnement.

Peut-être les risques les plus graves à attendre de la période de 2000 à 2030 résulteront-ils de l'effet des facteurs suivants sur les réseaux routiers et ferroviaires (nationaux, régionaux ou urbains) : a) les catastrophes naturelles (telles que tremblements de terre); et b) l'élévation du niveau des mers (et les risques d'inondation) dus au réchauffement mondial. Tandis que le premier facteur de risque est intégré à la gestion des infrastructures dans bien des

pays ou régions du monde, le second est un problème apparu plus récemment et qui n'a pas encore été évalué systématiquement en termes de gestion des risques (exposition ou conséquences). De nombreux grands centres urbains sont édifiés au niveau des mers, ce qui fait de la hausse du niveau des océans une menace sur le long terme. Les perturbations climatiques (comme celles qui affectent les niveaux et modèles de pluviométrie) peuvent aussi causer l'inondation soudaine de certaines liaisons des réseaux de transports nationaux ou régionaux ; elles peuvent aussi modifier les cycles du gel et du dégel et affecter l'intégrité des infrastructures et les coûts de maintenance.

Variations internes aux pays et régionales

Les regroupements par régions ou par niveaux de développement de l'année de référence utilisés pour le modèle de cette étude reflètent l'agrégation transnationale de données de niveau national. Le modèle intègre donc de considérables variations régionales ou nationales concernant les réseaux routiers ou ferroviaires, le taux de motorisation, la valeur des équipements d'infrastructures et la croissance du PIB⁴⁶.

Ce modèle repose principalement sur l'élasticité des équipements d'infrastructures routières ou ferroviaires par rapport au PIB/hab. (avec des ajustements concernant : a) l'amélioration progressive de la qualité des routes, en coûts par kilomètre de route; b) la convergence du niveau des dépenses en infrastructures de transport [en pourcentage du PIB] vers celui des pays industrialisés); il repose également sur l'élasticité connexe de l'utilisation des routes par rapport au PIB (et celle par rapport au PIB/hab. pour le taux de motorisation). Les paramètres de croissance du modèle sont insensibles aux autres facteurs (par ex. répartition géographique, densité de population, démographie), mais ces derniers ont un effet sur les données désagrégées de l'année de référence, sur lesquelles repose la croissance. Par conséquent, le modèle intègre en fait les variations de l'année de référence concernant ces facteurs, même s'il laisse de côté les variations du taux de croissance (autres que celles des niveaux de PIB et de PIB/hab.). Les hypothèses implicites concernant les taux de croissance (par ex. celle de la Banque mondiale pour la croissance du PIB, celle des Nations Unies pour la croissance démographique) permettraient d'admettre et de prendre en compte l'effet de certains de ces facteurs.

Sont exclues toutes les variations infranationales qui influeraient sur la répartition de la population, l'activité de l'économie et les activités de transport internes aux pays. C'est la contrepartie inévitable de la portée mondiale du modèle, de sa capacité d'agrégation et de la recherche de données correctes.

Facteurs démographiques

Il ne fait pas de doute que les facteurs démographiques (surtout le vieillissement de la population dans la majorité des pays industrialisés) aura un effet sur les besoins à venir en infrastructures de transport. Le modèle ne traite pas explicitement de ces facteurs, mais ceux-ci sont intégrés dans les données de l'année de référence et dans les hypothèses implicites concernant le taux de croissance (basées sur les sources de la Banque mondiale et des Nations Unies).

On estime que la plus grande part de l'évolution démographique est intégrée au modèle par l'intermédiaire des taux de croissance du PIB et de la population (beaucoup plus bas dans les pays industrialisés où la croissance démographique est faible et la population vieillissante), et par l'ajustement de « convergence » qui met en relation les équipements infrastructuraux de transport (en pourcentage du PIB) avec le niveau d'industrialisation.

Depuis les années 80, on a observé dans beaucoup de pays industrialisés un vieillissement de la population. On a constaté (et intégré au modèle) les tendances suivantes : a) un ralentissement de la croissance du taux de motorisation; b) une croissance faible ou nulle de la distance annuelle moyenne par véhicule (en véh.-km); et c) la diminution du ratio équipements routiers-PIB. Ces tendances devraient permettre de prédire au mieux l'effet de l'évolution démographique à venir sur l'utilisation des transports routiers et ferroviaires et sur les besoins infrastructuraux.

Contraintes et limitations des finances publiques concernant les transports de surface

Du consentement du public à payer pour une plus grande mobilité dans les transports terrestres dépendra la capacité de répondre aux besoins en infrastructures de transport. Les investissements nécessaires peuvent être financés par les recettes fiscales générales (arbitrées par l'autorité publique), une taxation spécifique (le cas échéant) ou des contributions des usagers-payeurs (y compris celles qui complètent et appuient la participation des entreprises privées, c'est à dire le partenariat public-privé). Les usagers des routes (directs et « indirects ») sont globalement comme les autres contribuables; la question du financement devrait donc consister à déterminer quel est le mode de financement le plus acceptable aux yeux du public pour financer les infrastructures de transport nécessaires. Malheureusement (pour les autorités des transports terrestres), l'idée qu'il doit y avoir un certain « prix à payer » pour accéder aux équipements publics et que ce financement devrait être exclusivement affecté au secteur des transports terrestres semble rejetée au profit d'autres priorités des finances publiques⁴⁷.

Le vieillissement de la population mondiale (au moins dans les régions industrialisées) mettra les systèmes de santé à l'épreuve et engendrera beaucoup de tensions entre politiques rivales pour l'attribution de ressources financières limitées – surtout avec le consentement visiblement « plafonné » des contribuables à mettre la main au portefeuille. La tendance grandissante à remplacer le prélèvement de taxes par la contribution des usagers apporte (partiellement) une soupape de sécurité, mais on a noté que le consentement du public à payer l'accès à des routes (jusque là) « gratuites » avait des limites; en général, l'autorité des finances publiques n'a pas accepté de concéder aux autorités des transports terrestres ce qu'elle considère comme ses « prérogatives budgétaires ».

Les infrastructures de transports terrestres (route et rail) ont un cycle de vie économique très long – plus de 30 ans. La planification et la budgétisation des équipements se déroule sur un cycle très long (de 10 à 20 ans), lequel entre visiblement en conflit avec le cycle de 7 ans des entreprises, les cycles de 3 à 5 ans de la vie politique et les cycles de 2 à 3 ans des budgets. Chaque fois que se produit une crise sur le court terme, ce sont les projets à long terme de financement d'infrastructures de transports terrestres qui sont sacrifiés au profit d'opportunités à court terme. Comme l'a montré l'expérience des années 70 à 90 dans beaucoup de pays, il est politiquement possible de réduire les dépenses d'infrastructures à leur plus simple expression avant que le public ne commence à s'en apercevoir.

L'aptitude à équilibrer les responsabilités des parties prenantes et des politiques compliquent la gouvernance des systèmes d'infrastructure de transports terrestres (et leur financement) – ce qui exige un engagement politique sur une très longue période (cf. le référendum suisse sur les transports terrestres). Il existe de réels risques de voir les pouvoirs publics surinvestir dans les infrastructures routières, mener de mauvaises politiques d'aménagement, favoriser un étalement urbain à faible densité, etc. Il est difficile de contrôler efficacement ces aspects sauf à un niveau relativement local – sous réserve d'une orientation générale, d'une planification et d'une coordination associant des niveaux d'administration élevés (régionaux, nationaux, supranationaux).

Les investissements à long terme ont besoin de stabilité politique et économique. Le contexte mondial, du point de vue de l'inflation comme des conditions macroéconomiques, est actuellement très stable, malgré les soucis que pose le système américain du « double déficit » (comptes courants et finances publiques) pour lequel il n'existe pas de mécanisme évident de rééquilibrage.

4. Viabilité du modèle actuel d'infrastructures de transports de surface

Le processus européen du RTE-T a déjà été cité comme modèle exemplaire de planification et de consultation intergouvernementale concernant les infrastructures de transport. Cependant, les engagements de financement et les calendriers de ces projets de l'Union européenne n'ont pas toujours été tenus, pour toutes les raisons mentionnées dans les sections qui précèdent.

Les prévisions des besoins en infrastructures routières et ferroviaires (nouvelles constructions) qui figurent dans la section 2 font appel à de substantiels financements supplémentaires. Les besoins mondiaux annuels en nouvelles constructions routières et ferroviaires pourraient être de l'ordre de 270 à 350 milliards USD/an pour la période 2010-30. Ceci représente une augmentation considérable par rapport à la dépense actuellement (2000) estimée d'environ 150 milliards USD par an – même si l'on tient compte des gains d'efficience, des projets différés ou des éventuelles surestimations.

Sources de financement public

La croissance économique induit l'essentiel de ces besoins en infrastructures de transports terrestres, et donc – pourvu que les recettes publiques croissent en proportion – les finances publiques doivent suffire à financer la majorité de ces besoins. Pourtant, comme cela a été dit plus haut, le contribuable et la volonté politique ne laissent pas volontiers la croissance des finances publiques suivre le même rythme que la croissance économique; de plus, certaines questions urgentes et concurrentes de politique publique (éducation, santé, lutte contre la pauvreté...) se disputent des recettes fiscales limitées.

Il sera très difficile d'obtenir une capacité suffisante de recettes publiques pour financer les nécessaires infrastructures de transports terrestres dans les pays en développement et parmi les « cinq grands » – où l'on rencontrera peut-être aussi des problèmes d'évasion ou de fraude fiscale, de marché noir et de corruption politique – autant de facteurs qui affaiblissent les sources de recettes fiscales.

Cependant, certains ont naïvement cru que si le secteur public ne pouvait pas financer les infrastructures de transport, le secteur privé pourrait s'en charger. Or, ils faisaient fausse route, puisque bien des problèmes auxquels sont confrontées les finances publiques se font également sentir dans le secteur privé (risques inflationnistes, risques d'instabilité politique, risques contractuels). En fait, ce sont précisément les pays au plus grand « potentiel » de levée de fonds publics qui exercent la plus grande attraction – et sont le

plus à même de financer leurs infrastructures de transport sur des fonds privés.

Par conséquent, il est de toute évidence nécessaire d'associer financement public et financement privé – afin de les renforcer réciproquement et d'attribuer à chacun le meilleur rôle, dans le meilleur équilibre.

Sources de financement privé

En Amérique latine, l'investissement privé en infrastructures de transport (ainsi que dans d'autres infrastructures) a été particulièrement important de 1990 à 2001 – dans le cadre de politiques de déréglementation, de privatisation et d'autres réformes économiques – mais c'est la région Asie-Pacifique qui a connu les plus importants projets, en valeur monétaire, de construction sur sites vierges⁴⁸.

Ces estimations portant sur les besoins en infrastructures de transport donnent à penser que c'est dans les « cinq grands », notamment en Chine, et dans les pays en développement qu'existeront les plus grandes possibilités de financement privé pour des projets de construction sur sites vierges⁴⁹. En même temps, on assistera dans les pays industrialisés à une croissance considérable du marché des concessions et autres projets concernant des infrastructures existantes (et éventuellement de nouvelles infrastructures).

Il n'existe pas de solution facile. Le défi du financement (et de la gestion) des infrastructures de transport se trouve au cœur d'un écheveau complexe de considérations – finances publiques, jeu politique, impératifs économiques, protection de l'environnement et utilisation des sols – avec le chevauchement de calendriers, de cycles de décision et d'échéances que cela suppose.

Gouvernance du financement des infrastructures

Pour une étude de la gouvernance des mécanismes de financement d'infrastructures de transport, on a recherché au plan international des données concrètes concernant⁵⁰ :

- *Le financement des infrastructures* : stabilité du financement ; planification pluriannuelle ; étendue et composition du financement ; degré de contribution de « l'utilisateur-payeur » ; capacité d'emprunt (émission d'obligations...) ; fondements de l'analyse des équipements et des programmes de dépenses ; importance et objectifs des activités financées, etc.
- *Gouvernance du mécanisme de financement* : sélection des membres du conseil de direction et rôle de ce dernier ; encadrement par les ministères ; encadrement par le Parlement ; transparence des rapports et évaluations ;

volume d'informations disponibles sur les sites Web officiels ; lignes directrices relatives à l'éthique, aux conflits d'intérêt, etc.

