

Chapitre 1

Le développement des infrastructures dans le monde à l'horizon 2030 : un regard transsectoriel

par

Barrie Stevens, Pierre-Alain Schieb et Michel Andrieu*

* OCDE, Unité consultative sur les questions pluridisciplinaires.

Les infrastructures sont au cœur du développement économique et social. Elles sous-tendent la quasi-totalité des activités économiques modernes, constituent en soi un important secteur économique et contribuent notablement à la progression du niveau de vie et de la qualité de vie. Toutefois, elles ont aussi des conséquences moins souhaitables. Pour ne citer que quelques exemples, l'extension du réseau routier peut se traduire par un surcroît de circulation et de bruit, la mise en service de centrales électriques peut accroître sensiblement les émissions de gaz à effet de serre, et la construction d'un barrage peut donner lieu à la destruction de vastes paysages ruraux et à des déplacements de populations. Au cours des prochaines décennies, ces deux facettes vont vraisemblablement s'exacerber. D'un côté, les infrastructures se révéleront un outil essentiel pour répondre à plusieurs grands enjeux des sociétés humaines – soutenir la croissance économique, répondre aux besoins élémentaires, faire sortir des millions de personnes de la pauvreté, faciliter la mobilité et les relations sociales – de l'autre, il y aura sans doute une intensification des pressions exercées sur l'environnement sous l'effet de la modification des conditions climatiques, de la congestion, etc., ce qui fera clairement ressortir les tensions inhérentes entre l'impératif de poursuite du développement des infrastructures et l'aspiration à la viabilité.

Et il y a d'autres bonnes raisons d'envisager les infrastructures dans une perspective à long terme. Les infrastructures ont généralement une durée de vie très longue – souvent plusieurs générations – et il faut aussi beaucoup de temps pour les construire. Par conséquent, les faire évoluer nécessite une réflexion et une orientation stratégique à long terme. En outre, la mondialisation accentue les interdépendances économiques et autres entre les pays, si bien qu'il est de plus en plus nécessaire de transcender les frontières nationales dans la planification, la mise en place et le financement des infrastructures. Les principaux acteurs changent également avec le temps, à mesure qu'évoluent le rôle et les responsabilités du secteur public et du secteur privé. Tous ces changements soulignent à quel point il importe d'inscrire dans une perspective à long terme les objectifs économiques, sociaux et environnementaux de l'action des pouvoirs publics, de même que les structures réglementaires et institutionnelles dans le cadre desquelles ils sont poursuivis.

Les 25 prochaines années offrent donc un horizon temporel utile pour examiner bon nombre de problèmes qui devront être réglés afin de répondre

efficacement aux différents enjeux que nous venons d'évoquer. Quels seront les probables besoins d'investissements dans les infrastructures et quelles sont les forces – économiques, démographiques, technologiques et environnementales – qui les détermineront? Comment ces investissements seront-ils financés? À quelles difficultés faut-il s'attendre dans la gestion des infrastructures?

Voilà quelques-unes des questions que cette publication se propose d'étudier. Ce faisant, elle montrera qu'il importe d'envisager les infrastructures non seulement comme des secteurs distincts, mais aussi comme une série de réseaux interdépendants. Les infrastructures examinées dans cette publication – transport terrestre, électricité, télécommunications et eau – affichent depuis de nombreuses années des signes croissants de convergence : on observe une interaction de plus en plus étroite entre les différents réseaux, avec à la clé toutes sortes de synergies, d'effets de substitution et de relations de complémentarité, mais aussi parfois une vulnérabilité accrue aux perturbations, aux pannes et aux actes de malveillance. Dans ces conditions, les décideurs doivent aborder le développement des différentes infrastructures dans une perspective globale et réfléchir à leur composition souhaitable à la lumière des nécessaires arbitrages entre les différents objectifs d'action (par exemple, les préoccupations d'environnement peuvent conduire à encourager un transfert de la route vers le rail dans les transports ou un recours accru aux énergies renouvelables, mais sans brider outre mesure le développement économique).

Ce chapitre d'introduction est structuré comme suit. Afin de situer les infrastructures dans le contexte général de l'action des pouvoirs publics, il commence par donner un bref aperçu des avantages économiques, sociaux et autres qu'elles ont engendrés dans le passé et qu'elles continueront sans doute de produire à l'avenir, avant de se pencher sur les facteurs qui auront vraisemblablement le plus d'influence sur leur développement au cours des prochaines années. Ce chapitre propose ensuite une synthèse des projections présentées dans les chapitres sectoriels concernant les besoins d'investissements futurs, puis il fait le point sur certaines interdépendances particulières entre différents secteurs d'infrastructure. Pour finir, il expose un certain nombre de problématiques et d'enjeux transsectoriels intéressant l'action des pouvoirs publics, puis il présente quelques réflexions pour la suite.

1. Les avantages passés et futurs des infrastructures

La question des avantages économiques des infrastructures donne lieu depuis au moins les années 80 à d'intenses débats qui portent tant sur le sens des effets produits que sur leur ampleur. S'il est possible de rattacher le développement des infrastructures et le développement économique, il est

difficile de se prononcer avec certitude sur le sens du lien de causalité : les infrastructures contribuent-elles au développement économique ou est-ce l'inverse? Qui plus est, les premières estimations des gains de productivité découlant des investissements dans les infrastructures publiques ont suscité beaucoup de scepticisme. Depuis quelques années, grâce à l'amélioration des données, aux nouvelles méthodologies et au perfectionnement des modèles, la controverse est toutefois beaucoup moins vive. L'analyse des publications récentes donne à penser que les infrastructures publiques ont un effet productif réel sur l'économie, mais que cet effet n'est pas aussi fort que ne l'avaient estimé les auteurs des études antérieures (comme Aschauer). En se fondant sur un échantillon de pays de l'OCDE et en procédant à une ventilation par secteur économique, on constate que les effets des infrastructures sur l'efficacité sont généralement positifs – mais relativement modestes – dans quasiment tous les secteurs.

Ce qu'il importe de noter, c'est que les retombées des investissements dans les infrastructures ne sont pas immédiates. Ainsi, il ressort des études les plus récentes que l'effet à long terme des infrastructures sur l'économie est positif, et que si un accroissement de l'investissement dans les équipements publics se substitue dans un premier temps au capital privé, c'est surtout un effet de complémentarité qui s'exerce à long terme. En revanche, il semblerait que dans l'ensemble, l'investissement dans les infrastructures ne soit pas (directement) créateur d'emplois à long terme. Les auteurs des études laissent aussi entendre que les difficultés rencontrées par les gouvernements pour estimer les effets globaux à long terme des infrastructures sur l'économie pourraient ne pas être étrangères au sous-investissement dans les infrastructures observé dans certains pays. Prendre la « bonne » décision en matière de mise en place d'infrastructures est souvent difficile parce que les avantages ont un caractère de bien public : qu'est-ce qui est suffisant? Qui devrait en bénéficier? En outre, l'impact plus général des infrastructures dépend manifestement de l'efficacité de leur utilisation. Mal gérées ou mal conçues, elles n'ont pas forcément le même rendement.

L'effet productif d'une infrastructure dépend non seulement de l'ampleur de l'investissement, de la conception du projet et de sa gestion rationnelle, mais aussi de la nature de l'investissement et de son intégration dans les équipements en place, c'est-à-dire de l'amélioration apportée au réseau existant. Ainsi, au départ, les infrastructures n'ont que peu d'effet sur la productivité du secteur privé, car leur impact est surtout local. En revanche, l'adjonction de nouveaux équipements pour créer un réseau débouche sur des gains de productivité considérables en permettant à tout le monde d'utiliser ces infrastructures. Dans un troisième temps, enfin, lorsque le réseau est en grande partie achevé, la création de nouvelles infrastructures n'a de nouveau qu'un impact limité, voire nul, sur la productivité du secteur privé.

Elle peut néanmoins avoir un effet sur l'économie, en renforçant l'attrait des régions richement dotées en infrastructures et en augmentant ainsi leur compétitivité. Ce phénomène peut à son tour entraîner un déplacement de facteurs de production entre régions. La mise en place de nouvelles infrastructures a donc un effet sur l'attrait des régions, qu'elle soit ou non porteuse de gains de productivité. La dimension politique de ce processus est évidente : dans la concurrence que se livrent les régions pour attirer main-d'œuvre, capitaux et savoir-faire, certaines sont avantagées au détriment d'autres. Du point de vue économique, cela montre qu'il importe de soumettre tout grand projet d'infrastructure à une analyse coûts-avantages qui tienne compte de la perte d'attractivité dont pâtiront les régions non concernées par le projet, ainsi que de l'évaluation intrinsèque de l'infrastructure par les consommateurs, sachant que des effets d'entraînement peuvent en résulter, par exemple sous la forme d'une hausse des prix de l'immobilier.

Quels seront, à l'avenir, les avantages économiques des infrastructures ? Par exemple, vont-ils stagner à mesure de l'achèvement d'un nombre croissant de réseaux ? De manière générale, pareille évolution paraît moins probable. Comme le souligne David Stambrook dans son chapitre sur les transports terrestres, nonobstant la poursuite de certains projets contraires à la logique économique en raison de facteurs politiques, on peut supposer que la plupart des investissements dans les infrastructures de transport effectués depuis 20 ans dans les pays de l'OCDE ont eu un bon rapport coûts-avantages ; et que selon toute vraisemblance, une certaine quantité de projets de construction bénéfiques par rapport à leur coût ont été freinés par un manque de financements publics. De plus, dans la plupart des « cinq grands » pays non membres de l'OCDE (Brésil, Chine, Inde, Indonésie et Russie) et des pays en développement, les infrastructures de transport et autres ont pâti d'un sous-financement chronique qui traduit également la disponibilité limitée de fonds publics. Dans ces conditions, on peut affirmer avec quelque certitude qu'à l'avenir aussi, les avantages des dépenses consacrées aux infrastructures routières dépasseront leur coût.

La contribution des infrastructures à l'amélioration du niveau et de la qualité de vie a beaucoup moins retenu l'attention que leurs avantages économiques. Pourtant, cet apport est sans doute très important étant donné que ménages et particuliers font un usage intensif des infrastructures. Le problème tient en partie au fait qu'il est difficile de mesurer la valeur de biens auxquels n'est attaché aucun prix. Cependant, le recours à des indicateurs généraux de la disponibilité d'infrastructures donne une idée de l'influence importante de ces dernières sur les conditions de vie.