Cette étude a relevé quatre types de mécanismes de financement des infrastructures de transport :

1. *Les programmes de subventions classiques* : ce sont les piliers du secteur public; ils portent en général sur le moyen terme (jusqu'à 5 ans) et font l'objet d'une affectation de crédits budgétaires et d'un contrôle annuel par l'exécutif.
2. *Fonds spéciaux* : ils concernent des sources de recettes réservées prélevées sur l'usager-payeur, qui offrent une stabilité de financement pluriannuelle; en général, ces fonds sont d'une durée indéterminée – bien qu'ils nécessitent une gouvernance traditionnelle (bureaucratique ou politique).
3. *Organismes de financement commerciaux* : ils impliquent un certain degré de privatisation ou de commercialisation des infrastructures ou supposent la création d'un organisme quasi public répartissant le financement des infrastructures sur une base (en général) commerciale et autofinancée (par ex. sous forme de prêts remboursables, de crédits renouvelables, de contribution de l'usager-payeur), ou sur une base d'affectation à long terme des recettes publiques.
4. *Mécanismes de financement innovants* : lesquels, par définition, ne correspondent pas aux trois types précédents et ne peuvent pas être décrits de façon précise.

Voici les caractéristiques principales de dispositifs de financement des infrastructures de transport qui fonctionnent de façon satisfaisante :

- Objectifs clairs, fonctionnement pluriannuel stable, planification stratégique ou financière et processus de sélection des projets.
- Recettes provenant principalement de prélèvements auprès des usagers.
- Forte participation des parties prenantes locales, contrôle gouvernemental, transparence publique et suivi par évaluations ou audits.
- Bon équilibre entre les objectifs politiques suivants : a) efficacité, viabilité des finances publiques et viabilité écologique; b) haut niveau de soutien public ou politique; c) stricte obligation de résultats.

Voici les caractéristiques principales de dispositifs de financement des infrastructures de transports innovants :

- Comptabilité d'engagements appliquée au coût des infrastructures, aux déductions pour amortissement et au financement (compte tenu d'une rémunération appropriée des actionnaires).
- Recours à l'emprunt commercial comme source de financement dans le but d'encourager la viabilité des finances publiques, d'exiger la responsabilité

fiduciaire pour l'utilisation des fonds, de lier davantage la responsabilité aux résultats et de mieux répartir les avantages et les coûts.

- Mise en place d'un système de tarification pour les poids lourds comme élément essentiel de la création de revenus pour les infrastructures et pour « partager les gains d'efficacité », mais aussi pour contribuer au transfert modal (route-rail); et/ou au besoin, mise en place d'une tarification au coût intégral afin d'atteindre les objectifs à long terme d'efficacité et de viabilité écologique.
- Planification des actifs et identification des projets à l'échelle du réseau; gestion rigoureuse des actifs et des performances.
- Participation des acteurs locaux à la gestion des mécanismes, à la planification stratégique et à la sélection des projets, avec un maximum de transparence.
- Critères explicites permettant de promouvoir au travers des différentes entités la normalisation et l'interopérabilité des équipements, des technologies et des processus dans le domaine de gestion des infrastructures.

5. Conclusions

Les principaux déterminants des infrastructures des transports terrestres (équipements existants et nouvelles constructions) reposent sur la relation entre d'une part la croissance du PIB et la croissance de la population (et la croissance du PIB par habitant), et d'autre part, la mesure de l'utilisation des routes, du taux de motorisation et des stocks de routes revêtues – relation exprimée par l'élasticité entre équipements d'infrastructure (route et rail) et PIB par habitant. La croissance du PIB par habitant se traduit par une augmentation du taux de motorisation, du volume de transport de marchandises, du trafic routier et de la demande en infrastructures routières. Il existe une relation entre stock de routes revêtues (existants et à réaliser) et les besoins en nouvelles constructions routières. Ces dernières comprennent à la fois les nouvelles constructions nécessaires à l'accroissement net du stock de routes revêtues et les nouvelles constructions destinées à remplacer le stock de routes revêtues existants (ou à construire).

Ces déterminants concernent d'abord le transport routier, et s'ils sont également significatifs pour le transport ferroviaire, l'utilisation du rail et les investissements d'infrastructures ferroviaires sont beaucoup plus contrôlés par rapport aux priorités de dépenses du secteur public et aux politiques de durabilité visant à favoriser le transfert modal de la route au rail. Certaines de ces priorités et de ces politiques font partie de projets actuels des pouvoirs publics concernant les infrastructures (par ex. les projets du RTE-T, le plan

d'amélioration des réseaux ferrés de la Chine et la politique des transports de la Suisse).

On estime les besoins en infrastructures routières (nouvelles constructions) entre 200 et 290 milliards USD par an pour la période de 2005 à 2030. L'ordre de grandeur de ces besoins est comparable à celui des précédentes prévisions établies par Fay-Yepes pour la Banque mondiale. Ils représentent également une augmentation substantielle par rapport à l'année de référence (2000) d'environ 110 milliards USD par an ; par conséquent, la programmation, le financement et la réalisation de ces infrastructures impliqueront beaucoup d'efforts et de difficultés. Pour la plupart, ces besoins d'investissements ne produiront pas d'accroissement net du stock de routes revêtues, mais auront pour objet de remplacer (d'entretenir) le stock de routes revêtues amorties. Ces niveaux d'investissements en infrastructures routières exigent un taux plus élevé (qu'actuellement) de dépenses (en pourcentage du PIB) – quoique le ratio du stock de routes revêtues au PIB soit en constante diminution dans le temps.

On estime de 49 à 58 milliards USD par an les besoins en infrastructures ferroviaires (nouvelles constructions) de 2005 à 2030. Ces valeurs sont supérieures aux précédentes estimations de Fay-Yepes pour la Banque mondiale. Elles représentent une substantielle augmentation de 35 milliards USD annuels par rapport au niveau des investissements de l'année de référence (2000), et donc leur programmation, leur financement et leur réalisation impliqueront beaucoup d'efforts et de difficultés. La répartition des besoins d'investissements ferroviaires entre l'accroissement net des actifs et le remplacement des équipements amortis est plus équilibrée que pour l'étude Fay-Yepes. De tels hauteurs d'investissement en infrastructures ferroviaires requièrent un niveau relativement constant (par rapport au présent) du taux des dépenses (en % du PIB) – et le ratio d'équipements ferroviaires au PIB est relativement stable dans le temps.

Il existe de larges possibilités, par des politiques gouvernementales délibérées, de peser sur l'utilisation des différents modes de transport – et d'accroître le transfert modal de la route vers le rail – en réaffectant jusqu'à 10 % du budget des nouvelles constructions routières (soit 20 à 30 milliards USD/an) vers le rail (en supplément des niveaux d'investissement déjà projetés). Ces orientations pourraient avoir des conséquences (probablement tolérables) en termes de détérioration de la qualité globale des infrastructures routières et d'aggravation de la congestion routières.

L'avenir dira si le taux de motorisation et le volume de trafic routier resteront aussi « contraints » que ceux prédits ici – et si le trafic ferroviaire s'accroîtra aussi rapidement qu'on le souhaite. En dépit de ce que les autorités des finances publiques peuvent espérer, il n'y a pas de dividende budgétaire

de « durabilité » qui soit en jeu, ce qui fait que les autorités des finances publiques et les autorités des transports augmenteront encore leurs dépenses d'infrastructures routières à l'avenir. Le véritable changement consistera à freiner l'augmentation future des dépenses routières, et non à les éliminer.

Le plus important sera d'obtenir le consentement du public à payer pour une plus grande mobilité dans les transports terrestres. Les investissements nécessaires pourront être financés par les recettes fiscales générales (arbitrées par l'autorité publique), une taxation spécifique (le cas échéant) ou des contributions des usagers-payeurs (y compris celles qui complètent et appuient la participation des entreprises privées, c'est à dire le partenariat public-privé). Il faudra que les autorités publiques des finances et des transports engagent un débat de fond avec le public pour déterminer quel sera le « prix » adéquat à payer pour l'utilisation des équipements publics, et comment les recettes y afférentes pourront rester affectées au secteur des transports terrestres (et comment on pourra les répartir entre la route et le rail).

Il est peut-être quelque peu pervers que les pays possédant le plus grand « potentiel » de création de recettes publiques soient aussi les plus attractifs et aient la plus grande capacité de financement privé des infrastructures publiques. C'est dans les « cinq grands », notamment en Chine, et dans les pays en développement qu'existeront les plus grandes possibilités de financement privé pour des projets de construction sur sites vierges, mais il existe de très intéressantes perspectives de croissance du marché des concessions et autres projets concernant des infrastructures existantes (et éventuellement de nouvelles infrastructures) dans les pays industrialisés.

Il n'existe pas de solution facile au financement des infrastructures de transport. Le défi du financement (et de la gestion) se trouve au cœur d'un écheveau complexe de considérations – finances publiques, politique, économie, environnement et utilisation des sols – avec le chevauchement de calendriers, de cycles de décision et d'échéances que cela suppose. Il est nécessaire de conjuguer les sources publiques et privées de financement – de manière à les dynamiser et à en définir les rôles les plus adaptés et équilibrés possible.

L'aptitude à équilibrer les responsabilités des parties prenantes et des politiques compliquent la gouvernance des systèmes d'infrastructure de transports terrestres (et leur financement) – ce qui exige un engagement politique sur une très longue période (cf. le référendum suisse sur les transports terrestres). Il existe de réels risques de voir les pouvoirs publics surinvestir dans les infrastructures routières, mener de mauvaises politiques d'aménagement, favoriser un étalement urbain à faible densité, etc. Il est difficile de contrôler efficacement ces aspects sauf à un niveau relativement

local – sous réserve d’une orientation générale, d’une planification et d’une coordination associant des niveaux d’administration élevés.

S’il est tentant de se concentrer sur le volume absolu en valeur monétaire des besoins d’investissements en infrastructures de transport à l’horizon 2030, il est tout aussi important (sinon plus) d’évaluer l’ensemble du régime des responsabilités et de la gestion du financement des infrastructures des transports terrestres – et en particulier, les aspects tels que la stabilité du financement, la contribution de « l’usager-payeur », le suivi politique et gouvernemental, la transparence des rapports et des évaluations et le contrôle de performances.

Notes

1. OCDE (2005), p. 10. Cette étude signale que les approches méthodologiques utilisées sont difficiles à déterminer et à mettre en lumière, car très peu d’études prospectives décrivent leur approche avec suffisamment de détails.
2. OCDE (2005), p. 10. Parmi les études utilisant un ensemble plus étendu de variables pour leurs prévisions, on lira « ICT impact on transport efficiency » de la Royal Academy of Engineering (RAE, Royaume-Uni) (2005); US-DoT (2000) (USA) (concernant l’effet de l’immigration); et ifmo (Allemagne) (2005) (concernant l’effet de la sécurité, du changement climatique, des conditions météorologiques extrêmes). Parmi les raisons qui motivent l’utilisation d’un ensemble restreint de variables figurent : le principe de parcimonie (cf. le rasoir d’Ockham); la méthode de cointégration (déterminisme commun à plusieurs variables); et le caractère incertain des conséquences (absence de données chronologiques).
3. Fay-Yepes (2003).
4. Andrieu (2005).
5. Cette moyenne exclut la valeur de Canning. Les transformations sont les suivantes : l’élasticité du PIB par habitant est d’environ 3.1 fois l’élasticité du PIB (pour une croissance du PIB de 3 % et une croissance de la population de 2 %); l’élasticité du PIB par salarié devrait être égale à celle du PIB par habitant lorsque le taux de l’emploi reste constant. L’équation en est $\xi_{pc} = \xi \times [g(1 + g)] / (p - g)$ – où g représente le taux de croissance du PIB et p le taux de croissance de la population.
6. Stevens-Michalski (1993), p. 1. Cette constatation vaut pour toutes les modes de transport.
7. Munnell (1993), figure 3. Les taux d’investissement variaient de 2 à 6 % du PIB dans l’ensemble des pays de l’OCDE. En supposant que les transports représentent environ 35 % de cet investissement (comme aux États-Unis), cela placerait la fourchette des investissements routiers (nouvelles constructions) dans les pays de l’OCDE entre 0.7 et 2.1 % du PIB environ, avec une valeur médiane de 1.4 % environ.
8. Munnell (1993), tableau 2. Environ 35 % (1990) des équipements collectifs (défense non comprise) concernent les équipements routiers (autoroutes et voirie).
9. Pour un taux de croissance du PIB de 3 %.

10. Estimation faite en utilisant un rapport de 3.1 de l'élasticité du PIB sur l'élasticité du PIB par habitant (PIB/hab.).
11. Estimation pour un taux de croissance du PIB de 2.5 %, un ratio de référence équipements-PIB de 12 % (soit légèrement moins que le ratio des États-Unis) et dans l'hypothèse que 35 % des investissements publics soient affectés aux transports routiers, dont 50 % aux nouvelles constructions.
12. Pour beaucoup de pays industrialisés, on relève souvent un taux (approximatif) de 50 % pour les travaux d'entretien contre 50 % pour les nouvelles constructions. La distinction entre travaux d'entretien et nouvelles constructions repose sur un critère d'ingénierie et sur la nature des travaux en cause, et non sur une gestion du cycle de vie des équipements ni sur une comptabilité de valeur d'actifs.
13. Fay-Yepes (2003), tableau 4. L'équation intègre également l'élasticité du stock de routes revêtues par rapport à la densité de population (0.37 dans les pays à revenu élevé, 0.46 dans les pays à revenu moyen et faible) et un coefficient basé sur la valeur des actifs programmés (0.28 dans les pays à revenu élevé, 0.02 dans les pays à revenu moyen et faible).
14. Fay-Yepes (2003), tableaux 5 et 7. Le coût des nouvelles constructions était estimé à environ 0.41 million USD par kilomètre de route revêtue à deux voies.
15. Il faut noter que le stock de routes revêtues (2000) utilisé par l'auteur s'élève à 5 372 milliards USD, soit 12 % de moins que la valeur de Fay-Yepes (6 129 milliards USD).
16. Canning-Pedroni (1999), p. 6.
17. Canning-Pedroni (1999), p. 31.
18. OCDE (2004), tableau 4, d'après Johansson-Schipper (1997).
19. Les « cinq grands » sont la Chine, l'Inde, la Russie, le Brésil et l'Indonésie.
20. Schipper et Marie-Lilliu (2001), tableau 2; Zhongyuan et al. (2002) tableau 3.5. Les estimations de l'auteur pour 2020 sont : Chine 10.6; Inde 3.7 et Indonésie 3.8 – et nos valeurs sont voisines pour la Chine, bien plus basses pour l'Indonésie et bien plus élevées pour l'Inde – tout en restant dans un même ordre de grandeur.
21. Parmi les données « reçues » par l'auteur (source : FRI), l'une des principales anomalies est l'estimation de 50 000 km pour la distance annuelle moyenne par véhicule en Chine (données cohérentes sur trois ans). Ce chiffre est très supérieur à celui des pays industrialisés comme de la plupart des pays en développement. L'auteur l'a utilisé – en le faisant graduellement descendre à 35 000 km par véhicule en 2030. Dans la mesure où cette dernière valeur reste surestimée (par rapport à la cible de convergence probable de 15 000 km), l'utilisation des véhicules en Chine est fortement surestimée (peut-être de l'ordre de 50 %). Cela n'a cependant pas d'incidence sur les autres prévisions de taux de motorisation et de besoins en construction d'équipements routiers.
22. En fait, certains de ces pays ou régions estimeront peut-être qu'ils ont trop investi dans des secteurs de leur système routier, pour choisir de laisser certains de leurs équipements se dégrader. Ce modèle suppose dans l'ensemble que les besoins de remplacement des équipements seront satisfaits.
23. Ce sont là des élasticités sur le long terme calculées par période de 10 ans, qui diffèrent des élasticités « marginales » (ou comportementales).
24. Cela n'implique pas que ces nouvelles constructions ne soient pas souhaitables du point de vue économique, mais simplement que les politiques et les contraintes

- des finances publiques ne permettent pas d'atteindre le niveau de « maximisation de la richesse ou de la production » pour les nouvelles constructions routières. Les facteurs politiques ou financiers éventuellement limitatifs sont notamment le degré de stabilité politique, le degré de corruption d'agents publics, une capacité de prélèvement fiscal insuffisante, la fraude fiscale et une forte inflation.
25. Ce qui ne serait généralement pas compatible avec le rôle des finances publiques.
 26. Une exception : les réseaux ferrés de transport de marchandises d'Amérique du Nord, sous statut privé.
 27. Cela n'implique pas que ces nouvelles constructions ne soient pas souhaitables du point de vue économique, mais simplement que les politiques et les contraintes des finances publiques ne permettent pas d'atteindre le niveau de « maximisation de la richesse ou de la production » pour les nouvelles constructions.
 28. Bleijenberg (2002), p. 4.
 29. Le débat qui s'est déroulé lors de la deuxième réunion du Groupe de pilotage (12 décembre 2005) du Projet du Programme de l'OCDE sur l'avenir a montré combien il est important d'établir la relation entre « besoins », « coûts » et « avantages » – afin de démontrer le bien-fondé économique de ces besoins (c'est à dire leur rentabilité) et qu'ils ne sont pas inspirés par une « liste de vœux » technique ou politique.
 30. Cette observation est de Canning-Pedroni (1999).
 31. Prudente, parce qu'on estime que leurs avantages seront plus importants que leurs coûts (sans pouvoir quantifier la différence), en maintenant l'hypothèse selon laquelle, dans une certaine mesure, ces relations reflètent certaines restrictions budgétaires publiques.
 32. Ceci peut être comparé à une croissance annuelle de 2.9 % du PIB (2004-2030) entraînant une élasticité à long terme véhicule-km/PIB de 1.00. À noter qu'il ne s'agit pas là d'une hypothèse proprement dite, mais d'une déduction à partir de la combinaison des hypothèses du modèle.
 33. De 290 millions de véh.-km par milliard USD du PIB (2000) à 323 millions de véh.-km par milliard USD du PIB (2030), ce qui correspond à une croissance cumulée de 11 %.
 34. De 3 560 millions de véh.-km par milliard USD de valeur d'équipements routiers (2000) à 5 280 millions de véh.-km par milliard USD de valeur d'équipements routiers (2030), soit une croissance cumulée de 48 %.
 35. Lakshmanan-Anderson (2002), p. 10.
 36. Lakshmanan-Anderson (2002), p. 17.
 37. OCDE (2004), p. 58.
 38. Hilferink (2003), p. 80, concernant l'UE en particulier.
 39. Reynaud (2004), p. 10.
 40. Le vieillissement de la population ne sera pas effectif au cours de la période 2000-2030 dans la majorité des « cinq grands » et des pays en développement.
 41. Tardieu (2005), diapositive 37, qui montre une croissance de 1.5 % du tonnage dans l'UE, de 2.7 % en tonnes-km, de 3.4 % en véh.-km et de 4 à 5 % en véh.-km pour certains corridors.
 42. Reynaud (2004), p. 8.

43. UK-RAE (2005), p. 33.
44. Des exemples précis : les autoroutes nationales des États-Unis (politique de sécurité des années 50) ; les chemins de fer canadiens (implantations territoriales des années 1880, réponse aux menaces d'annexion) ; la liaison Chine-Tibet (en voie d'achèvement), d'une grande importance politique ; le développement des ressources de l'Amazone au Brésil (depuis 1970).
45. Cf. Ackroyd (2001) pour une histoire détaillée du développement de Londres au cours des siècles.
46. Par exemple, le taux de motorisation, la longueur du réseau routier ou ferroviaire et la valeur des équipements par kilomètre de route sont estimés ensemble au niveau national pour les pays pour lesquels des données de sources principales sont accessibles (par ex. : Factbook de la CIA, statistiques routières de la FRI). Ces données nationales reflètent les données de l'année de référence (2000 en général) obtenues par la variation de la distribution géographique, la densité de la population, les données topographiques, démographiques, etc.
47. L'idée selon laquelle les impôts représentent le « prix » à payer pour les services publics est en théorie bien acceptée dans les ouvrages d'économie publique. Comme de plus en plus de services publics ont été « commercialisés » avec des charges explicites pour les usagers, l'acceptation de cette pratique a progressé. Cependant, l'accès général aux routes ne figure pas parmi les services publics où l'on a mis ce principe en pratique – ce qui a alimenté des débats aussi vastes que stériles sur la question de savoir si les usagers des routes paient suffisamment de droits d'accès par leurs contributions fiscales générales, lesquelles sont affectées au budget global du gouvernement et non pas spécifiquement à l'exploitation des infrastructures routières (ni d'autres infrastructures de transport terrestre), à leur entretien et aux investissements nécessaires.
48. Andrieu (2005), Figure 3, citation de Beecher (2003).
49. *Globe and Mail* (2 novembre 2005) indique que la Chine recherche la participation du privé (vraisemblablement comme partenaire minoritaire) pour ses projets d'infrastructure ferroviaire les plus importants.
50. TC (2005).

Bibliographie

A. Généralités – Organisations gouvernementales

Concernant l'UE/l'OCDE/la CEMT :

- Andrieu, M. (2005), « Long-Term Trends and the Demand for Infrastructure », étude de l'OCDE, septembre.
- Bleijenberg, A. (2002), « Managing the Fundamental Drivers of Transport Demand », exposé de la CEMT, décembre.
- CEMT (2004), *Évolution des transports 1970-2002*.
- CEMT (2003), « Planification des infrastructures de transports dans une Europe élargie », rapport final du séminaire (CEMT/CM(2004)1/FINAL).
- Hilferink, P. (2003), « Le lien entre le transport de marchandises et la croissance économique », dans : *50 ans de recherche en économie des transports : l'expérience acquise et les grands enjeux*, OCDE, Paris.

Meersman, H. et E. Van de Voorde (2003), « Découplage du transport de marchandises et de l'activité économique : Réalisme ou utopie? », dans : *50 ans de recherche en économie des transports : l'expérience acquise et les grands enjeux*, OCDE, Paris.

Molnar, E. (2003), « Tendances du financement des investissements dans les transports : passé, présent et avenir », CEE-ONU (Commission économique des Nations Unies pour l'Europe) et CEMT/CS/(2003)12.

Munnell, A. (1993), *Les investissements d'infrastructure : Évaluation de leurs tendances actuelles et de leurs effets économiques*, OCDE, Paris.

OCDE (2005), « Evaluation of National and International Projections and Scenarios on Long-Term Infrastructure Requirements », SGE/AU/IFP/INFRA/2005-9.

OCDE (2004), « Analysis of the Links Between Transport and Economic Growth », ENV/EPOC/WPNP/T(2003)4.

Stevens, B. et W. Michalski (1993), *L'infrastructure dans les années 1990 : Tour d'horizon des tendances et des politiques*, OCDE, Paris.

UE (2004), *Réseaux transeuropéens de transports*, SEC(2004)220.

UE (2003), *TEN-STAC: Scenarios, Traffic Forecasts and Analysis of Corridors on the Trans-European Network* (Résultat attendu D3).

Concernant la Banque mondiale :

Canning, D. (1998), « A Database of World Stocks of Infrastructure 1950-95 », *WB Economic Review*, vol. 12, n° 3 pp. 529-547.

Fay, M. et T. Yepes (2003), *Investing in Infrastructure: What is Needed from 2000 to 2010?*, WB Working Paper n° 3103.

Heggie, I. et P. Vickers (1998), « Commercial Management and Finance of Roads », WB Technical Paper n° 409.

WB (2005), *Perspectives pour l'économie mondiale* (site web).

Concernant l'ONU/Autres organisations internationales :

AIE (2000), *World Energy Outlook – 2000*.