À titre d'exemple, il va sans dire que le raccordement de 98 % de la population à l'assainissement dans les pays développés produit des résultats bien meilleurs sur le plan de la santé et du bien-être que le taux de

raccordement moyen de seulement 49 % enregistré dans les pays en développement. Plus concrètement, et puisqu'il est possible dans certains cas de mesurer de façon approximative ces résultats, on estime que réduire de moitié la part de la population des pays en développement dépourvue d'accès à l'eau potable d'ici à 2015 procurerait des avantages neuf fois supérieurs aux coûts. En cas d'accès universel à des services améliorés d'approvisionnement en eau et d'assainissement en 2015, le rapport coûts-avantages serait encore meilleur, puisque les seconds seraient environ dix fois supérieurs aux premiers (voir le chapitre d'Ashley et Cashman).

Dans le même ordre d'idées, porter le taux d'électrification dans le monde de 74 % en 2002 à 83 % en 2030 (comme le prévoit l'AIE dans sa publication *World Energy Outlook 2004*) permettrait à des millions de personnes d'accéder pour la première fois à l'électricité, ce qui contribuerait grandement au développement social par l'éducation et la santé publique, concourrait à répondre plus efficacement aux besoins élémentaires d'alimentation et de logement et réduirait la consommation de biomasse traditionnelle à des fins énergétiques, avec pour corollaire un ralentissement salutaire de la déforestation. Autre exemple : l'explosion du nombre d'utilisateurs de services de téléphonie mobile dans le monde, de 800 000 000 en 2001 à plus de 5 milliards en 2020 (voir le chapitre de Bohlin, Forge et Blackman), promet d'accroître grandement l'accès aux communications et la mobilité de millions de personnes. Elle pourrait aussi avoir des retombées économiques globales considérables en améliorant la productivité et en accélérant la diffusion du savoir.

2. Les perspectives d'évolution à plus long terme des investissements d'infrastructure : moteurs, tendances et incertitudes

Toute analyse prospective des besoins d'investissement à long terme doit tenir compte d'un large éventail de facteurs qui déterminent le développement des infrastructures. Dans presque toutes les projections de ce type, les postulats centraux ont trait à la croissance économique (PIB) et à la démographie. Mais il existe d'autres déterminants qui peuvent se répercuter sur les projections et introduire ainsi des incertitudes non négligeables. Si, dans le cadre de projections à plus court terme, on peut écarter certains de ces déterminants en tenant pour acquis que leur rôle est négligeable, on ne saurait raisonnablement les ignorer lorsque l'horizon temporel envisagé est plus éloigné, comme c'est le cas dans la présente étude. Même si l'exploration de leur impact ne peut être que qualitative et très hypothétique, il est important ne pas l'omettre, car elle aidera les responsables de l'élaboration des politiques à mieux comprendre les risques qui entrent en jeu dans les projections et les conséquences que cela peut avoir sur le plan de l'action.

Les auteurs des chapitres sectoriels de cet ouvrage ont étudié sous divers angles toute une série de déterminants et de facteurs d'incertitude.

Géopolitique

Les auteurs des quatre chapitres sectoriels admettent explicitement ou implicitement le rôle des facteurs géopolitiques et leur interaction avec le développement des infrastructures (même si aucun n'envisage la possibilité d'un conflit majeur entraînant de sérieuses perturbations du contexte économique et politique dans les prochaines décennies). Bohlin et *al.* insistent notamment sur l'importance des télécommunications en tant qu'instrument politique pour les mouvements populaires, et soulignent qu'elles sont de nature à modifier l'équilibre des pouvoirs et à contribuer au déclin de l'État-nation. Dans le document de l'AIE, Morgan n'est pas aussi explicite, mais il admet que les préoccupations pour la fiabilité et la sécurité des approvisionnements – dans lesquelles interviennent des considérations géopolitiques – influencent sans doute les décisions d'investissement, notamment en ce qui concerne le choix des combustibles pour la production d'électricité (le nucléaire en France et le charbon aux États-Unis, par exemple). Le souci de sécurité des approvisionnements peut également influencer l'orientation des efforts de recherche menés pour mettre au point des énergies de substitution ou rendre les énergies existantes (le charbon, par exemple) plus acceptables d'un point de vue écologique.

Dans le cas des transports terrestres, la dimension géopolitique est peut-être moins importante que par le passé, mais la route et le rail sont essentiels pour assurer l'interconnexion au niveau international. Dans celui de l'eau, les considérations géopolitiques tournent surtout autour des risques de conflits entre pays utilisant les mêmes ressources. Environ 40 % de la population mondiale vit dans les 250 grands bassins hydrographiques qui sont partagés par plusieurs pays. En Afrique, le Congo draine un tiers du volume total de l'eau, mais son bassin n'abrite qu'un dixième de la population du continent. Au Soudan et en Éthiopie, le développement économique s'appuiera sur l'eau du Nil, ce qui transformera les risques de conflit avec les États voisins en véritable sujet de préoccupation. Bien qu'un certain nombre de mécanismes internationaux soient en place pour arbitrer les problèmes de partage des ressources en eau, ces derniers risquent toujours autant d'alimenter les tensions régionales, par exemple au Moyen-Orient (ressources superficielles) et en Palestine (eaux souterraines) (voir Ashley et Cashman). Comme Bohlin et *al.*, les auteurs du chapitre sur l'eau observent un déclin de l'État-nation, qui est vidé de sa substance au profit d'instances supranationales, mais aussi, sous l'effet de la décentralisation, au profit des collectivités territoriales.

Sécurité

Les infrastructures doivent se caractériser par une résilience maximale pour limiter autant que possible la durée et la portée des conséquences en cas de perturbation. Depuis quelques années, leur sécurité suscite des inquiétudes accrues. D'une part, les sociétés sont devenues de plus en plus dépendantes des services qu'elles fournissent, et une importante perturbation peut effectivement avoir des conséquences très graves. D'autre part, les risques de perturbation se sont multipliés sous l'effet de l'interconnexion croissante des infrastructures critiques et de la nouvelle dimension prise par la criminalité organisée et les activités terroristes sur le plan international.

Les auteurs des quatre chapitres reconnaissent l'importance des questions de sécurité. Bohlin *et al.* notent que le souci de sécurité exercera une influence non négligeable sur le développement des infrastructures de télécommunications. En outre, ils soulignent qu'Internet deviendra une cible de choix pour les menaces économiques, ce qui obligera à mettre au point une architecture sécurisée assurant non seulement la protection des transactions, mais aussi le respect de la vie privée.

Dans le chapitre de l'AIE, Morgan souligne lui aussi l'importance des questions de sécurité et la nécessité d'investissements pour moderniser et améliorer les outils à la disposition des exploitants, dont il s'agira de renforcer la capacité de surveiller, de comprendre et de commander de façon plus flexible les réseaux de transport en temps réel. Il attire en outre l'attention sur les vastes possibilités qui s'offrent de développer et de déployer des technologies appropriées à cet effet et d'améliorer la qualité du service.

D'après Stambrook, la sûreté et la sécurité représentent aussi des considérations importantes dans le cadre des transports terrestres, mais elles ne sont pas considérées comme un problème particulièrement nouveau dans le domaine des transports routiers, où ces paramètres sont déjà intégrés dans les estimations. L'auteur note toutefois que les préoccupations liées à la sécurité peuvent influencer sur le choix modal. Les attentats terroristes et accidents intervenus dans un passé récent donnent à penser que les voyageurs préféreront peut-être à l'avenir la route au rail pour des questions de sécurité – en plus des avantages qu'elle offre en termes de temps et de souplesse. En outre, il est difficile de dire si les liaisons ferroviaires à grande vitesse possèdent clairement un avantage sur le plan de la sûreté/sécurité (par rapport au transport aérien). Par conséquent, des dépenses supplémentaires devront sans doute être consacrées à la sécurité/sûreté intégrée des réseaux ferroviaires pour répondre aux préoccupations des voyageurs.

Des menaces pèsent aussi sur la sécurité des infrastructures de l'eau. En Amérique du Nord et sans doute ailleurs, le risque d'actes malveillants est un

facteur qui prend de plus en plus de poids dans les décisions d'investissement dans ce domaine. Une attaque pourrait prendre la forme d'une contamination directe des sources d'eau ou – scénario plus vraisemblable et plus facile à concrétiser – celle d'une cyber-attaque provoquant une désorganisation généralisée des réseaux électriques et de communication et des systèmes de commande. Les effets ont été démontrés lors de la panne d'électricité qui a touché le Nord-Est des États-Unis en août 2003. Un certain nombre de stations d'épuration ont alors cessé de fonctionner, ce qui a entraîné des pollutions, et les particuliers ont été invités à faire bouillir l'eau avant de la consommer car les installations de potabilisation étaient également à l'arrêt (Ashley et Cashman). Cela illustre les interdépendances entre les infrastructures et la nécessité d'adopter une approche globale en matière de sécurité.

Croissance et structures économiques

Dans les quatre chapitres, la croissance économique, et plus particulièrement la progression du revenu par habitant, est considérée comme le principal déterminant de la croissance de la demande d'infrastructures. Hormis dans le chapitre sur l'eau, où une tentative est faite de quantifier l'impact de quatre facteurs de changement (contexte socio-économique, technologie, environnement et politique) sur les dépenses consacrées aux infrastructures en pour cent du PIB après 2015, il s'agit même de la seule variable explicitement utilisée dans l'exercice de prévision. Bohlin *et al.* notent que l'augmentation du revenu stimulera le développement de toutes les formes de télécommunications, mais surtout des formes mobiles. Parallèlement, les télécommunications alimenteront le développement économique et contribueront à réduire les inégalités de revenu entre pays, dans la mesure où l'expansion des réseaux aura lieu en grande partie en dehors des pays développés.

Dans le chapitre de l'AIE, Morgan note que la demande d'électricité est étroitement liée aux variations du produit intérieur brut. Depuis 30 ans, la croissance annuelle de l'économie mondiale s'est établie en moyenne à 3.3 % et celle de la demande d'électricité à 3.6 %, et les deux variables ont évolué de façon similaire. Cette remarquable stabilité du lien entre PIB et demande d'électricité au niveau le plus général masque toutefois des différences frappantes entre les pays de l'OCDE et les pays en développement : dans les premiers, la consommation d'électricité par unité produite a diminué au fil des ans, dans les seconds, elle a progressé. En complément de la croissance du PIB, l'évolution des structures de l'activité économique joue donc un rôle important. À cet égard, une question essentielle pour l'avenir concerne la rapidité de l'évolution structurelle de l'économie dans les pays en développement, et notamment le rythme d'augmentation de la part des services. Par exemple, au cours des dix prochaines années, on s'attend à ce que l'emploi dans le secteur des services progresse beaucoup plus vite que

l'emploi total dans des pays comme l'Inde et la Chine, ce qui laisse peut-être entrevoir dans ces pays un recul sensible de l'intensité énergétique de la production à la marge. Cependant, il importe de rester prudent sur ce point car la composition de l'emploi n'est pas liée de façon étroite à la composition de la production, ni par conséquent à celle des intrants. Il est vrai que l'emploi manufacturier ne devrait guère progresser à l'avenir dans les pays en développement, mais c'est précisément dans l'industrie manufacturière que la productivité du travail augmente le plus. Dans ces conditions, l'accroissement du rapport production-travail fait que même en cas de faible augmentation de l'emploi, la croissance de la production et celle de la consommation de ressources peuvent être assez substantielles.

Il est reconnu que le PIB par habitant est le principal déterminant de la demande de transport terrestre, mais plusieurs indicateurs de l'utilisation des routes sont aussi liés au revenu : l'élasticité-revenu du parc automobile varie selon les estimations entre 0.75 et 1.25, et celle des véhicules-kilomètres parcourus entre 0.2 et 1.60. En revanche, le lien entre revenu par habitant et demande de transport ferroviaire n'est pas aussi net, dans la mesure où le développement du rail, notamment des réseaux de transport de voyageurs, doit davantage aux priorités des pouvoirs publics (en particulier au souci de viabilité) qu'aux préférences révélées des consommateurs.

La croissance du PIB est aussi l'un des principaux déterminants de la demande d'infrastructures de l'eau, et elle influe d'ailleurs sur la capacité des pays – notamment des pays en développement – de réaliser les investissements nécessaires. À cet égard, Ashley et Cashman remarquent que s'ils connaissent dans l'ensemble une croissance plus rapide que les pays développés au cours des trois prochaines décennies, comme l'indiquent les projections de la Banque mondiale, les pays en développement devraient être proportionnellement davantage en mesure de financer les services de l'eau à l'avenir (à l'exception notable de l'Afrique subsaharienne). Un autre aspect important dans ce contexte est le développement du commerce international. Comme le souligne Rosengrant *et al.* (2002), si les échanges agricoles augmentent à l'avenir, les pays pauvres en eau pourront acquérir sur le marché international les produits dont la production exige beaucoup d'eau et se spécialiser dans ceux qui n'en nécessitent que peu.

Financement

Les ressources nécessaires au développement des infrastructures étant très importantes, les considérations financières – et notamment les rôles respectifs des investisseurs publics et privés – sont primordiales pour les investissements d'infrastructure.

Dans le cas des télécommunications, les gros besoins financiers liés à la modernisation et à l'expansion des infrastructures seront dans une large mesure couverts par des acteurs privés. Par conséquent, la santé du marché du crédit aura une importance capitale pour le développement futur des infrastructures dans ce domaine (Bohlin et al.).

L'AIE aussi insiste sur l'importance de l'accès aux capitaux pour l'investissement dans le secteur électrique. Si cet accès est relativement aisé dans les pays de l'OCDE, où les marchés de capitaux sont bien développés, l'augmentation des risques qui découle de la libéralisation des marchés et les incertitudes quant aux futures politiques environnementales concourront à accroître les risques d'investissement des exploitants dans les prochaines décennies, d'où un probable alourdissement du poids du service de la dette.

Dans les pays non membres de l'OCDE, la situation est beaucoup plus critique. Tout d'abord, les marchés de capitaux n'y sont pas encore bien développés. Ensuite et plus important encore, on demande au secteur privé de financer une part plus grande qu'avant des investissements dans le secteur électrique, alors même que le cadre économique, politique et réglementaire augure mal de la rentabilité de tels investissements. L'un des grands points d'interrogation pour l'avenir est de savoir si les capitaux nécessaires pourront être mobilisés suffisamment vite dans ce contexte délicat. L'incertitude sera peut-être moindre dans les pays où le taux d'épargne est traditionnellement élevé.

Concernant les transports terrestres, domaine où le secteur public joue un rôle prédominant, David Stambrook observe que le principal enjeu sera le consentement du public à payer pour une plus grande mobilité terrestre – que ce soit par le biais de la fiscalité générale (via l'administration des finances publiques), d'une fiscalité spécifique (lorsqu'elle existe) ou de redevances d'utilisation (y compris pour soutenir la participation du secteur privé, c'est-à-dire des PPP). Il note en outre que compte tenu du fait que la préférence des usagers va à la route plutôt qu'au rail, les tentatives de favoriser le second par rapport à la première ne s'accompagneront pas d'un dividende budgétaire en termes de « viabilité ». Quelle que soit la voie choisie, les administrations des finances publiques et des transports devront à l'avenir accroître les dépenses destinées aux infrastructures routières si elles ne veulent pas s'exposer à des conséquences économiques et politiques désastreuses. Au mieux, l'augmentation des sommes consacrées au rail ne fera qu'atténuer la hausse des dépenses d'infrastructure dans le secteur routier, mais elle ne pourra pas l'empêcher.

Dans le secteur de l'eau aussi, le financement constitue un aspect primordial. Ce secteur a connu une évolution importante avec l'ouverture accrue aux capitaux privés, voulue pour déplacer du public vers le privé le poids du financement. À première vue, le secteur de l'eau offre des

perspectives intéressantes : il fournit un service essentiel, le risque technologique y est relativement faible et moyennant une bonne gestion, il permet des rendements constants faute d'être spectaculaires. Pourtant, Ashley et Cashman notent que l'investissement privé dans ce secteur ne va pas sans quelques problèmes, comme l'illustrent plusieurs exemples en Amérique du Sud, en Afrique du Sud et aux Philippines. Malgré ces difficultés, le secteur privé sera sans doute de plus en plus présent dans la fourniture de services collectifs comme l'eau, et ce d'autant plus que les enjeux techniques et financiers de la mise en place de nouvelles infrastructures ou de l'entretien des équipements existants s'annoncent considérables. La nature de la relation entre les secteurs public et privé dans ce contexte devra évoluer par rapport aux modèles actuels si l'on souhaite parvenir à une meilleure acceptation politique et sociale, en particulier dans les pays en développement. Même si le rôle tenu par le secteur privé sera sans doute de plus en plus important, certaines formes de financement public, telles que les redevances d'utilisation, et le recours élargi aux obligations offrent également des perspectives intéressantes.

Démographie

Avec le développement économique, la croissance démographique est considérée comme le principal moteur de la demande d'infrastructures. Mais elle n'est pas le seul facteur démographique qui entre en jeu. Ainsi, Bohlin et al. relèvent que le vieillissement de la population, l'urbanisation dans les pays en développement et les migrations internationales sont d'importants déterminants de l'expansion des réseaux de télécommunications. L'augmentation du nombre de foyers pourrait également jouer un rôle dans ce contexte, comme elle le fait dans celui de l'électricité.

Le chapitre de l'AIE note aussi que l'évolution du nombre d'habitants et de la pyramide des âges se répercute sur le niveau et la composition de la demande d'électricité, à la fois directement et par l'effet exercé sur la croissance et le développement économiques. Le vieillissement entraîne une augmentation du nombre de foyers et donc de la consommation d'électricité par habitant. Les migrations influencent quant à elles le besoin de nouveaux investissements pour accroître les capacités de production, de transport et de distribution.

En ce qui concerne les transports terrestres, Stambrook souligne que la croissance démographique est avec celle du PIB le plus important déterminant de la progression de la demande d'infrastructures. La densité de population joue également un rôle, notamment dans le développement des liaisons ferroviaires à grande vitesse. En revanche, le vieillissement de la population n'a d'après l'auteur qu'un effet indirect, en exerçant des pressions sur le système de soins de santé et en intensifiant la concurrence entre les secteurs

de l'administration pour l'accès à des fonds publics limités – et ce d'autant plus que le consentement à payer des contribuables est manifestement « plafonné ». Ce point de vue tranche de façon intéressante avec ceux exprimés dans d'autres études, où l'on considère que le vieillissement démographique a un impact important sur l'utilisation de pointe, l'un des principaux déterminants des besoins d'infrastructures.

La démographie figure également parmi les principaux déterminants de la demande d'infrastructures de l'eau. Dans les pays en développement, la rapide augmentation de la population urbaine conjuguée aux pressions découlant de la croissance économique entraînera une hausse considérable de la demande de services de l'eau, à la fois pour répondre aux besoins élémentaires de l'industrie et pour permettre à la population de survivre. Vu que cette dernière affiche en majorité un faible niveau de revenu, tout l'enjeu sera de fournir aux centres de population en plein essor un service de base dont le coût soit abordable pour les pouvoirs publics comme pour les citoyens. Dans les pays développés, l'évolution des structures des établissements humains pourrait accentuer les pressions sur les ressources en eau douce dans certaines régions et provoquer éventuellement des tensions entre collectivités urbaines et agricoles au sujet des utilisations prioritaires de l'eau. Toutefois, les difficultés risquent de découler davantage des conséquences du vieillissement démographique (et de l'augmentation concomitante du nombre de foyers) que du besoin de nouveaux services de l'eau, sachant que la population totale devrait rester stable. De fait, l'augmentation des attentes et la richesse relative des habitants pourraient bien entraîner des demandes en faveur de services améliorés et différents sur la base des infrastructures existantes (Ashley et Cashman).

Technologie

La technologie joue un rôle dans le développement de toutes les infrastructures, mais son importance varie selon les secteurs. Par ailleurs, l'expérience montre que le progrès technique est très imprévisible et peut avoir des répercussions profondes sur les infrastructures (on peut citer, par exemple, l'impact de la téléphonie mobile sur les réseaux fixes, ou encore celui d'Internet sur le secteur des télécommunications et l'économie en général).

La technologie est jugée particulièrement importante dans le secteur des télécommunications, où elle stimulera vraisemblablement l'expansion très rapide des réseaux attendue au cours des prochaines décennies en faisant chuter de façon spectaculaire les coûts de communications (Bohlin *et al.*). Plusieurs évolutions seront particulièrement significatives : généralisation de la téléphonie VoIP, nouvelles avancées dans le domaine des fibres optiques, augmentation des capacités de traitement des données, développement de

nouvelles technologies mobiles, introduction de services géolocalisés, poursuite de la miniaturisation des appareils, augmentation des capacités de stockage, amélioration des batteries et recours à des technologies énergétiques permettant d'alimenter localement le matériel de télécommunications. De plus, l'identification par radiofréquence (RFID) pourrait transformer les services infrastructurels dans les domaines de la logistique et des soins de santé, et de nouvelles infrastructures seront nécessaires pour la mettre en œuvre concrètement. Outre ceux mis en évidence par les auteurs, deux autres domaines pourraient offrir des perspectives plus importantes que prévu : les télécommunications spatiales (par exemple, développement de satellites intelligents et de « routeurs dans le ciel » dotés de capacités de traitement et d'une multitude de faisceaux étroits) et la convergence entre contenus et réseaux (par exemple, développement d'applications de réalité virtuelle). Cependant, vu les rapides progrès des technologies dans ce secteur, il importe de garder à l'esprit qu'on ne peut pas prévoir avec précision les évolutions sur trente ans. Il est en particulier impossible de prédire quelles technologies se généraliseront.