FRI (2003), *World Road Statistics*.

Landwehr, M. et C. Marie-Lilleu (2002), *Transportation Projections in OECD Regions*, AIE.

Nations Unies (2004), *World Population Prospects*, <http://esa.un.org/unpp>.

Schipper, L. et C. Marie-Lilliu (2001), *Rapid Motorization in the Largest Countries in Asia*, AIE, non publié.

WBCSD (2004), « Mobility 2030: Meeting the Challenges to Sustainability », World Business Council on Sustainable Development.

Concernant les pays :

AU-BTE Elasticity Database.

RU-DfT (2001a), « Transport: Trends and Challenges », exposé, novembre.

RU-DfT (2001b), « Transport Ten Year Plan 2000 ».

TC (2005), « Governing of Transportation Infrastructure Funding Mechanisms – A Canadian and International Review », Virtuosity Consulting.

US-GAO (1995), « Highway Funding », GAO/RCED-96-6.

US-CIA (2005), *World Factbook*.

B. Généralités – Études universitaires et industrielles

Ackroyd, P. (2001), *London: The Biography*, Vintage.

Beecher, J. (2003), *World Bank Trend Data on Private Participation in Infrastructure 1990-2001*, IPU-Michigan.

Canning, D. et P. Pedroni (1999), « Infrastructure and Long-Run Economic Growth », Indena, non publié.

Chen, Y. et al. (nd), *China's Transport Prospects*.

Hanly, M. et al. (2002), « Review of Income and Price Elasticities in the Demand for Road Traffic », ESRC-TSU, 2002/13.

Ingram, G. et Z. Liu (2000), « Vehicles, Roads and Road Use: Alternative Empirical Specifications », non publié.

Lakshmanan, T. et W. Anderson (2002), « Transportation Infrastructure, Freight Services Sector and Economic Growth », Livre blanc pour US-DoT/FHWA.

Litman, T. (2005a), « The Future Isn't What It Used To Be », VTPI, non publié.

Littman, T. (2005b), « Transportation Elasticities: How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior », VTPI, non publié.

Miller, J. (2004), « The Uncertainty of Forecasts », *Public Roads*, septembre-octobre.

Reynaud, C. (2004), « Tendances futures, prévisions et scénarios dans le domaine des transports », CEMT, atelier tenu à Paris, 27-28 septembre.

RU-RAE (2005), « Transport 2050: The Route to Sustainable Wealth Creation ».

Tardieu, P. (2005), « Validation of European Transport Demand Forecasting Models and Scenarios », exposé AEN, février.

TD-Bank (2005), « Global Economic Outlook », Lettre d'information, septembre.

Tsamboulas, D. (nd), « Trends in Road Transport – Passenger, Freight », exposé WP3.

Zhongyuan, S. et al. (2002), « Outlook for China's Motorization and Energy Consumption », IEEJ, mars.

ANNEXE 4.A1

Acronymes – Définitions

Terme ou acronyme	Définition
ε	Élasticité
%Δ	Variation en pourcentage
AIE	Agence internationale de l'énergie
CEMT	Conférence européenne des ministres des Transports
CIA	Central Intelligence Agency (US)
FRI	Fédération Routière Internationale
GES	Gaz à effet de serre
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
ONU	Organisation des Nations Unies
PIB	Produit intérieur brut
PIB/hab.	Produit intérieur brut par habitant
RTE-T	Projets du Réseau transeuropéen de transports
TIC	Technologies de l'information et de la communication
UE	Union européenne
véh.-km	véhicule-kilomètre
voy.-km	voyageur-kilomètre
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

ANNEXE 4.A2

*Sources des données et modèle***A. Déterminants socio-économiques**

Population : Les chiffres de population de l'année de référence (2004) sont de la CIA (2005); tandis que les taux de croissance pour 2000-30 sont des Nations Unies (2004) – scénario moyen.

Production : Les chiffres du PIB et du PIB/hab. de l'année de référence (2004) sont de la CIA (2005); tandis que les taux de croissance pour 2000-30 sont de la Banque mondiale (2005), avec certains ajustements de ces derniers afin que :

- Les taux de croissance de 2000 à 2006 puissent être utilisés pour la période 2004 à 2010; et que ceux de 2006 à 2015 puissent l'être pour les périodes 2010-20 et 2020-30 .
- Les données (désagrégées) de certaines régions puissent être ajustées pour respecter le regroupement par région des taux de croissance.
- Les taux de croissance du PIB/hab. pour la période 2000-30 puissent être calculés en accord avec les prévisions démographiques des Nations Unies.

B. Variables concernant les routes

Véhicules : Le parc de véhicules routiers de l'année de référence (2000 en général) provient de la FRI; certaines « valeurs manquantes » sont estimées à partir du taux de motorisation pour 100 habitants, lui-même estimé sur la base du PIB/hab. Les chiffres régionaux du taux de motorisation ont ensuite été calculés.

Pour estimer le taux de motorisation par pays, une fonction simplifiée de la relation (essentiellement logarithmique) entre taux de motorisation et PIB/hab. a été utilisée, de sorte que :

Taux de motorisation = fonction (PIB/hab.) de sorte que :

- (pour PIB/hab. < 5 000 USD) : = 1.00 * (PIB/hab./1 000)

- (pour 5 000 USD < PIB/hab. < 10 000 USD) : = $[3 - (10\,000/\text{PIB/hab.})] * (\text{PIB/hab./1\,000})$
- (pour 10 000 USD < PIB/hab.) : = $2.00 * (\text{PIB/hab./1\,000})$

Pour le taux de croissance du taux de motorisation de 2000 à 2030, la relation ci-dessus et l'estimation de croissance du PIB/hab. (dérivée des prévisions de la Banque mondiale et des Nations Unies concernant le PIB et la population) ont été exploitées avec des facteurs d'ajustement particuliers pour chaque région afin de permettre la « convergence » vers le taux de motorisation attendu en 2030 dans les pays en développement; et le chiffre plus élevé du taux de motorisation des pays industrialisés a été plafonné.

Distance parcourue (véh.-km) : La distance parcourue de l'année de référence (2000 en général) provient de la FRI (2003) – et repose sur le parc de véhicules et la distance annuelle moyenne par véhicule; les « valeurs manquantes » ont été approchées sur la base des pays connus pour leur similitude, et à défaut, estimés par approximation. On a ensuite calculé les résultats régionaux pour la distance parcourue (véh.-km) et la distance annuelle moyenne par véhicule.

Les niveaux futurs de distance annuelle moyenne par véhicule pour 2010, 2020 et 2030 ont été établis sur une hypothèse de « convergence » sur le long terme vers une cible de distance annuelle moyenne par véhicule de 15 000 km telle que, parmi les pays ou régions industrialisés, on constaterait une convergence entre pays avoisinant les valeurs moyennes actuelles de distance annuelle moyenne par véhicule, et qu'il y aurait une baisse de distance annuelle moyenne par véhicule sur le long terme chez (presque tous) les « cinq grands » et les pays en développement au fur et à mesure que le taux de véhicule par habitant augmenterait et que les bus ayant une importante distance annuelle moyenne par véhicule seraient (relativement) remplacés par des véhicules privés ayant une plus faible distance annuelle moyenne par véhicule.

Autoroutes (voy.-km) : Les chiffres de référence (2000 en général) proviennent de la CIA (2005) et de la FRI (2003).

Stocks de routes revêtues (en milliards USD) : Pour l'année de référence, les stocks de routes revêtues sont estimés à partir des statistiques d'autoroutes (voy.-km) et d'une estimation de la valeur des équipements par voy.-km. Cette dernière repose sur deux observations empiriques : la première, (Heggie-Vickers, 1998), est que la valeur des équipements par voy.-km dans 13 pays en développement est d'environ 0.2 million USD; la seconde (Munell, 1993), est que la valeur des équipements routiers des États-Unis étaient d'environ 13 % du PIB en 1990; on peut donc déduire à partir de ces valeurs de référence que la valeur des équipements par voy.-km est d'environ 0.4 million USD. La « qualité » des routes revêtues augmenterait donc également avec l'élévation

du PIB/hab. Afin de permettre une transition entre ces deux niveaux, on suppose dans le calcul de base des actifs d'équipements routiers que :

valeur d'équipements par voy.-km = fonction (PIB/hab.) telle que :

- (pour PIB/hab. < 5 000 USD) : = 0.2
- (pour 5 000 USD < PIB/hab. < 10 000 USD) : = 0.2 + {[(PIB/hab. - 5 000)/1000] * 0.04}
- (pour 10 000 USD < PIB/hab.) : = 0.4

Le ratio équipements routiers-PIB est extrêmement important; ainsi, (Munnell, 1993, etc.) indique que ce ratio décroît avec le temps pour les pays industrialisés à revenu élevé, mais semble devoir s'accroître dans les pays en développement (Canning-Padroni, 1999), car les faits indiquent une élasticité positive des actifs d'équipements routiers par rapport au PIB/hab. En effet, trois relations sont utilisées pour estimer les niveaux futurs des équipements routiers :

- Étape 1 : le niveau des équipements routiers s'élève de pair avec le PIB/hab. ;
- Étape 2 : la qualité de la valeur des équipements par voy.-km croît avec le PIB/hab. (comme précédemment); et
- Étape 3 : on constate une convergence à long terme du rapport entre les équipements routiers et le PIB.

Initialement, les estimations empiriques ne reposaient que sur les deux premières étapes. Ceci engendrait généralement un glissement à la baisse du ratio du stock de routes revêtues au PIB dans les pays industrialisés, mais ne produisait pas de hausse remarquable de ce rapport pour les « cinq grands » et les pays en développement. La raison de cette rationalisation *ex post* était que les effets de l'élasticité (Étape 1) reposent sur l'hypothèse implicite selon laquelle le niveau de référence des stocks de routes revêtues est dans une certaine mesure « optimal » – alors que dans la plupart des cas il est notoirement inférieur à la valeur optimale (cf. Canning-Pedroni, 1999; ainsi que les constatations empiriques). Ainsi, il est nécessaire de réduire une part du « fossé infrastructurel » en élevant progressivement le ratio du stock de routes revêtues au PIB avec le temps pour les « cinq grands » et les pays en développement.

Étape 1 : Application de l'élasticité du stock de routes revêtues par rapport au PIB :

On suppose, en se basant sur une synthèse des estimations et de la méthode à deux niveaux de calcul de Fay-Yepes (2003), que l'élasticité du stock de routes revêtues par rapport au PIB (ξ_{pr}) est :

- ξ_{pr} = fonction (PIB/hab.) de sorte que :

- (pour PIB/hab. < 5 000 USD) : = 0.15
- (pour 5 000 USD < PIB/hab. < 10 000 USD) : = 0.15 + {[(PIB/hab. - 5 000)/1000] * 0.02}
- (pour 10 000 USD < PIB/hab.) : = 0.25

Les prévisions du stock de routes revêtues s'obtiennent alors par application directe de l'égalité suivante : $\% \Delta$ -stock de routes revêtues = $\xi_{pr} * \% \Delta$ -PIB/hab.; cette dernière valeur provenant du PIB et de la croissance démographique estimés par l'auteur – de sorte que :

Stock de routes revêtues_t¹ = stock de routes revêtues_{t-10} * [(1 + $\% \Delta$ -stock de routes revêtues)¹⁰] (pour t = 2010, 2020, 2030)

Étape 2 : Application d'un accroissement net des équipements par voyageur-kilomètre liée à la hausse du PIB/hab. :

L'estimation du stock de routes revêtues_t¹ de l'étape 1 est transformée en unités de voyageurs-kilomètres sur la base de la valeur initiale des équipements par voyageur-kilomètre, après quoi cette valeur est multipliée par la valeur actuelle des équipements par voyageur-kilomètre (qui peut avoir augmenté en même temps que le PIB) – dont l'estimation découle de la fonction par étapes abordée précédemment pour le stock de routes revêtues.

Stock de routes revêtues_t² = stock de routes revêtues_t¹ * facteur (selon la fonction par étapes)

Il est à noter que ceci a un effet relativement faible dans les pays dont le PIB/hab. n'augmente que de 5 000 à 10 000 USD.

Étape 3: Application de la convergence au ratio du stock de routes revêtues au PIB :

Pour les pays et régions industrialisés auxquels ce modèle s'applique, le ratio moyen du stock de routes revêtues au PIB est de 0.127 (en 2000) – avec une amplitude allant de 0.039 (Allemagne) à 0.276 (Europe hors OCDE et Asie centrale). Comme cela a déjà été noté, on constate une tendance régulière à la baisse pour la plupart des pays industrialisés (par exemple, USA, Europe des 12 dans son ensemble), et on s'accorde à reconnaître que le niveau actuel des infrastructures de routes revêtues dans la majorité des « cinq grands » et des pays en développement est insuffisant (inférieur au niveau optimal). Pour l'ensemble des « cinq grands » et des pays ou régions en développement, le ratio moyen du stock de routes revêtues au PIB est de 0.046 (en 2000) – avec des valeurs allant de 0.012 (Chine) à 0.138 (pays en développement de l'Europe et de l'Asie centrale)¹.

On peut donc supposer que la limite inférieure du ratio du stock de routes revêtues au PIB est de l'ordre de 0.050 (bien que l'éventuel « point de

convergence » à long terme puisse en fait être un peu supérieur). Les pays dont le ratio du stock de routes revêtues au PIB descend sous la barre de 0.050 seront confrontés à une volonté (ou à un désir) de combler le fossé entre le niveau actuel de leur ratio et la limite inférieure de ce ratio. Cependant, la suppression de ce « fossé infrastructurel » peut très bien s'étendre sur toute la période de 30 ans (voire sur une plus longue période encore dans la majorité des pays ou des régions). On détermine les « facteurs de rattrapage » comme suit :

- Pour la période 2000-10 : pour les pays ou régions comportant un fossé infrastructurel, on s'attend à ce que 33 % du déficit en stock de routes revêtues constaté en 2000 (étalé sur 10 ans) soit rattrapé pendant cette première décennie.
- Pour la période 2010-20 : pour les pays ou régions comportant un fossé infrastructurel, on s'attend à ce que 66 % du déficit en stock de routes revêtues constaté en 2010 (étalé sur 10 ans) soit rattrapé pendant cette deuxième décennie.
- Pour la période 2020-30 : pour les pays ou régions comportant un fossé infrastructurel, on s'attend à ce que 100 % du déficit en stock de routes revêtues constaté en 2020 (étalé sur 10 ans) soit rattrapé pendant cette troisième décennie.

Comme on suppose que le « fossé infrastructurel » étalé sur 10 ans sera comblé, aucun des « cinq grands » ni des régions ou pays en développement comportant un « fossé infrastructurel » en 2000 n'atteindra en réalité le ratio de 0.050 du stock de routes revêtues au PIB en 2030. En fait, même selon l'approche de « convergence » (Étape 3), le ratio moyen du stock de routes revêtues au PIB des « cinq grands » et des pays en développement globalement **tombera en réalité** de 0.046 (en 2000) à 0.038 (en 2030). Il apparaît clairement qu'on a permis la mise en place d'un processus de convergence à très long terme.

Stock de routes revêtues_t³ = stock de routes revêtues_t² + « Facteur de rattrapage » (tel que décrit ci-dessus)

L'effet des facteurs « de rattrapage » est plus significatif pour la Chine, le Brésil et les pays en développement de la région Asie-Pacifique.

Nouvelles constructions (milliards USD) : Les chiffres des nouvelles constructions de l'année de référence (dont on suppose qu'ils concernent les routes revêtues) proviennent de la FRI (2003) avec des « valeurs manquantes » estimées à partir de données de pays reconnus « équivalents » ou à défaut « estimées par approximation »².

Le niveau futur des nouvelles constructions pour les périodes 2010, 2020 et 2030 a été déterminé à partir de prévisions des valeurs de stock de routes revêtues, établies à partir des deux éléments suivants :

- La valeur annualisée de la croissance de valeur d'équipements routiers (Δ -stock de routes revêtues) au cours de la décennie.
- Le financement du remplacement qu'il a fallu pour maintenir la valeur du stock de routes revêtues depuis 10 ans.

Élément 1 : Croissance du stock de routes revêtues

Les nouvelles constructions annuelles représentent simplement $1/10^e$ de l'augmentation de la valeur du stock de routes revêtues pendant la décennie.

$NC_t^1 = (\text{stock de routes revêtues}_t - \text{stock de routes revêtues}_{t-10})/10$ (pour $t = 2010, 2020, 2030$)

Élément 2 : Financement du remplacement du stock de routes revêtues amorti

Du point de vue comptable, s'agissant du coût du capital, la durée de vie des équipements routiers est estimée à environ 30 ans. Cela signifie que chaque année (en état stable sans accroissement des actifs) environ $1/30^e$ de la valeur des équipements doit être remplacée. Comme on ne souhaite pas construire un modèle complexe d'amortissement des équipements, on applique un taux d'amortissement de $1/30^e$ au stock de routes revêtues étalé sur 10 ans.

$NC_t^2 = (\text{stock de routes revêtues}_{t-10})/30$ (pour $t = 2010, 2020, 2030$)

La valeur annuelle totale des nouvelles constructions est la somme des deux éléments ci-dessous :

$$\begin{aligned} NC_t &= NC_t^1 + NC_t^2 \\ &= [(\text{stock de routes revêtues}_t - \text{stock de routes revêtues}_{t-10})/10] + [(\text{stock de routes revêtues}_{t-10})/30] \\ &= [(\text{stock de routes revêtues}_t - (2/3 * \text{stock de routes revêtues}_{t-10}))/10] \text{ (pour } t = 2010, 2020, 2030) \end{aligned}$$

Il faut noter que les équipements de remplacement constituent de loin la partie la plus importante des deux, soit 81 % des nouvelles constructions de 2010, et 72 % en 2030 (c'est à dire 3 à 4 fois plus que les nouvelles constructions qui représentent un accroissement net de la valeur de stocks de routes revêtues).

C. Variables ferroviaires

Voies ferrées (en kilomètres de voie) : les données de longueur des réseaux ferrés de l'année de référence (en général 2000) émanent de la CIA (2005).

Équipements ferroviaires (milliards USD) : Les équipements ferroviaires de l'année de référence sont estimés sur la base de la longueur des réseaux ferroviaires (en kilomètres de voie) sur l'estimation de la valeur des actifs par km. Ce dernier chiffre est établi sur la base de nombreuses sources discrètes et varie entre un plafond de 3.33 millions USD par km au Japon et un plancher estimé de 0.25 million USD par km dans les pays en développement – avec une valeur basse mesurée à 0.31 million USD par km au Canada³.

Pour les voies ferrées, le même « modèle » que pour les routes a été utilisé – avec différents paramètres (ayant trait principalement à la valeur des actifs par kilomètre de voie) à la fois pour anticiper l'amélioration de la qualité des infrastructures dans le temps et (ce qui est plus important) pour rehausser le niveaux des nouvelles constructions ferroviaires afin de les rendre plus en accord avec les intentions de dépenses publiées pour les chemins de fer de Chine⁴ et des pays de l'OCDE (lignes à grande vitesse des projets RTE-T)⁵.

Nouvelles constructions ferroviaires (milliards USD) : Les nouvelles constructions de voies ferrées de référence sont estimées sur une base proportionnelle d'actifs ferroviaires. Ces proportions ont été établies à partir d'estimations provenant des mêmes sources ferroviaires discrètes, et varient entre un plafond de 8.9 % en Italie et un plancher estimé de 2.5 % dans les pays en développement – avec une valeur inférieure mesurée à 4.0 % au Japon⁶.

Les niveaux futurs des nouvelles constructions pour 2010, 2020 et 2030 ont été déterminés à partir des données prévisionnelles des équipements ferroviaires sur la base des deux mêmes éléments et de la même méthodologie que pour les routes.

Notes

1. Les niveaux (relativement) élevés du ratio du stock de routes revêtues au PIB pour les régions industrialisées et en développement d'Europe et d'Asie centrale sont supposés (par hypothèse) résulter des pratiques de la planification centrale communiste – que n'ont pas partagées la Chine et la Corée du Nord.
2. Le processus d'estimation des nouvelles constructions de l'année de référence est quelque peu complexe et n'a pas d'effet sur les estimations prévisionnelles. Il n'est utilisé que comme élément de comparaison. En termes généraux, le niveau estimé de dépenses de maintenance sur les routes a été établi à partir d'une valeur connue (ou supposée) (allant de 2 000 à 10 000 USD en fonction du PIB/hab.) multipliée par le nombre de voyageurs-km. Le pourcentage des dépenses routières affectées aux nouvelles constructions (% de nouvelles constructions) était ensuite soit connu soit estimé (en fonction du taux de croissance et du PIB/hab., à l'intérieur d'une fourchette allant de 20 % à 60 %).

3. Les données concernaient initialement les réseaux de chemins de fer de certains pays. Elles provenaient des rapports annuels : longueur en km et valeur nette des voies-bâtiments-équipements (matériel roulant exclu). Réseaux ferroviaires concernés : Queensland Rail (Australie), BNSF (États-Unis), JR-East (Japon), Network Rail (Royaume-Uni), FS/RFI (Italie), CN/CP (Canada), DB (Allemagne).
4. *Globe and Mail* (2 novembre 2005) « Chinese railways plan to sell shares » (communiqué AP), où l'on rapporte une dépense programmée de 61 milliards USD de 2006 à 2010, que le présent modèle a traité comme une planification budgétaire de 10 milliards USD par an sur une période de 20 ans (2000-2020), avec une répartition à peu près égale entre les deux décennies.
5. UE (2003), le tableau 3 p. 390 montre que les projets prioritaires RTE-T mobilisent un montant de 130 milliards d'euros pour les projets ferroviaires pour 20 ans, que l'on a pris en compte à raison de 7.7 milliards USD par an. Cependant, il existe des investissements en infrastructures ferroviaires en dehors des projets RTE-T, et les données pour l'Italie (FS/RFI) suggèrent que les lignes à haute vitesse pourraient ne représenter que 50 % des dépenses. Par conséquent, on estime effectivement que les dépenses des pays européens de l'OCDE seront d'environ 15 milliards USD par an pour la totalité de la période 2000-2030.
6. Il faut davantage considérer le faible taux d'investissement du Japon comme le reflet des valeurs très élevées des équipements ferroviaires japonais par kilomètre de voie que comme un indice de sous-investissement.