Dans le secteur électrique, les technologies devraient évoluer à un rythme beaucoup moins échevelé, même si le progrès technique dans les télécommunications pourrait avoir d'importantes retombées sur la gestion des réseaux. Le chapitre de l'AIE prévoit que les avancées techniques se traduiront entre autres par une amélioration de l'efficacité énergétique du matériel électrique, notamment dans les pays en développement. La hausse de la demande d'électricité pourrait s'en trouver atténuée dans ces pays, mais on ignore dans quelle mesure exactement. Les nouvelles technologies pourraient aussi contribuer à réduire les pertes sur les réseaux de distribution de l'électricité, avec à la clé des besoins moindres en termes de puissance installée et de capacité de transport. Le choix de la technologie employée pour la production (par exemple, centrales au gaz naturel en cycle combiné) influence la taille et le lieu d'implantation des centrales électriques, et donc les besoins en capacité de transport. Ainsi, l'irrégularité de la production qui résulte d'une forte proportion d'énergies renouvelables impose presque inmanquablement un investissement accru pour renforcer le réseau afin d'assurer une fourniture fiable au moyen de l'ensemble des moyens de production, classiques et renouvelables. Cependant, un juste équilibre doit être trouvé entre les facteurs technologiques et les autres, notamment l'impératif de sécurité des approvisionnements. À titre d'exemple, la préoccupation grandissante au sujet de la fiabilité des approvisionnements gaziers en provenance de Russie pourrait tempérer quelque peu l'enthousiasme suscité par la production d'électricité à partir de gaz en Europe. À l'inverse, le progrès technologique peut avoir d'importantes conséquences sur le plan géopolitique. Ainsi, à long terme, une séquestration

effective du carbone pourrait améliorer considérablement la position du charbon par rapport au pétrole et au gaz, et influencer de façon plutôt favorable la géopolitique de l'énergie pour les pays consommateurs. Par ailleurs, la mise au point de batteries longue durée pourrait sensiblement accélérer l'adoption à plus grande échelle de voitures électriques.

Les transports terrestres sont le domaine où la technologie semble revêtir le moins d'importance. Stambrook ne prévoit pas de percées technologiques susceptibles de modifier fondamentalement la demande dans ce secteur durant la période 2000-30. Les technologies sont déjà au point et éprouvées en ce qui concerne les trains à grande vitesse (et le Maglev). Dans le domaine routier, l'amélioration des technologies des véhicules (carburants, consommations, etc.) et de leur conception peut apporter d'importants avantages environnementaux, mais elle ne devrait pas influencer la demande d'infrastructures. En outre, l'amélioration de l'utilisation des capacités routières grâce aux TIC ne se répercutera sans doute que de façon marginale sur la demande supplémentaire, encore que d'autres études laissent entrevoir une influence plus importante à plus long terme.

En revanche, la technologie pourrait jouer un rôle clé dans le développement futur des infrastructures de l'eau. Premièrement, les progrès des technologies de l'information et des communications et la mise en œuvre de celles-ci en association avec des technologies spatiales, par exemple d'observation de la Terre, pourraient permettre de surveiller bien mieux et de façon beaucoup plus détaillée que ne l'autorisent les moyens techniques actuels toutes les facettes de la fourniture des services de l'eau, de même que les circonstances et les événements qui l'entourent. Deuxièmement, les biotechnologies pourraient sensiblement améliorer la prévention et le suivi de la pollution, de même que la dépollution. Ces technologies sont susceptibles de révolutionner les procédés de traitement de l'eau, et elles pourraient bien permettre aux fournisseurs de services de se passer des stations d'épuration et de potabilisation que nous connaissons aujourd'hui. La majeure partie du traitement interviendrait sans faire appel à de grands ouvrages nécessitant des dépenses d'équipement importantes, puisque ceux-ci seraient remplacés par des procédés intégrés aux réseaux ou mis en œuvre sur place en fonction des conditions et besoins particuliers. Les biotechnologies pourraient même à terme rendre obsolète la distinction entre réseaux de distribution d'eau et d'assainissement en permettant de combiner les deux sans répercussion sur la santé publique. Troisièmement, enfin, ce sont les avancées réalisées dans le domaine des nanotechnologies qui sont susceptibles d'avoir le plus fort impact sur l'entretien et le bon fonctionnement des infrastructures, en permettant notamment l'emploi de capteurs, de matériaux intelligents et de matériaux capables de s'auto-réparer et de se régénérer.

3. Perspectives d'évolution des besoins d'investissement dans les infrastructures

Cette section propose un tour d'horizon synthétique des projections présentées dans chaque chapitre sectoriel et décrit brièvement les éléments ayant servi de point de départ à leur élaboration. Mais avant toute chose, quelques mises en garde s'imposent. Il importe de bien noter que la finalité des projections à long terme n'est pas de prédire l'avenir. Il s'agit plutôt de rechercher de quelle façon la situation pourrait évoluer à l'avenir compte tenu d'un certain nombre d'hypothèses économiques, sociales, techniques et politiques, hypothèses parmi lesquelles figure généralement l'absence de nouvelles mesures gouvernementales. Malgré les incertitudes qui entourent naturellement des projections à aussi longue échéance, l'expérience montre que celles-ci offrent un cadre utile pour mettre en évidence les facteurs critiques et réfléchir aux leviers que pourraient actionner les pouvoirs publics afin de mettre l'économie et la société en général sur la voie d'un avenir plus souhaitable. Qui plus est, l'étude des principaux facteurs déterminants peut aider les gouvernements à identifier certains moyens susceptibles d'être mis en œuvre pour atteindre les objectifs qu'ils poursuivent. Compte tenu de ces mises en garde, les conclusions des chapitres sectoriels doivent être considérées comme simplement indicatives de l'ordre de grandeur des investissements qui devraient être requis.

Télécommunications

Le total annuel des dépenses d'infrastructure dans le monde devrait passer de 650 milliards USD en 2005 à 745 milliards USD en 2010, avant de retomber à 646 milliards USD en 2015, puis à 572 milliards USD en 2020 et enfin à 171 milliards USD en 2025. Après une première phase marquée par une rapide expansion des capacités (notamment dans les pays en développement), la forte baisse prévue vers la fin de la période s'explique d'après les auteurs du chapitre sectoriel par un effondrement tant des coûts des technologies et du matériel que des investissements de création, puisque les marchés des utilisateurs arriveront à saturation et que l'essentiel des dépenses sera consacré au renouvellement et à l'entretien. De fait, on suppose que les dépenses d'entretien et de renouvellement représenteront de loin la plus grande partie des dépenses d'infrastructure (environ 80 % en 2010 et plus de 90 % en 2020). La plupart des infrastructures de demain reposeront sur la fibre optique et, plus important encore, sur les réseaux radioélectriques. L'investissement infrastructurel sera consacré en majeure partie aux multiples configurations de réseaux de radiocommunication mobile par paquets. Le réseau fixe servira de complément pour le trafic longue distance et d'accès.

Un facteur sans doute déterminant pour la demande future d'infrastructures tiendra à la puissance économique grandissante des pays en développement dans leur ensemble et aux besoins d'accès de leurs populations – soit 3,5 milliards d'utilisateurs potentiels en plus des quelque 2 milliards d'utilisateurs actuels des télécommunications sous toutes leurs formes. Au cours des 25 années considérées ici, les pays de l'OCDE absorberont certes plus de la moitié de l'investissement mondial cumulé dans les infrastructures de télécommunications, mais il est vraisemblable qu'à partir de 2020 environ, le montant des investissements infrastructurels sera plus élevé dans les pays en développement. En conséquence, ce sont les pays en développement et leurs besoins qui façonneront de plus en plus les infrastructures des communications de demain : il se pourrait tout à fait qu'ils brûlent les étapes et affichent des progrès technologiques en matière d'infrastructures plus rapides que les pays de l'OCDE de nos jours. L'architecture des infrastructures de télécommunications s'orientera vers une simplification des réseaux, dont l'intelligence sera repoussée en périphérie, vers les serveurs et les nouveaux appareils.

Production et réseaux électriques

Des volumes d'investissement considérables seront nécessaires dans les décennies à venir pour faire face à la hausse de la demande de services électriques et aux exigences accrues de qualité de ces services, ainsi que pour entretenir les infrastructures existantes et remplacer celles qui seront mises hors service. Selon un scénario de référence tablant sur des politiques publiques inchangées, les besoins mondiaux d'investissement dans le secteur électrique d'ici à 2030 s'élèveront à quelque 350 milliards USD par an en moyenne. Plus de la moitié de ces investissements (53 % environ) iront au transport et à la distribution, laquelle se taillera la part du lion dans l'investissement total consacré aux réseaux. Certes, les pays en développement (la Chine, notamment) absorberont le plus gros des dépenses prévues, mais les nouveaux investissements seront très élevés aussi en Europe et en Amérique du Nord, de sorte que les pays de l'OCDE représenteront tout de même plus de 40 % de l'investissement mondial dans le secteur électrique (et environ 35 % de l'investissement dans le transport et la distribution). La rénovation des infrastructures de transport et de distribution, et notamment le remplacement des câbles, postes et centres de conduite, absorbera largement plus de la moitié des investissements mondiaux dans les réseaux.

Selon un autre scénario qui intègre les incidences de nouvelles politiques publiques destinées à freiner la croissance de la demande et à favoriser l'adoption de combustibles et d'énergies plus propres (y compris un recours accru aux énergies renouvelables et à la production décentralisée), la

demande d'électricité et les besoins d'investissement augmenteraient moins rapidement dans presque toutes les régions (de 15 % en moyenne sur 25 ans). Les répercussions de la réforme des marchés, les contraintes environnementales et l'accès aux capitaux sont à l'origine des principales incertitudes quant à l'adéquation de l'investissement mondial dans le secteur électrique. En général, c'est dans les pays de l'OCDE que les effets des réformes des marchés et des contraintes environnementales sont les plus incertains. Face aux inquiétudes suscitées par la question de savoir si les investissements seront suffisants et engagés en temps opportun pour garantir la fiabilité du système et la qualité voulue des services, les décideurs cherchent à créer pour le marché des conditions cadres qui envoient des signaux rationnels aux investisseurs.