ANNEXE 4.A3

Hypothèses de croissance économique

Perspectives économiques mondiales Hypothèses de croissance	A	B	Selon la Banque mondiale			F	G
			C	D	E		
	2004 Valeur du PIB (milliards USD)	2004 PIB par habitant (USD)	2000-10 Croissance du PIB (%)	2010-20 Croissance du PIB (%)	2020-30 Croissance du PIB (%)	2030 PIB par habitant (USD)	2030 Valeur du PIB (milliards USD)
RÉGIONS DU MONDE							
1. À revenu élevé/industrialisées	35 023	24 964	2.28	2.14	2.16	38 631	61 325
a) G-7	24 008	33 457	2.21	2.09	2.12	52 489	41 551
États-Unis	11 750	40 100	2.69	2.55	2.55	62 988	22 799
Japon	3 745	29 400	1.75	1.61	1.61	46 751	5 720
Allemagne	2 362	28 700	1.48	1.34	1.34	41 378	3 369
Royaume-Uni	1 782	29 600	1.75	1.61	1.61	41 379	2 722
France	1 737	28 700	1.81	1.67	1.67	41 959	2 697
Italie	1 609	27 700	1.52	1.38	1.38	41 658	2 317
Canada	1 023	31 500	2.57	2.43	2.43	47 932	1 927
b) Autres pays de l'OCDE	7 648	16 998	2.40	2.20	2.20	26 736	13 629
Europe et Asie centrale	5 009	18 484	2.30	2.10	2.10	29 514	8 703
Asie de l'Est et Pacifique	1 633	22 451	2.65	2.20	2.28	37 044	2 975
Amérique du Nord (Mexique)	1 006	9 600	2.50	2.70	2.50	14 488	1 950
OCDE Pays industrialisés	31 656	27 114	2.26	2.12	2.14	42 401	55 180
c) Hors OCDE	3 367	14 302	2.49	2.29	2.29	21 480	6 145
Asie de l'Est et Pacifique	1 186	19 905	2.69	2.49	2.29	28 917	2 232
Europe et Asie centrale	236	12 222	1.79	1.09	1.49	20 118	339
Amérique latine et Caraïbes	851	12 223	2.69	2.19	2.29	18 640	1 555
Moyen-Orient et Afrique	574	14 406	2.69	3.49	2.89	19 138	1 262
Asie du Sud	16	12 764	2.29	2.09	2.29	19 760	28
Afrique subsaharienne	507	11 015	1.79	0.99	1.69	17 822	736

4. PRINCIPAUX DÉTERMINANTS DE LA DEMANDE FUTURE EN INFRASTRUCTURES...

Perspectives économiques mondiales Hypothèses de croissance	A	B	Selon la Banque mondiale			F	G
			C	D	E		
	2004 Valeur du PIB (milliards USD)	2004 PIB par habitant (USD)	2000-10 Croissance du PIB (%)	2010-20 Croissance du PIB (%)	2020-30 Croissance du PIB (%)	2030 PIB par habitant (USD)	2030 Valeur du PIB (milliards USD)
2. Cinq grands	14 308	4 837	4.64	3.99	4.07	10 677	41 393
Chine	7 262	5 600	5.44	4.83	4.83	15 879	25 631
Inde	3 319	3 100	4.17	3.26	3.26	5 117	8 058
Brésil	1 492	8 100	3.78	2.92	2.92	11 850	3 315
Russie	1 408	9 800	3.44	2.41	2.41	22 251	2 777
Indonésie	827	3 500	2.74	2.56	2.56	5 205	1 613
3. En développement	6 252	3 001	3.69	2.95	2.99	4 990	13 957
Asie de l'Est et Pacifique	1 283	4 445	4.49	3.74	3.74	10 314	3 478
Europe et Asie centrale	971	4 005	5.07	3.17	3.17	8 299	2 439
Amérique latine et Caraïbes	954	4 878	2.45	1.97	1.97	6 757	1 629
Moyen-Orient et Afrique du Nord	1 642	3 521	3.05	2.47	2.47	4 895	3 201
Asie du Sud	780	2 104	4.12	3.43	3.43	3 977	1 951
Afrique subsaharienne	622	1 197	2.73	2.75	2.75	1 606	1 259
MONDE ENTIER	55 583	8 625	3.07	2.78	2.89	14 093	116 675

ANNEXE 4.A4

Prévisions du parc de véhicules routiers et du taux de motorisation

	A	B	C	D	E	F	G	H
Perspectives routières mondiales et taux de motorisation	2000 Parc total de véhicules routiers (millions)	2000 Distance annuelle parcourue (milliards de km)	2000 Nombre de véhicules routiers pour 100 habitants	2010 Nombre de véhicules routiers pour 100 habitants	2020 Nombre de véhicules routiers pour 100 habitants	2030 Nombre de véhicules routiers pour 100 habitants	2030 Distance annuelle parcourue (milliards de km)	2030 Parc total de véhicules routiers (millions)
RÉGIONS DU MONDE								
1. À revenu élevé/industrialisées	652.1	11 240	46.5	50.4	58.0	67.3	18 769	1 067.6
a) G-7	466.0	7 673	64.9	69.0	76.4	84.6	11 455	670.0
États-Unis	230.4	4 391	77.9	82.5	90.8	100.2	6 875	362.5
Japon	74.0	786	58.1	61.4	67.7	74.7	1 089	91.4
Allemagne	46.8	648	56.8	60.2	66.3	73.1	899	59.6
Royaume-Uni	26.0	518	42.9	45.3	49.9	55.0	705	36.2
France	35.4	527	58.3	61.7	68.0	75.0	753	48.2
Italie	35.2	525	60.7	64.3	70.8	78.2	691	43.5
Canada	18.3	278	55.7	58.7	64.5	71.2	443	28.6
b) Autres pays de l'OCDE	141.4	2 649	31.4	35.1	43.0	53.5	5 029	272.8
Europe et Asie centrale	94.3	1 705	34.8	38.7	47.5	59.1	3 154	174.2
Asie de l'Est et Pacifique	28.7	587	39.5	45.7	57.5	74.0	1 136	59.5
Amérique du Nord (Mexique)	18.5	358	17.4	19.4	23.7	29.0	739	39.1
OCDE Pays industrialisés	607.5	10 323	52.0	55.8	63.3	72.4	16 484	942.8
c) Hors OCDE	44.7	917	19.0	24.1	32.6	43.6	2 285	124.8
Asie de l'Est et Pacifique	13.5	235	22.6	30.1	42.5	57.8	730	44.6
Europe et Asie centrale	7.1	82	36.9	40.7	45.2	51.7	116	8.7
Amérique latine et Caraïbes	10.9	270	15.7	20.1	27.3	37.2	608	31.0
Moyen-Orient et Afrique	6.3	144	15.9	20.8	29.2	38.3	490	25.2
Asie du Sud	0.1	2	11.5	15.6	24.6	39.5	8	0.6
Afrique subsaharienne	6.7	184	14.5	18.9	25.2	35.6	332	14.7

4. PRINCIPAUX DÉTERMINANTS DE LA DEMANDE FUTURE EN INFRASTRUCTURES...

	A	B	C	D	E	F	G	H
Perspectives routières mondiales et taux de motorisation	2000 Parc total de véhicules routiers (millions)	2000 Distance annuelle parcourue (milliards de km)	2000 Nombre de véhicules routiers pour 100 habitants	2010 Nombre de véhicules routiers pour 100 habitants	2020 Nombre de véhicules routiers pour 100 habitants	2030 Nombre de véhicules routiers pour 100 habitants	2030 Distance annuelle parcourue (milliards de km)	2030 Parc total de véhicules routiers (millions)
2. Cinq grands	85.1	2 322	2.9	4.2	8.8	14.6	13 677	566.8
Chine	16.5	880	1.3	2.9	10.6	21.3	8 595	343.7
Inde	9.3	322	0.9	1.7	3.7	5.3	2 470	84.0
Brésil	29.0	518	15.6	17.6	20.9	23.7	1 213	66.2
Russie	25.4	489	17.7	21.6	30.8	44.4	1 012	55.5
Indonésie	5.0	112	2.1	2.6	3.8	5.6	388	17.4
3. En développement	103.2	2 517	5.0	5.4	6.7	8.3	5 186	231.9
Asie de l'Est et Pacifique	22.4	499	7.8	9.2	14.2	20.6	1 343	69.6
Europe et Asie centrale	22.7	622	9.4	10.0	11.1	14.9	1 090	43.8
Amérique latine et Caraïbes	11.3	271	5.8	6.5	8.1	10.3	573	24.8
Moyen-Orient et Afrique du Nord	30.5	683	6.5	6.9	7.7	8.5	1 238	55.4
Asie du Sud	2.7	65	0.7	1.0	2.2	2.4	278	11.8
Afrique subsaharienne	13.5	377	2.8	2.8	3.1	3.4	664	26.6
MONDE ENTIER	840.4	16 079	13.1	14.4	18.0	22.5	37 632	1 866.3

ANNEXE 4.A5

Prévisions de l'utilisation des routes

Perspectives économiques mondiales Utilisation des routes	A	B	C	D	E	F	G	H
	2000 Utilisation des routes – densité économique (millions de véh.-km par milliard USD)	2000 Distance annuelle par véhicule (km)	2000 Distance annuelle parcourue (milliards de véh.-km)	2010 Distance annuelle parcourue (milliards de véh.-km)	2020 Distance annuelle parcourue (milliards de véh.-km)	2030 Distance annuelle parcourue (milliards de véh.-km)	2030 Distance annuelle par véhicule (km)	2030 Utilisation des routes – densité économique (millions de véh.-km par milliard USD)
RÉGIONS DU MONDE								
1. À revenu élevé/industrialisées	321	17 236	11 240	12 763	15 431	18 769	17 580	306
a) G-7	320	16 465	7 673	8 457	9 756	11 455	17 096	276
États-Unis	374	19 056	4 391	4 873	5 720	6 875	18 963	302
Japon	210	10 625	786	865	965	1 089	11 911	190
Allemagne	274	13 854	648	712	801	899	15 097	267
Royaume-Uni	291	19 960	518	554	624	705	19 481	259
France	303	14 909	527	579	657	753	15 612	279
Italie	326	14 902	525	566	623	691	15 888	298
Canada	271	15 198	278	307	365	443	15 484	230
b) Autres pays de l'OCDE	346	18 736	2 649	3 101	3 978	5 029	18 437	369
Europe et Asie centrale	340	18 082	1 705	1 978	2 518	3 154	18 104	362
Asie de l'Est et Pacifique	360	20 488	587	695	891	1 136	19 103	382
Amérique du Nord (Mexique)	356	19 351	358	428	569	739	18 904	379
OCDE Pays industrialisés	326	16 994	10 323	11 558	13 734	16 484	17 484	299
c) Hors OCDE	272	20 529	917	1 205	1 697	2 285	18 304	372
Asie de l'Est et Pacifique	198	17 410	235	334	510	730	16 379	327
Europe et Asie centrale	346	11 462	82	94	104	116	13 269	341
Amérique latine et Caraïbes	318	24 719	270	345	476	608	19 585	391
Moyen-Orient et Afrique	251	22 765	144	204	333	490	19 417	389
Asie du Sud	148	16 520	2	3	5	8	15 125	302
Afrique subsaharienne	363	27 614	184	224	269	332	22 634	452

4. PRINCIPAUX DÉTERMINANTS DE LA DEMANDE FUTURE EN INFRASTRUCTURES...

	A	B	C	D	E	F	G	H
Perspectives économiques mondiales Utilisation des routes	2000 Utilisation des routes – densité économique (millions de véh.-km par milliard USD)	2000 Distance annuelle par véhicule (km)	2000 Distance annuelle parcourue (milliards de véh.-km)	2010 Distance annuelle parcourue (milliards de véh.-km)	2020 Distance annuelle parcourue (milliards de véh.-km)	2030 Distance annuelle parcourue (milliards de véh.-km)	2030 Distance annuelle par véhicule (km)	2030 Utilisation des routes – densité économique (millions de véh.-km par milliard USD)
2. Cinq grands	162	27 275	2 322	3 808	8 226	13 677	24 131	330
Chine	121	53 393	880	1 722	4 709	8 595	25 004	335
Inde	97	34 691	322	687	1 560	2 470	29 397	307
Brésil	348	17 894	518	673	942	1 213	18 321	366
Russie	347	19 262	489	576	766	1 012	18 248	364
Indonésie	135	22 444	112	150	249	388	22 285	240
3. En développement	403	24 210	2 517	2 966	3 974	5 186	22 363	372
Asie de l'Est et Pacifique	389	22 227	499	621	936	1 343	19 313	386
Europe et Asie centrale	641	27 368	622	704	843	1 090	24 885	447
Amérique latine et Caraïbes	284	24 089	271	327	439	573	23 152	352
Moyen-Orient et Afrique du Nord	416	22 411	683	796	1 002	1 238	22 324	387
Asie du Sud	83	23 684	65	94	231	278	23 606	143
Afrique subsaharienne	606	26 334	377	424	523	664	24 985	527
MONDE ENTIER	289	19 114	16 079	19 537	27 631	37 632	20 164	323

ANNEXE 4.A6

Prévisions de constructions routières

	A	B	C	D	E	F	G	H
Perspectives de constructions routières mondiales Résultats comparés	2000 Valeur des équipements (milliards USD)	2000 Stock de routes revêtues en % du PIB	2000 Nouvelles constructions (milliards USD)	2000-10 Nouvelles construc- tions par an (milliards USD)	2010-20 Nouvelles construc- tions par an (milliards USD)	2020-30 Nouvelles construc- tions par an (milliards USD)	2030 Stock de routes revêtues en % du PIB	2030 Valeur des équipements (milliards USD)
RÉGIONS DU MONDE								
1. À revenu élevé/industrialisées	4 436.5	12.7	100.4	168.0	176.6	191.2	8.4	5 150.2
a) G-7	3 030.9	12.6	81.5	113.6	119.2	126.4	8.3	3 462.0
États-Unis	1 672.0	14.2	52.6	62.4	65.6	69.3	8.3	1 902.8
Japon	361.3	9.6	6.1	13.5	14.2	15.1	7.2	412.8
Allemagne	92.3	3.9	2.3	4.3	4.6	5.8	4.0	134.6
Royaume-Uni	157.2	8.8	4.3	5.8	6.0	6.1	6.4	173.3
France	357.2	20.6	8.9	13.2	13.7	14.3	14.8	398.5
Italie	191.9	11.9	2.9	7.1	7.4	7.8	9.3	215.7
Canada	198.9	19.4	4.5	7.4	7.7	8.1	11.6	224.3
b) Autres pays de l'OCDE	1 194.3	15.6	17.2	45.8	47.9	51.7	10.2	1 393.4
Europe et Asie centrale	976.8	19.5	13.7	37.0	38.6	40.7	12.9	1 118.6
Asie de l'Est et Pacifique	176.0	10.8	2.3	6.8	7.0	7.5	6.8	203.8
Amérique du Nord (Mexique)	41.5	4.1	1.2	2.0	2.2	3.5	3.6	71.0
OCDE Pays industrialisés	4 225.2	13.3	98.7	159.4	167.1	178.1	8.8	4 855.4
c) Hors OCDE	211.3	6.3	1.7	8.6	9.5	13.1	4.8	294.8
Asie de l'Est et Pacifique	38.9	3.3	0.5	2.1	2.5	3.8	3.4	75.7
Europe et Asie centrale	65.0	27.6	0.4	2.5	2.6	2.8	22.2	75.3
Amérique latine et Caraïbes	50.6	6.0	0.3	1.9	2.0	2.8	4.1	64.4
Moyen-Orient et Afrique	30.8	5.4	0.4	1.1	1.3	2.4	3.7	46.7
Asie du Sud	0.8	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	1.1
Afrique subsaharienne	25.3	5.0	0.2	1.0	1.1	1.3	4.3	31.7

4. PRINCIPAUX DÉTERMINANTS DE LA DEMANDE FUTURE EN INFRASTRUCTURES...

	A	B	C	D	E	F	G	H
Perspectives de constructions routières mondiales Résultats comparés	2000 Valeur des équipements (milliards USD)	2000 Stock de routes revêtues en % du PIB	2000 Nouvelles constructions (milliards USD)	2000-10 Nouvelles constructions par an (milliards USD)	2010-20 Nouvelles constructions par an (milliards USD)	2020-30 Nouvelles constructions par an (milliards USD)	2030 Stock de routes revêtues en % du PIB	2030 Valeur des équipements (milliards USD)
2. Cinq grands	582.7	4.1	9.3	36.6	46.6	64.7	3.1	1 293.2
Chine	88.6	1.2	2.4	15.2	23.8	37.8	2.5	630.6
Inde	289.7	8.7	6.2	10.6	10.8	11.9	4.0	324.1
Brésil	30.7	2.1	0.3	2.9	3.7	5.0	2.9	96.9
Russie	142.0	10.1	0.3	6.5	6.5	7.1	6.7	185.4
Indonésie	31.7	3.8	0.2	1.4	1.8	2.8	3.5	56.3
3. En développement	353.2	5.7	5.0	15.7	22.0	36.4	4.9	685.2
Asie de l'Est et Pacifique	28.1	2.2	0.4	2.6	4.3	6.8	3.3	116.5
Europe et Asie centrale	133.8	13.8	2.0	5.5	9.4	13.4	10.7	260.4
Amérique latine et Caraïbes	33.3	3.5	0.9	1.9	1.9	3.9	4.3	69.4
Moyen-Orient et Afrique du Nord	81.4	5.0	0.4	2.9	3.4	6.3	3.8	122.3
Asie du Sud	37.5	4.8	1.2	1.5	1.7	3.9	3.5	67.8
Afrique subsaharienne	39.2	6.3	0.1	1.4	1.4	2.2	3.9	48.8
MONDE ENTIER	5 372.5	9.7	114.8	220.3	245.2	292.3	6.1	7 128.6

ANNEXE 4.A7

Prévisions de constructions ferroviaires

	A	B	C	D	E	F	G	H
Perspectives de constructions ferroviaires mondiales Résultats comparés	2000 Valeur des équipements (milliards USD)	2000 Réseau ferré existant en % du PIB	2000 Nouvelles constructions (milliards USD)	2000-10 Nouvelles construc- tions par an (milliards USD)	2010-20 Nouvelles construc- tions par an (milliards USD)	2020-30 Nouvelles construc- tions par an (milliards USD)	2030 Réseau ferré existant en % du PIB	2030 Valeur des équipements (milliards USD)
RÉGIONS DU MONDE								
1. À revenu élevé/industrialisées	468.5	1.3	27.7	33.3	36.8	36.8	1.5	900.8
a) G-7	329.7	1.4	21.3	20.8	23.3	23.8	1.4	583.2
États-Unis	93.4	0.8	5.6	5.2	6.3	8.8	0.8	180.8
Japon	78.5	2.1	3.1	3.2	3.4	3.7	1.7	97.8
Allemagne	43.8	1.9	3.6	4.0	4.5	3.5	2.8	95.9
Royaume-Uni	24.8	1.4	2.0	1.8	2.0	1.6	1.6	44.9
France	28.0	1.6	2.1	2.6	2.9	2.3	2.3	61.6
Italie	46.3	2.9	4.1	2.7	3.0	2.6	3.1	72.0
Canada	14.9	1.5	0.6	1.3	1.1	1.3	1.6	30.2
b) Autres pays de l'OCDE	111.4	1.5	5.6	10.3	11.1	9.6	1.8	248.8
Europe et Asie centrale	84.0	1.7	4.4	8.2	9.2	7.2	2.2	194.1
Asie de l'Est et Pacifique	22.0	1.3	1.0	1.5	1.4	1.7	1.3	39.4
Amérique du Nord (Mexique)	5.4	0.5	0.2	0.6	0.4	0.8	0.8	15.3
OCDE Pays industrialisés	441.1	1.4	26.9	31.1	34.3	33.4	1.5	832.0
c) Hors OCDE	27.4	0.8	0.8	2.3	2.5	3.4	1.1	68.8
Asie de l'Est et Pacifique	1.6	0.1	0.0	0.4	0.4	0.7	0.6	12.5
Europe et Asie centrale	5.8	2.4	0.2	0.3	0.3	0.4	2.6	8.7
Amérique latine et Caraïbes	10.8	1.3	0.3	0.9	1.1	1.3	1.7	26.8
Moyen-Orient et Afrique	0.7	0.1	0.0	0.2	0.2	0.4	0.5	6.9
Asie du Sud	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Afrique subsaharienne	8.6	1.7	0.2	0.5	0.5	0.6	1.9	13.8

4. PRINCIPAUX DÉTERMINANTS DE LA DEMANDE FUTURE EN INFRASTRUCTURES...

	A	B	C	D	E	F	G	H
Perspectives de constructions ferroviaires mondiales Résultats comparés	2000 Valeur des équipements (milliards USD)	2000 Réseau ferré existant en % du PIB	2000 Nouvelles constructions (milliards USD)	2000-10 Nouvelles constructions par an (milliards USD)	2010-20 Nouvelles constructions par an (milliards USD)	2020-30 Nouvelles constructions par an (milliards USD)	2030 Réseau ferré existant en % du PIB	2030 Valeur des équipements (milliards USD)
2. Cinq grands	100.3	0.7	4.4	12.2	13.3	15.0	0.8	322.3
Chine	28.8	0.4	1.4	7.3	8.1	7.7	0.7	171.9
Inde	19.0	0.6	1.0	1.5	1.8	2.9	0.7	52.9
Brésil	7.4	0.5	0.2	1.0	0.7	1.3	0.7	24.3
Russie	43.6	3.1	1.7	2.1	2.3	2.6	2.3	64.1
Indonésie	1.6	0.2	0.0	0.3	0.3	0.5	0.6	9.0
3. En développement	62.6	1.0	1.9	3.5	3.4	6.3	0.9	119.7
Asie de l'Est et Pacifique	3.5	0.3	0.1	0.5	0.6	1.1	0.5	18.3
Europe et Asie centrale	30.5	3.1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.6	39.8
Amérique latine et Caraïbes	5.3	0.6	0.1	0.4	0.3	0.8	0.8	12.6
Moyen-Orient et Afrique du Nord	9.0	0.5	0.2	0.6	0.5	1.5	0.7	23.4
Asie du Sud	4.1	0.5	0.1	0.3	0.2	0.9	0.7	13.0
Afrique subsaharienne	10.3	1.6	0.3	0.4	0.4	0.5	1.0	12.6
MONDE ENTIER	631.4	1.1	34.0	49.0	53.5	58.1	1.2	1 342.8

Table des matières

Chapitre 1. Le développement des infrastructures dans le monde à l'horizon 2030 : un regard transectoriel	13
<i>par Barrie Stevens, Pierre-Alain Schieb et Michel Andrieu</i>	
1. Les avantages passés et futurs des infrastructures	15
2. Les perspectives d'évolution à plus long terme des investissements d'infrastructure : moteurs, tendances et incertitudes	18
3. Perspectives d'évolution des besoins d'investissement dans les infrastructures	28
4. Interdépendances et synergies entre infrastructures	33
5. Questions transversales et enjeux pour l'action des pouvoirs publics	34
6. Prochaines étapes	55
Bibliographie	55
Chapitre 2. L'infrastructure des télécommunications jusqu'à 2030	57
<i>par Erik Bohlin, Simon Forge et Colin Blackman</i>	
Résumé analytique	58
Introduction – le champ de l'étude	60
1. Évolutions antérieures en matière d'investissement dans l'infrastructure	69
2. Les facteurs déterminants de la demande future et de l'investissement dans l'infrastructure	79
3. Évolution projetée de la demande de télécommunications et des investissements jusqu'à 2030.	89
4. Conséquences des principaux déterminants sur les futurs investissements dans l'infrastructure	98
5. Conséquences pour les modèles économiques	128
6. Effets de substitution des télécommunications et effets secondaires	134
7. Recommandations.	155
Notes	157
Annexe 2.A1. Annexe technique : Histoire de l'infrastructure des télécommunications	163
Liste des abréviations	171

Chapitre 3. Perspectives d'évolution des investissements mondiaux dans les infrastructures électriques	173
<i>par Trevor Morgan</i>	
Résumé	174
1. Introduction	175
2. Tendances passées de la fourniture mondiale d'électricité et des investissements mondiaux dans le secteur électrique	177
3. Principaux moteurs de l'investissement dans les infrastructures électriques	181
4. Perspectives du secteur de l'électricité.	185
5. Principales incertitudes relatives à l'adéquation des investissements	200
6. Conséquences pour la structure du secteur et son financement. .	209
Notes	213
Bibliographie	213
Chapitre 4. Principaux déterminants de la demande future en infrastructures et en services de transport de surface	215
<i>par David Stambrook</i>	
Résumé	216
Le trajet à suivre	218
1. Principaux déterminants de la demande future en transports de surface	219
2. Besoins futurs en infrastructures de transport de surface	226
3. Effets des déterminants sur la demande à venir de transports de surface	236
4. Viabilité du modèle actuel d'infrastructures de transports de surface	250
5. Conclusions	253
Notes	256
Bibliographie	259
Annexe 4.A1. Acronymes – Définitions	262
Annexe 4.A2. Sources des données et modèle	263
Annexe 4.A3. Hypothèses de croissance économique	271
Annexe 4.A4. Prévisions du parc de véhicules routiers et du taux de motorisation.	273
Annexe 4.A5. Prévisions de l'utilisation des routes	275
Annexe 4.A6. Prévisions de constructions routières	277
Annexe 4.A7. Prévisions de constructions ferroviaires	279