Transports terrestres

Deux modes de transport de surface sont examinés, la route et le rail.

Transport routier. Selon les estimations présentées, les nouvelles constructions d'infrastructures (accroissement du stock d'équipements et entretien/remplacement) devraient coûter entre 220 et 290 milliards USD par an sur la période 2000-30. La plus grande part des besoins en matière d'infrastructures routières correspond à l'entretien, à la modernisation et au remplacement des actifs routiers en place qui se dégradent au fil du temps, tandis qu'une proportion plus faible correspond en fait à l'accroissement de ces équipements. Ces estimations sont en gros conformes aux prévisions antérieures, qui étaient toutefois établies à moins longue échéance (celles de la Banque mondiale, par exemple). *Grosso modo*, deux tiers des nouvelles constructions d'infrastructures devraient intervenir dans les pays de l'OCDE, et un cinquième dans les « cinq grands ».

Transport ferroviaire. Les besoins d'infrastructures (nouvelles constructions) varient selon les prévisions entre 50 et 60 milliards USD par an sur la période 2005-30. Ce volume d'investissement est très supérieur à ce que donnaient à penser des études antérieures, notamment parce qu'il tient compte de certains grands projets de modernisation envisagés et lancés dans le cadre du programme RTE-T de l'Union européenne, ainsi que de grands programmes de construction ferroviaire (y compris de lignes à grande vitesse) prévus en Chine et dans d'autres pays faisant partie des « cinq grands ». Dans ce secteur aussi, deux tiers environ des constructions d'infrastructures ferroviaires devraient intervenir dans les pays de l'OCDE, alors que les investissements des « cinq grands » avoisineront un quart du total.

Les pouvoirs publics peuvent influencer dans une certaine mesure le partage modal et provoquer un transfert plus important de la route vers le rail par une politique volontariste qui pourrait consister à affecter à ce dernier (en

sus des investissements déjà prévus) jusqu'à 10 % des ressources destinées à la construction de nouvelles routes (soit de 20 à 30 milliards USD par an). Cette politique pourrait s'accompagner de certaines conséquences (probablement tolérables), notamment une détérioration de la qualité des infrastructures routières en général et un encombrement croissant des routes. Par ailleurs, alors que la qualité de la desserte des aéroports et des ports par la route et le rail est décisive pour le développement de la mobilité internationale des personnes et des marchandises, l'intérêt que revêt son amélioration aux plans national et international risque de ne pas faire le poids face aux priorités de nombreuses villes en matière d'aménagement local et d'aménités.

Distribution d'eau et assainissement

Les projections concernant l'investissement annuel dans les infrastructures de l'eau d'ici à 2025 font apparaître des besoins très supérieurs en la matière à ce que laissaient penser les études antérieures. Dans les pays de l'OCDE et les « cinq grands », on prévoit des dépenses annuelles de l'ordre de 770 milliards USD d'ici à 2015, et un chiffre qui dépasse les 1 000 milliards USD à l'horizon 2025. En Europe et en Amérique du Nord, une grande partie de ces dépenses sera consacrée non à l'agrandissement des réseaux existants, mais à l'entretien, à la réparation et au remplacement d'infrastructures qui sont aujourd'hui pour beaucoup relativement vétustes et en mauvais état. C'est surtout dans les pays en développement qu'il faudra construire de nouveaux ouvrages et étendre les réseaux : seulement 40 % environ de la population est convenablement approvisionnée en eau en Afrique, et cette proportion n'atteint que 80 % en Amérique latine, dans les Caraïbes et dans la région Asie-Pacifique. Pour leur part, les pays de l'OCDE verront s'accroître à la fois les pressions exercées sur l'environnement et les attentes de la population en matière de protection de l'environnement et de gestion des ressources naturelles, ce qui devrait alourdir considérablement les coûts de la distribution d'eau et de l'assainissement.

Il ressort des projections que les besoins d'investissement dans les infrastructures de l'eau vont vraisemblablement augmenter considérablement au cours des trois prochaines décennies et pourraient bien être, vers 2020-30, sans commune mesure avec ceux des trois autres secteurs étudiés. Pour les gouvernements, il s'agira donc d'accorder à l'avenir une attention particulière à l'eau, non seulement parce qu'elle est essentielle à la vie, à l'instar de l'air ou de la nourriture, mais aussi parce qu'elle appellera partout dans le monde d'énormes dépenses d'investissement.

Investissement total pour l'ensemble des infrastructures

À partir des estimations présentées dans les différents chapitres sectoriels, le tableau 1.1 propose une vue d'ensemble des probables besoins

d'investissements infrastructurels jusqu'en 2030. Cependant, il importe de garder à l'esprit non seulement les mises en garde formulées en début de section, mais aussi le fait que les projections relatives aux différents secteurs n'ont pas été établies au moyen des mêmes approches, méthodologies et ensembles de données. Le tableau ne saurait donc fournir autre chose qu'une indication de l'ordre de grandeur des investissements infrastructurels requis dans le monde au cours des prochaines décennies. Qui plus est, il s'agit de besoins qui, pour différentes raisons, ne se traduiront peut-être pas en demande effective.

Tableau 1.1. Estimation des dépenses d'infrastructure annuelles moyennes dans le monde dans certains secteurs durant la période 2000-30

Agrandissement et renouvellement, en milliards USD et en pour cent du PIB mondial

Type d'infrastructure	2000-10	Pourcentage approximatif du PIB mondial	2010-20	Pourcentage approximatif du PIB mondial	2020-30	Pourcentage approximatif du PIB mondial
Route	220	0.38	245	0.32	292	0.29
Rail	49	0.09	54	0.07	58	0.06
Télécoms ¹	654	1.14	646	0.85	171	0.17
Électricité ²	127	0.22	180	0.24	241	0.24
Eau ^{1, 3}	576	1.01	772	1.01	1 037	1.03

1. Estimations pour les années 2005, 2015 et 2025.

2. Transport et distribution uniquement.

3. Seuls sont pris en compte les pays de l'OCDE, la Russie, la Chine, l'Inde et le Brésil.

En plus de faire ressortir l'importance des besoins d'investissement dans les secteurs des télécommunications et de l'eau, le tableau donne une idée du poids économique relatif des dépenses d'infrastructure. L'investissement annuel cumulé dans les cinq secteurs représentera vraisemblablement quelque 2.5 % du PIB mondial en moyenne. Si on y ajoute la production d'électricité et les autres investissements infrastructurels liés à l'énergie (pétrole, gaz, charbon), ce chiffre atteint environ 3.5 %. Un calcul tout aussi approximatif permet d'estimer à quelque 53 000 milliards USD les besoins cumulés d'investissement dans les secteurs évoqués pour la période jusqu'en 2030. Si on y ajoute la production d'électricité, on obtient un chiffre d'environ 65 000 milliards USD, voire 71 000 milliards USD avec les autres investissements infrastructurels liés à l'énergie. Bien évidemment, le montant total augmenterait encore si on prenait aussi en compte les autres infrastructures qui ont été délibérément laissées de côté dans ce projet, telles que les ports, aéroports et installations de stockage.

On remarque que, durant la période examinée, il est vraisemblable que l'investissement baissera dans les transports terrestres et les télécommunications, et qu'il se maintiendra ou augmentera légèrement dans

l'électricité et l'eau en termes relatifs. La baisse anticipée des dépenses d'infrastructure dans les télécommunications s'explique non seulement par les avancées technologiques supposées, mais aussi par le fait que l'analyse porte principalement sur la téléphonie.

Des enjeux différents pour les pays de l'OCDE et les pays non membres

Dans les pays de l'OCDE, le gros des infrastructures existe déjà. Néanmoins, au cours des deux à trois décennies à venir, il sera nécessaire de leur consacrer des investissements très importants dans tous les secteurs examinés dans cette étude. Il s'agira surtout d'entretenir et de remplacer les réseaux existants, mais aussi de les améliorer et de les moderniser pour répondre aux exigences qualitatives croissantes à l'égard des infrastructures et des services connexes. Dans un contexte de mondialisation rapide de l'économie, il sera essentiel pour les pays et les régions de l'OCDE de renforcer leur compétitivité en se dotant d'infrastructures modernes et rationnelles capables d'attirer technologies, capitaux mobiles, compétences et savoirs. Face à la hausse des coûts – liée entre autres au durcissement des réglementations environnementales, à la hausse des prix fonciers urbains et à la complexité grandissante des projets, de même qu'aux pressions croissantes qui pèsent sur les finances publiques – la façon dont de nombreuses infrastructures sont organisées et financées devra évoluer.

Parallèlement, les investissements infrastructurels mondiaux seront effectués pour une part de plus en plus importante dans les pays en développement, et notamment dans les « cinq grands ». Toutefois, hormis peut-être dans les télécommunications et dans les pays où le taux d'épargne est traditionnellement élevé, rien ne dit que ces pays seront en mesure de mobiliser concrètement les énormes ressources nécessaires pour financer les investissements qui s'imposent s'ils n'engagent pas des réformes approfondies pour améliorer la gouvernance du développement et de la gestion des infrastructures, de même que l'efficacité de leurs marchés de capitaux. Faute de procéder à ces réformes, ils risquent de voir la fourniture de certains services gravement perturbée, avec à la clé des répercussions économiques importantes susceptibles d'entraîner un ralentissement ou même une stagnation de l'activité.

4. Interdépendances et synergies entre infrastructures

Comme le montre clairement l'analyse développée ci-dessus, l'évolution de tel secteur d'infrastructure peut avoir d'importantes conséquences pour celle de tel autre. Ainsi, il peut y avoir des effets de complémentarité, comme dans le cas de l'application de technologies satellitaires ou d'autres technologies de télédétection dans le cadre de dispositifs toujours plus

évolués de péage routier ou de mesure de la consommation d'eau et d'électricité. On peut aussi évoquer dans ce contexte le rôle historique des infrastructures de transport, qui ont ouvert la voie au passage des réseaux de communication. À l'inverse, il peut y avoir des effets de substitution, comme dans le cas du télétravail et du téléachat, encore que leur impact global paraisse pour l'heure relativement limité. L'incidence sur les autres infrastructures peut prendre d'autres formes encore, en créant par exemple des situations de forte dépendance qui, en cas de panne, de catastrophe naturelle ou d'acte de malveillance, peuvent exposer les infrastructures critiques à des perturbations en cascade. Enfin, la nécessité de tenir compte simultanément de plusieurs infrastructures différentes et la complexité de cette démarche peuvent constituer un important facteur de coût. Les ouvrages routiers, par exemple, doivent de plus en plus souvent franchir ou prendre en compte les équipements d'autres modes de transport terrestres, ainsi que les conduites des réseaux de chauffage urbain et des réseaux gaziers, les lignes électriques et les réseaux d'assainissement. À l'avenir, ces interactions entre différents types d'infrastructures pourraient effectivement se révéler de plus en plus coûteuses à gérer, à moins que des solutions appropriées ne soient mises au point (par l'application de technologies SIG, par exemple).