Chapitre 5. Incidences du changement sur la demande à long terme d'infrastructures dans le secteur de l'eau	281
<i>par Richard Ashley et Adrian Cashman</i>	
1. Introduction	282
2. Tendances passées de l'investissement dans les infrastructures ...	293
3. Évolution de la demande d'eau et des infrastructures	303
4. Principaux éléments moteurs jouant sur l'évolution de la demande et des besoins d'investissement en matière d'infrastructures	326
5. Incidence des principaux éléments moteurs sur le niveau des investissements à venir dans les infrastructures	339
6. Incidence des principaux éléments moteurs sur la qualité et sur la structure des investissements à venir dans les infrastructures de l'eau	350
7. Changements envisageables pour assurer la viabilité des modèles commerciaux actuels	359
8. Résumé et conclusions	361
Bibliographie	364
Fiche descriptive : Rappel historique sur quelques pays	373
Annexe 5.A.1	404
Membres du Groupe de pilotage	407
Liste des tableaux	
1.1. Estimation des dépenses d'infrastructure annuelles moyennes dans le monde dans certains secteurs durant la période 2000-30	32
1.2. Tableau indicatif des interdépendances entre les infrastructures	35
2.1. Nombre d'abonnés au haut débit pour 100 habitants dans les pays de l'OCDE, par technologie, juin 2005	65
2.2. Répartition mondiale des points d'accès WiFi – Points d'accès commerciaux en 2004	66
2.3. Diffusion des télécommunications dans la population de la zone de l'OCDE	66
2.4. Diffusion des télécommunications en Chine	67
2.5. Diffusion des télécommunications en Inde	68
2.6. Diffusion des télécommunications au Brésil	68
2.7. Incidence des principaux déterminants sur la demande passée ...	69
2.8. Utilisation de l'Internet (septembre 2005) et statistiques démographiques mondiales	84
2.9. Tarifs internationaux de Skype, 2004	88
2.10. Revenu disponible par région, 2004	92
2.11. Évolution de la composition des réseaux d'infrastructure – Tous pays	98

2.12. Besoins annuels, à court terme, en matière d'investissement dans les télécommunications dans les pays en développement, 2005-10	101
2.13. Coûts du déploiement des réseaux tout-optique et des réseaux hybrides pour la boucle locale, États-Unis, avril 2005	103
2.14. Coûts de l'infrastructure cellulaire mobile UMTS-3G	105
2.15. Projection des dépenses d'investissement dans l'infrastructure projetées par nouvel abonné et des dépenses totales d'infrastructure à l'échelle mondiale	125
2.16. Estimations et projections du nombre d'emplois perdus dans l'ensemble des secteurs par suite des délocalisations aux États-Unis	137
2.17. Le pourcentage des dépenses de santé des personnes âgées de plus de 65 ans augmente	148
2.18. Modifications extrêmes aux infrastructures sous l'effet de substitution des télécommunications	154
2.A1.1. Degré (%) de numérisation du réseau téléphonique en 1990 dans certains pays de l'OCDE	165
2.A1.2. Vue d'ensemble des progrès de la numérisation (1980-91)	165
3.1. Production mondiale d'électricité	177
3.2. Hypothèses de croissance du PIB selon le scénario de référence	186
3.3. Consommation finale d'électricité par région selon le scénario de référence (TWh)	188
3.4. Évolution de la structure de la production d'électricité selon le scénario de référence (%)	190
3.5. Nouvelles capacités de production d'électricité et investissement total dans le secteur de l'électricité par région selon le scénario de référence, 2003-30	192
3.6. Investissements dans les réseaux électriques, par région et décennie, selon le scénario de référence, 2003-30	193
3.7. Variation de la consommation d'électricité par secteur dans le scénario alternatif par rapport au scénario de référence, 2030 (%)	196
3.8. Variation de la production d'électricité par source d'énergie avec le scénario alternatif par rapport au scénario de référence (TWh)	197
3.9. Investissements dans le secteur électrique par région selon le scénario alternatif, 2003-30	199
3.10. Part des investissements privés dans le secteur électrique par région en développement, 2004 (%)	212
4.1. Relations d'élasticité pertinentes	221
4.2. (Fay-Yepes) Estimation des infrastructures routières jusqu'en 2010	223
4.3. Prévision du taux de motorisation	225
4.4. Prévision de l'utilisation des équipements routiers	225
4.5. Besoins en nouvelles constructions routières	227
4.6. Besoins en nouvelles constructions ferroviaires	231

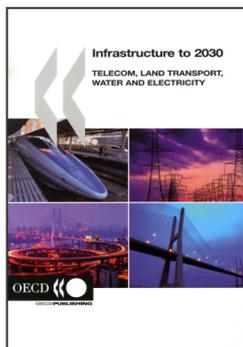
4.7. Relations significatives d'élasticité du transport de marchandises .	241
4.8. Relations significatives d'élasticité du transport de voyageurs. . .	242
5.1. Disponibilités d'eau dans les différentes régions du monde.	285
5.2. Pourcentage de la population bénéficiant de services de distribution d'eau et d'assainissement (2002)	285
5.3. Pourcentage des ménages dont le domicile est raccordé à un réseau d'eau potable et d'assainissement fiable.	286
5.4. Pourcentages de ménages raccordé à un réseau d'eau et d'assainissement dans les grandes villes.	286
5.5. Ratio avantages/coûts des interventions dans les régions en développement et en Eurasie	288
5.6. Coûts des infrastructures de distribution d'eau et d'assainissement : systèmes centralisés	295
5.7. Quantités d'eau utilisées au plan mondial (km ³)	298
5.8. Population desservie par les services de l'eau, 1994.	299
5.9. L'extraction d'eau souterraine dans quelques régions du monde. . .	302
5.10. Estimation des coûts annuels moyens d'investissement dans le secteur de l'eau d'ici à 2019.	314
5.11. Dépense consacrée aux services d'eau au Royaume-Uni.	315
5.12. Distribution d'eau et assainissement dans les pays d'EOCAC.	316
5.13. Besoins d'investissement estimés en Inde	320
5.14. Dépense consacrée à l'eau et à l'assainissement en pourcentage du PIB.	323
5.15. Dépollution et traitement des eaux usées : investissements et dépenses courantes dans différents pays, fin des années 90 . .	325
5.16. Dépenses prévues au titre des services de distribution d'eau et d'assainissement	363
5.A1.1. Évolution de la consommation d'eau des ménages dans les pays de l'UE	404
5.A1.2. Consommation domestique d'eau par habitant par an dans l'UE (m ³)	405

Liste des graphiques

1.1. Les axes représentant les principales incertitudes et les quatre scénarios qui en découlent	38
1.2. Le scénario de « mouvement perpétuel »	39
1.3. Infrastructures linéaires	40
1.4. Infrastructures urbaines durables	40
1.5. Prévision de l'évolution technologique des véhicules : principaux dispositifs anticipés	45
2.1. Abonnés aux services de télécommunications dans le monde. . .	63
2.2. Pénétration du haut débit (pour 100 habitants) dans les pays de l'OCDE – Accroissement net T2 2004-05, par pays	64

2.3. Dans les pays de l'OCDE, l'adoption du haut débit au cours des dix premières années a été plus rapide que celle des autres services	71
2.4. Abonnés au haut débit, pour 100 habitants, par technologie, dans les pays de l'OCDE, juin 2005.	74
2.5. Accessibilité et développement des télécommunications.	90
2.6. Croissance mondiale du nombre d'utilisateurs	93
2.7. La demande décolle à partir d'un certain niveau de prix – le sentiment de gratuité	94
2.8. DSL % disponibilité dans le G7	104
2.9. L'infrastructure à coût modéré jusqu'en 2015 – Une diversité de technologies, d'infrastructures et d'opérateurs	106
2.10. Réseau simplifié (21CN).	109
2.11. Projections de capacité pour la fibre avec multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM) et avec multiplexage temporel optique (OTDM)	112
2.12. Augmentation de la capacité de communication par satellite	114
2.13. Le coût d'infrastructure des autres technologies hertziennes est moins élevé.	115
2.14. Prolongation radio d'un point d'accès filaire	116
2.15. La future infrastructure composite optique/radio – Un réseau simple.	117
2.16. Un réseau interconnecté pour garantir la sécurité – Intégration proposée de multiples réseaux fondés sur les nouvelles technologies hertziennes pour créer une structure sécurisée unique.	120
2.17. Investissement moyen des pays de l'OCDE dans les télécommunications publiques en pourcentage de la formation brute du capital fixe (1990-2003)	122
2.18. Augmentation du nombre d'abonnés	123
2.19. La tendance dominante est au déploiement d'infrastructures moins coûteuses – Dépenses d'investissement par nouvel abonné en milliers d'USD – 1992-2003.	124
2.20. Conversion des réseaux d'accès optiques et radio à une infrastructure tout-IP	127
2.21. Principales divisions commerciales chez un opérateur de télécommunications et procédures commerciales fondamentales, dont certaines recouvrent parfois plusieurs domaines (facturation, par exemple)	129
2.22. Chaîne de valeur classique des opérateurs de télécommunications – Modèle générique	129
2.23. Il existe une nouvelle chaîne opérationnelle de services mobiles dans le domaine des communications cellulaires 3G, dans celui des nouvelles technologies hertziennes comme le WiFi et, sous une forme plus réduite, dans celui du 2.5G	132

2.24.	Branches essentielles de l'arbre de pertinence	136
2.25.	Dispersion des lieux de résidence et de travail induite par le télétravail et le téléachat	139
2.26.	Arbre de pertinence pour le trafic voyageurs	144
2.27.	Dépenses totales de santé en pourcentage du PIB	146
2.28.	Assistance à domicile aux personnes âgées et fragiles au moyen des télécommunications	151
2.A1.1.	Le WiBro – Faits essentiels et positionnement	170
3.1.	Commandes de nouvelles capacités de production d'électricité à l'échelon mondial	178
3.2.	Investissements des pays de l'OCDE dans le secteur électrique en pourcentage du PIB	179
3.3.	Investissements dans le secteur électrique aux États-Unis	179
3.4.	Augmentation moyenne annuelle de la puissance installée dans les pays en développement	180
3.5.	Consommation mondiale finale d'électricité et produit intérieur brut	182
3.6.	PIB mondial et croissance de la demande finale d'électricité selon le scénario de référence	187
3.7.	Consommation finale d'électricité dans le monde par secteur selon le scénario de référence	188
3.8.	Production mondiale d'électricité selon le scénario de référence	189
3.9.	Part du gaz naturel dans la production d'électricité par région selon le scénario de référence	190
3.10.	Besoins cumulés d'investissement dans le secteur électrique par région du monde selon le scénario de référence, 2003-30	193
3.11.	Consommation mondiale d'électricité selon le scénario de référence et le scénario alternatif	195
3.12.	Part des différentes sources d'énergie dans la production d'électricité selon le scénario de référence et le scénario alternatif	197
3.13.	Variation des besoins d'investissement dans le secteur électrique par région, dans le scénario alternatif par rapport au scénario de référence, 2003-30	199
3.14.	Ratio dettes/fonds propres du secteur électrique dans certains pays de l'OCDE	210
3.15.	Investissements du secteur privé dans des projets d'infrastructures électriques réalisés dans les pays en développement, 1990-2003	211
5.1.	Évolution prévue des prélèvements d'eau au plan mondial	305
5.2.	Disponibilités d'eau au plan mondial	306
5.3.	Dépense totale d'assainissement en pourcentage du PIB	324
5.A1.1.	Habitudes de consommation de l'eau dans quelques villes européennes – Quantité totale d'eau fournie par habitant	404



Extrait de :

Infrastructure to 2030

Telecom, Land Transport, Water and Electricity

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264023994-en>

Merci de citer ce chapitre comme suit :

Stambook, David (2006), « Principaux déterminants de la demande future en infrastructures et en services de transport de surface », dans OCDE, *Infrastructure to 2030 : Telecom, Land Transport, Water and Electricity*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264024014-5-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.