À ces interdépendances directes, il faut ajouter les interdépendances indirectes qui découlent de l'impact des infrastructures sur la configuration des établissements humains. Ainsi, l'automobile a favorisé un habitat dispersé, ce qui a eu des conséquences pour les besoins en matière de distribution d'eau ou d'électricité, par exemple. Ces effets indirects revêtent une importance particulière à plus long terme.

Le tableau 1.2 présente, à titre indicatif et sous forme synthétique, des exemples de ces interdépendances et des synergies qui existent entre différentes infrastructures.

5. Questions transversales et enjeux pour l'action des pouvoirs publics

Dans les sections précédentes, nous avons examiné les avantages produits par les infrastructures, analysé l'évolution possible des besoins en services d'infrastructure au cours des trente prochaines années, évoqué un certain nombre d'incertitudes et de facteurs importants susceptibles de modifier ces projections, et mis en évidence certaines des principales interdépendances entre les différentes infrastructures. Il paraît donc tout indiqué à ce stade de faire le point sur plusieurs questions transversales et enjeux pour l'action des pouvoirs publics qui découlent de ces sections.

Ces enjeux sont liés en premier lieu à la mutation annoncée des modalités de la demande de services infrastructurels entre les pays et à

Tableau 1.2. **Tableau indicatif des interdépendances entre les infrastructures**

Infra-structures	Télécommunications	Électricité	Transports terrestres	Eau
Télécom- munications		Réseaux électriques intelligents, notamment télémesure (meilleure gestion de la demande). Efficacité accrue sur les marchés spot et à terme de l'électricité. Modes de consommation d'électricité plus diffus.	Télétravail, téléachat, vidéoconférences, télémédecine – entraînant dans certains cas une diminution des déplacements. Gestion plus efficace des parcs de véhicules. Routes intelligentes – sécurité accrue, encombrements moindres, systèmes de tarification plus évolués. Intervention plus rapide des secours en cas d'accident. Gestion en flux tendus et chaînes d'approvisionnement allongées, d'où un accroissement du trafic.	Grâce aux capteurs et aux TIC : amélioration du suivi et de la maîtrise des polluants, des détériorations subies par les réseaux d'assainissement, etc. ; et possibilités de télémesure (meilleure gestion de la demande). Risque de plus grande vulnérabilité des installations, et donc nécessité de dispositifs de secours et à sécurité intégrée.
Électricité	Dépendance à l'égard de l'électricité, vulnérabilité face aux pannes de courant et fluctuations de tension. Les réseaux électriques peuvent servir à transmettre des informations.		Source d'alimentation des trains. Progrès technique dans le domaine des accumulateurs, d'où une utilisation accrue de voitures électriques et hybrides, d'où éventuellement une multiplication des bornes de recharge. Couverture accrue de l'électricité domestique, habitat plus dispersé, augmentation des déplacements. Facteur de coût lorsqu'un équipement routier doit franchir des lignes électriques enterrées.	Dépendance des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement à l'égard de l'électricité, vulnérabilité face aux pannes de courant. Centrales hydroélectriques. Recours accru au pompage et à des traitements des eaux usées gros consommateurs d'énergie. Péréquation tarifaire entre l'électricité et l'eau, surexploitation des aquifères et autres ressources en eau naturelles.
Transports terrestres	Accroissement de la demande de communications mobiles, services géolocalisés, systèmes de navigation, services d'urgence. Peut stimuler la demande de vidéoconférences. Emprises servant au passage des câbles de télécommunications.	Utilisation de trains pour transporter le combustible servant à la production d'électricité (charbon, pétrole). Une répartition modale privilégiant le rail entraîne une augmentation nette de la consommation d'électricité (conséquences pour les objectifs de durabilité).		Impact sur les réseaux d'eau, car ceux-ci sont souvent construits le long des grandes routes ou en dessous. Dans les endroits dont les transports améliorent l'accessibilité, nouveaux établissements humains qui augmentent la demande de services de l'eau. En cas d'urgence, possibilité d'acheminer de l'eau potable vers les zones touchées.
Eau	L'extension des réseaux d'eau pour la desserte de nouveaux secteurs et de nouvelles habitations entraîne une hausse de la demande de télécommunications.	L'extension des réseaux d'eau pour la desserte de nouveaux secteurs et de nouvelles habitations entraîne une hausse de la demande d'électricité. Utilisation d'eau pour la production d'électricité. Eau nécessaire pour refroidir les centrales nucléaires.	Les voies navigables offrent une solution de recharge à la route et au rail. Des infrastructures de l'eau en mauvais état risquent d'endommager les équipements routiers et ferroviaires (inondation, rupture de canalisation, etc.). Facteur de coût lorsqu'un équipement routier doit franchir des canalisations et conduites d'égouts.	

l'intérieur des pays. Parallèlement, la nature des infrastructures changera vraisemblablement sous l'effet de l'évolution des technologies et des besoins des utilisateurs. Enfin, le financement de l'entretien des infrastructures existantes et la mise en place de nouvelles constitueront des défis à part entière, tout comme la gestion, dans une perspective globale, des changements touchant des réseaux distincts mais interdépendants.

Enjeux liés à la modification de la géographie des infrastructures

L'internationalisation croissante de l'économie et son impact sur les infrastructures

La mondialisation se répercute de différentes façons sur les infrastructures. À mesure qu'un pays s'ouvre aux échanges internationaux de biens et services, il doit s'assurer que ses infrastructures dans les domaines des transports, de l'énergie, de l'eau et des télécommunications sont capables de suivre et d'absorber le surcroît d'activité économique. Les problèmes d'engorgement peuvent prendre des proportions particulièrement inquiétantes aux points d'entrée et de sortie du pays (ports, aéroports, frontières routières) et sur les couloirs de transport qui y mènent. C'est ce que l'on observe à l'heure actuelle dans certaines zones d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Asie, alors que beaucoup d'économies ont du mal à faire face à l'emballement de l'activité lié à la rapide croissance de la Chine. De même, la hausse de la demande d'électricité induite par l'expansion de l'économie mondiale met à rude épreuve les réseaux de nombreux pays de l'OCDE, si bien qu'il devient primordial de pouvoir recourir aux échanges transfrontières d'électricité pour lisser les fluctuations de la demande et disposer d'une solution de repli en cas de panne. En outre, à mesure de la croissance des marchés, la recherche d'économies d'échelle et de gamme s'accélère et les chaînes d'approvisionnement prennent un caractère de plus en plus mondial et perfectionné, notamment avec l'expansion du volume des échanges intrasectoriels et intra-entreprise. Dans les domaines de la construction routière et ferroviaire, de la production et de la distribution d'électricité et des services de l'eau, on voit apparaître de grands conglomerats, nationaux aussi bien qu'internationaux.

Aussi le rôle des infrastructures comme soubassement de l'économie internationale est-il appelé à se renforcer encore dans les prochaines décennies, ce qui attirera inévitablement l'attention sur l'importance des réseaux transnationaux et des liaisons entre les réseaux de télécommunications et d'électricité qui garantissent l'accès aux marchés mondiaux. En outre, cette évolution soulèvera de nombreux problèmes de conciliation des objectifs internationaux (agrandissement des ports et des aéroports, renforcement des lignes électriques transfrontières, par exemple)

avec les intérêts nationaux et locaux, la protection des droits des citoyens, etc., et fera ressortir la nécessité de cadres performants pour régler la concurrence internationale.

Urbanisation et nouvelles morphologies urbaines

Dans les pays de l'OCDE, la tendance générale est toujours à une progression lente mais régulière de l'urbanisation. Toutefois, plusieurs évolutions nouvelles pourraient se répercuter sur ce processus à moyen terme, quantitativement et qualitativement, et influencer en définitive les besoins en infrastructures.

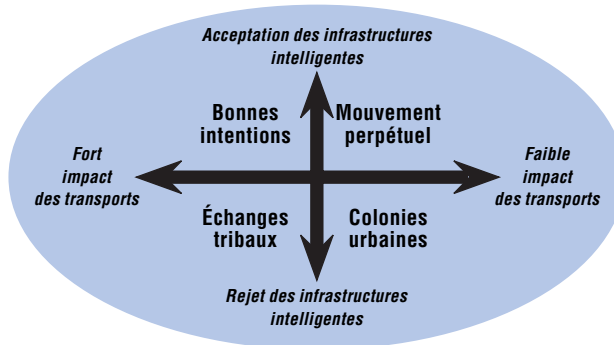
L'une de ces évolutions est le « sur-étalement urbain », que Bohlin et *al.* ont désigné par le terme *Telecomia*. Après la suburbanisation massive, on constate aujourd'hui dans les pays de l'OCDE un mouvement vers de nouveaux modes d'habitat qui privilégient les villages et petites villes aux prix abordables et offrant de bons agréments, ainsi que les grandes superficies à la campagne, loin des villes. Cette évolution crée des besoins en infrastructures (à la fois sur place et au niveau des réseaux) et en services locaux, mais il est peu vraisemblable qu'elle ait un impact important à court ou moyen terme en raison des désutilités et des coûts d'opportunité qui sont associés à ces modes.

Le surétalement urbain ne doit pas être confondu avec d'autres mouvements de population, par exemple vers les côtes (c'est-à-dire vers le soleil, les stations balnéaires, les pôles de haute technologie, etc.). Il s'agit là d'une tendance qui a pour moteur les travailleurs des technologies de pointe, mais aussi les retraités et les télétravailleurs. Au niveau des infrastructures, il en résulte des besoins de capacité supplémentaire qui, s'ils concernent souvent des zones denses, sont parfois très coûteux à satisfaire (exemples : approvisionnement en eau en Californie ou dans certains pays d'Europe du fait de l'éloignement des sources, acceptation par les riverains des installations destinées à accueillir des déchets, emprises des lignes électriques).

Au Royaume-Uni, la direction des études prospectives (UK Foresight Directorate) a présenté quatre scénarios originaux axés sur les villes à l'horizon 2055 dans le cadre du projet Intelligent Infrastructure Futures. Bien qu'elle porte expressément sur le Royaume-Uni, l'analyse repose sur 60 tendances et facteurs d'évolution qui sont « universels », du moins dans le contexte des pays de l'OCDE, et ne sont donc pas déterminés par les seules perspectives des TIC. Dans le cadre de cet ouvrage, nous aborderons seulement la période jusqu'en 2025 et le scénario principal.

Les deux axes qui définissent les quatre scénarios représentent deux grandes incertitudes : l'impact des problèmes d'environnement sur la conception des infrastructures urbaines (fort ou faible) et l'acceptation des infrastructures intelligentes par la population. Les quatre scénarios qui en

Graphique 1.1. **Les axes représentant les principales incertitudes et les quatre scénarios qui en découlent**



Source : DTI Foresight Intelligent Infrastructure Futures, *The Scenarios – Towards 2055*, Scenarios overview, p. 8 (2006).

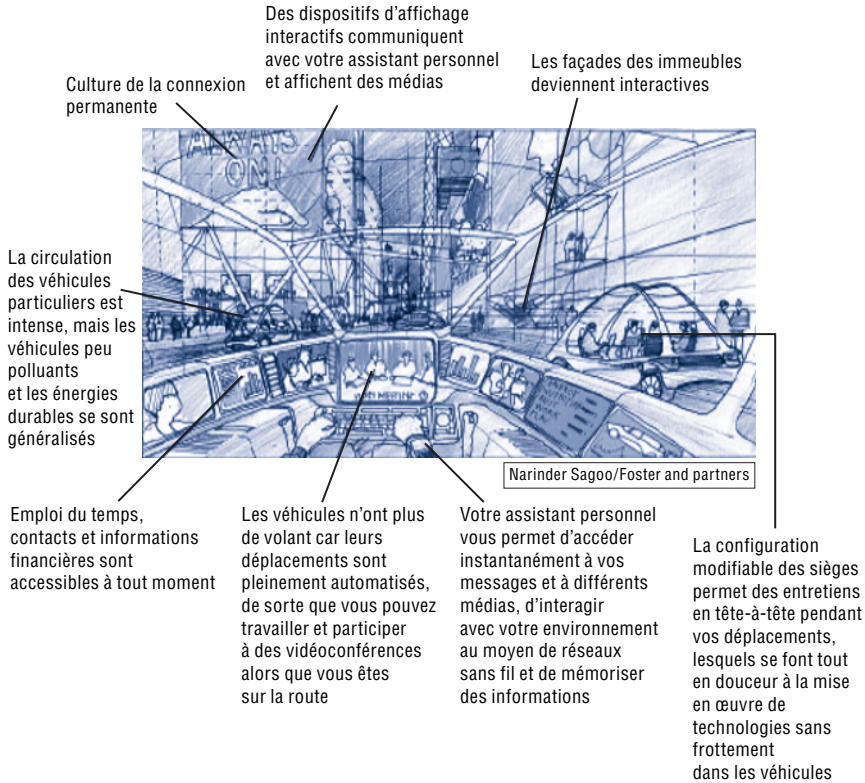
résultent ont été baptisés « bonnes intentions » et « mouvement perpétuel » (acceptation des infrastructures intelligentes), « échanges tribaux » et « colonies urbaines » (forte résistance face aux infrastructures intelligentes).

Dans la société décrite par le scénario de « mouvement perpétuel », qui correspond ici au scénario d'hypermobilité (mais qui n'est pas forcément souhaitable ni plausible), les citoyens sont « branchés en permanence », et l'information, la consommation et la concurrence sont constantes. La mondialisation se poursuit, la croissance économique aussi et la demande de déplacements augmente. Grâce à des technologies de combustion plus propres, à l'accroissement de la puissance électronucléaire et aux énergies renouvelables, la dépendance à l'égard du pétrole est moindre. Les routes automatisées et les systèmes embarqués d'assistance à la conduite sont très répandus en 2025, et il en va de même des appareils et services de communication instantanée. La charge de travail est importante et le stress constitue un problème grandissant.

Comme le reconnaissent les auteurs, ce scénario reflète le discours dominant dans la culture occidentale et suppose que les contraintes peuvent être surmontées grâce à la technique et l'innovation. C'est lui que privilégient les concepteurs, fournisseurs et exploitants d'infrastructures intelligentes et des biens et services correspondants. Sans surprise, c'est aussi un scénario « à forte intensité de ressources » à bien des égards : capital financier et humain, rythme de l'innovation, matières premières et matériaux neufs, acceptation sociale des risques et atteintes à la vie privée, risques de perte de cohésion sociale.

Dans un sens, le scénario de « mouvement perpétuel » est bien illustré ou du moins compatible avec le concept d'infrastructures urbaines linéaires

Graphique 1.2. **Le scénario de « mouvement perpétuel »**



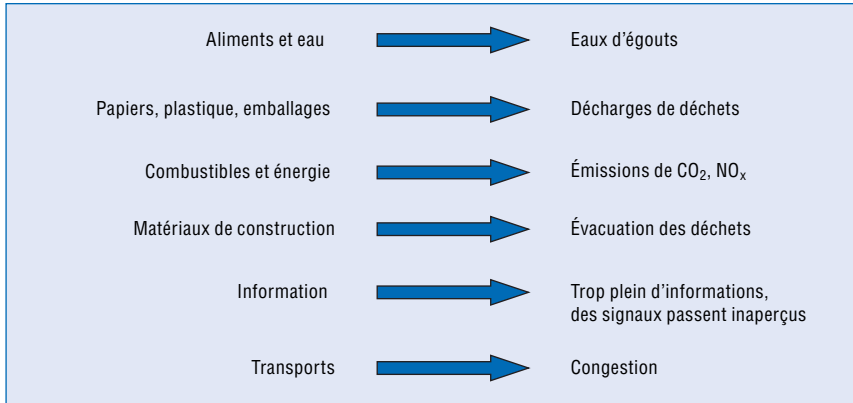
Source : DTI Foresight Intelligent Infrastructure Futures, *The Scenarios – Towards 2055*, Scenarios overview, p. 10 (2006).

représenté ci-dessous, où les villes sont construites selon un modèle d'entrées-sorties qui absorbe toutes sortes de ressources de l'environnement considéré au sens large et expulse du coup toutes sortes de déchets.

Comme évoqué dans les sections précédentes à propos des petits réseaux et des systèmes décentralisés, on peut imaginer un concept d'infrastructures urbaines plus organiques et fondées dans une bien plus grande mesure sur des processus en circuit fermé. Dans ce modèle d'infrastructures plus durables, les avantages de la plus forte densité et des économies d'échelle pourraient se conjuguer à des modes de production, de consommation et de transport caractérisés par une plus grande efficacité écologique.

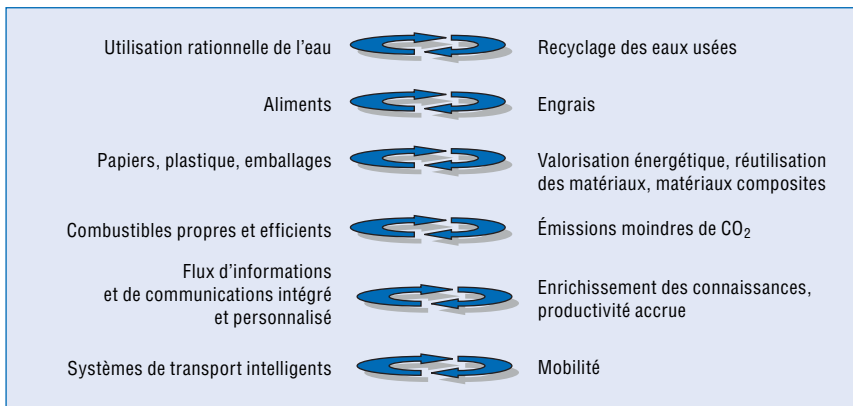
Les deux modèles nécessiteraient des investissements significatifs dans la R-D et une grande volonté politique, et ils devraient être acceptés par la société. Le second exigerait plus de détermination et de constance car il supposerait davantage de changements institutionnels et organisationnels

Graphique 1.3. **Infrastructures linéaires**



Source : Girardet, H. (1992), *The Gaia Atlas of Cities, New Directions for Sustainable Urban Living*, Londres : Gaia Books Limited.

Graphique 1.4. **Infrastructures urbaines durables**



Source : Girardet, H. (1992), *The Gaia Atlas of Cities, New Directions for Sustainable Urban Living*, Londres : Gaia Books Limited.

pour beaucoup de parties prenantes et acteurs en place. Comme le remarquent les auteurs de cet ouvrage et ceux d'autres études, les grands marchés émergents auraient en principe plus de facilité à opter pour le second modèle car les structures héritées du passé seraient moins contraignantes; cela étant, ils devraient quand même faire preuve d'une grande détermination.

En tout état de cause, l'action des pouvoirs publics est importante. Parmi les nombreuses questions auxquelles ceux-ci doivent apporter des réponses, trois sont particulièrement délicates : jusqu'à quel point est-on disposé à

restreindre le droit individuel à la mobilité? Quel degré d'internalisation attend-on des exploitants et des utilisateurs finals? Quel degré de polarisation la société est-elle prête à accepter?

Enjeux liés à la nature évolutive des infrastructures

Convergence, sécurité et fiabilité des approvisionnements

Une question essentielle concerne la convergence qui semble devoir caractériser l'évolution future des quatre secteurs d'infrastructure examinés, ainsi que ses conséquences possibles. Cette convergence se traduit en premier lieu par une *interdépendance croissante* entre les infrastructures, au sens où le service fourni par un réseau apporte une contribution de plus en plus importante au fonctionnement d'autres réseaux. On peut citer la dépendance accrue à l'égard des télécommunications qui devrait caractériser à l'avenir la gestion du transport et de la distribution de l'électricité, ainsi que les transports terrestres. Mais comme nous l'avons vu, la dépendance opère aussi en sens inverse : ainsi, pour reprendre notre exemple, les réseaux de télécommunications sont tributaires d'une bonne alimentation en électricité via le réseau électrique pour bien fonctionner. Dans le même ordre d'idée, une défaillance du réseau électrique peut être lourde de conséquences pour la gestion des infrastructures de l'eau, et nous pourrions citer bien d'autres exemples encore.

La convergence se traduit aussi par des *économies de gamme* dans la fourniture de services d'infrastructure, c'est-à-dire par la possibilité – offerte par les avancées technologiques – de produire de manière plus efficiente plusieurs de ces services conjointement. Dans le secteur des télécommunications, les offres dites « triple play » ou « trois en un » qui tendent à se multiplier illustrent bien ce phénomène : elles permettent aux abonnés de bénéficier tout à la fois de services de téléphonie, de l'accès à Internet et de services de télé et radiodiffusion. À l'avenir, les économies de gamme pourraient gagner en importance dans la fourniture de services d'infrastructure : on peut imaginer, par exemple, une fusion des réseaux de télécommunications et d'électricité pour ce qui est du transport de longue distance et de la distribution chez l'abonné de l'électricité et de services de télécommunications. Autre exemple : les compagnies des eaux pourraient jouer un rôle croissant dans la production d'électricité.

La convergence peut avoir des conséquences importantes pour l'état de la concurrence dans le domaine de la fourniture de services d'infrastructure, de même que pour la tarification des différents services. Dans le secteur des télécommunications, par exemple, la téléphonie peut être proposée gratuitement dans le cadre des offres « triple play », car le coût marginal de fourniture du service (VoIP) est alors quasiment nul pour les opérateurs. On

peut aussi imaginer des exploitants de stations d'épuration désireux de récupérer des déchets pour produire de l'électricité offrir à leurs clients des services d'assainissement à prix réduit, ou bien des compagnies d'électricité proposer gratuitement des services de télécommunications. Les conséquences pour les structures industrielles pourraient être profondes.

Cette interdépendance croissante des infrastructures critiques ouvre certes des perspectives de synergies, mais elle représente aussi un facteur de vulnérabilité accrue de tous les réseaux, puisque la défaillance de l'un d'entre eux peut par un effet domino avoir de sérieuses répercussions sur les autres. C'est donc sans surprise qu'elle suscite un intérêt grandissant dans le cadre du débat sur la sûreté, la sécurité et la fiabilité des approvisionnements.

Grande échelle, petite échelle

Une autre tendance qui paraît se dégager de l'analyse est un recul des grandes infrastructures monolithiques du passé au profit d'une autonomie locale, d'un auto-approvisionnement et d'une mobilité accrue. Bien évidemment, nombre d'installations de grande envergure subsisteront pour des raisons d'économies d'échelle. Mais on relève également une évolution vers des systèmes plus petits et décentralisés qui est alimentée par plusieurs facteurs : les progrès technologiques, la déréglementation et la libéralisation, le souci de sécurité, les préoccupations pour l'environnement et les difficultés rencontrées par les gouvernements pour mobiliser les capitaux nécessaires à la réalisation de grands projets d'infrastructure.

Les exemples ne manquent pas. Dans les télécommunications, le recours aux technologies alternatives sans fil au niveau de la boucle locale se développe dans le domaine des services de santé et des soins aux personnes âgées. Il s'agit de systèmes qui peuvent être financés, réalisés et exploités par les communes (ou des prestataires privés locaux), sans faire appel à de grands opérateurs. L'inconvénient tient au fait que la multiplication de tels dispositifs locaux risque à terme de provoquer une saturation du spectre des fréquences. Dans le cas de l'eau, des possibilités de recyclage et de mise en place de « boucles locales » apparaîtront sous l'effet de plusieurs facteurs, dont les pressions environnementales (sécheresses, inondations, pollutions), le souci de sécurité et l'augmentation des coûts d'exploitation. Il est vraisemblable que le modèle correspondant concernera surtout les usagers résidentiels, urbains et ruraux, ainsi que les industriels. À court terme, les principaux utilisateurs pourraient être les pays développés, car ce sont les usagers qui devront financer l'investissement important au départ et il faudra avoir accès à des technologies évoluées telles que les biotechnologies. Comme l'ont montré de récentes privatisations, de telles démarches peuvent soulever des problèmes de responsabilité et nécessiter d'adapter les mécanismes de surveillance réglementaire.

Dans le cas de l'énergie, la diversification des sources figure déjà parmi les priorités gouvernementales dans certains pays. Les technologies de production décentralisée peuvent être porteuses d'un certain nombre d'avantages. Par exemple, elles limitent généralement les besoins d'investissement dans les lignes de transport haute tension. Les transports terrestres, en revanche, n'offrent pas de perspectives évidentes pour ce qui est des systèmes à petite échelle, même si l'on a signalé que le vieillissement de la population dans les pays développés était susceptible de ralentir la croissance du taux de motorisation, de limiter très fortement ou de stopper la progression du nombre de kilomètres parcourus par véhicule et de diminuer le poids du stock d'équipements routiers. Cependant, ce vieillissement peut aussi entraîner un accroissement des besoins de certains services (taxis minibus et petits autobus, par exemple). La tendance croissante à préférer les « redevances d'utilisation » à l'impôt pourrait aussi avoir un effet modérateur sur la soif de mobilité, quoique cette question n'ait pas encore été tranchée de manière indiscutable.

L'émergence de systèmes à plus petite échelle pourrait avoir pour effet indirect de modifier les structures industrielles qui sous-tendent l'offre. Une partie du marché pourrait échapper aux grands acteurs mondiaux du secteur (comme ABB, Alstom, Areva, GE, Siemens et Westinghouse dans le cas de l'énergie) et à leurs équipements de grande envergure, et profiter à une nouvelle catégorie de fournisseurs dont l'activité est axée moins sur le technogénie et plus sur les appareils de haute technologie, les marchés de masse et les capacités de vente. De ce fait, des normes, des processus de certification et une surveillance réglementaire seront vraisemblablement nécessaires tant pour protéger les consommateurs que pour s'assurer que les risques potentiels sont compris et gérés efficacement.

La multiplication des systèmes décentralisés pourrait aussi avoir pour conséquence indirecte un transfert des besoins de financement des grands exploitants vers les utilisateurs finals et les fournisseurs locaux, avec à la clé la possibilité de voir les ressources destinées à l'investissement éparpillées et gérées au jour le jour par une kyrielle d'opérateurs financiers. L'activité pourrait donc se déplacer des services de financement structuré des banques vers les services de crédit aux particuliers (dans le cas des usagers résidentiels) et les services de crédit-bail. Au bout du compte, le poids global du financement des infrastructures pourrait s'en trouver allégé grâce à la division des risques et à l'étalement des coûts de transaction.

Pour ce qui est des gains d'efficacité, de la productivité et du coût de cycle de vie, il est encore trop tôt pour avancer que l'analyse coûts-avantages plaide en faveur de systèmes décentralisés, comme le soutiennent certains groupes d'intérêt et organisations non gouvernementales (Gulli, 2006). En fait, tout indique que le mouvement de concentration s'intensifie dans plusieurs

secteurs (télécommunications, transport routier, électricité). De plus, si, comme nous l'avons vu précédemment, les possibilités d'économies de gamme sont significatives, la concentration va vraisemblablement aussi s'amplifier entre les secteurs. Cela étant, les tendances et pressions sous-jacentes ouvrent manifestement un espace pour les systèmes à petite échelle. À ce stade, il n'est pas encore possible de prévoir quelle sera leur part de marché et quand la demande pourrait décoller. L'action des pouvoirs publics joue un rôle important en la matière, et certains pays de l'OCDE ont déjà mis en place des incitations qui pourraient accélérer le mouvement, par exemple en faveur des éoliennes et des biocarburants locaux.

La montée en puissance des infrastructures intelligentes

Dans les quatre secteurs, les nouvelles possibilités technologiques ouvrent la voie à des infrastructures intelligentes, qu'il s'agisse de systèmes centralisés ou décentralisés. Comme sur d'autres marchés, ce n'est pas la technologie qui est le principal moteur des infrastructures intelligentes (il existe depuis les années 60 des technologies qui auraient pu permettre d'accroître sensiblement l'efficacité de certaines infrastructures). L'impulsion viendra bien plus vraisemblablement d'autres pressions socio-économiques, telles que les coûts, les préoccupations pour l'environnement ou la sûreté/sécurité et l'acceptation des risques par la population. Il est donc préférable d'inscrire l'analyse dans une perspective systémique. Les éléments mis à profit dans cette section proviennent des auteurs, mais aussi des membres du Groupe de pilotage du projet, et notamment du projet DTI Foresight : Intelligent Infrastructure Futures (2006).

Dans le secteur de l'électricité, les modèles d'aide à la décision et l'automatisation peuvent ouvrir des perspectives d'optimisation de la capacité de production, des lignes de transport et du réseau. Il serait possible de réduire les pertes de distribution, de mieux gérer la consommation de pointe, d'améliorer la fiabilité et de mieux protéger l'environnement. Alors qu'il est déjà parmi les plus gros utilisateurs de TIC, le secteur électrique devra pour cela se livrer à un déploiement plus massif encore de ces technologies, ainsi que de logiciels, de capteurs, de moyens de télédétection et de composants interopérables.

Dans le secteur de l'eau, des technologies intelligentes de modélisation système peuvent permettre de mieux suivre et contrôler en temps réel le cycle de l'eau. Au niveau local ou à celui de l'utilisateur final, la fermeture virtuelle du cycle de l'eau peut aussi être surveillée par le recours à des capteurs, des logiciels intégrés et l'intelligence artificielle.

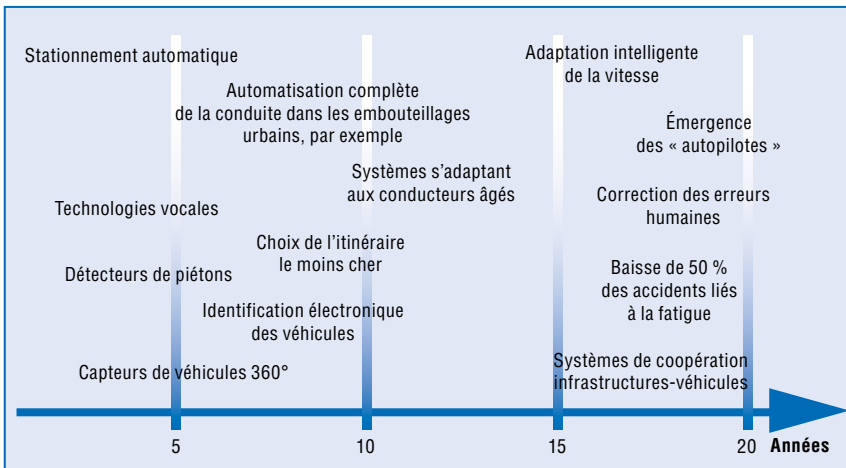
Dans les télécommunications, l'intégration de plusieurs technologies alternatives sans fil en une seule plate-forme multiservices peut déboucher

sur une infrastructure très simplifiée, y compris des réseaux capables de s'autoréparer et le cas échéant de s'auto-organiser.

Par exemple, cette intégration pourrait faciliter la création de systèmes intégrés de soins de santé ou la conception de « maisons intelligentes » pour les personnes âgées.

Dans le domaine des transports terrestres, les routes intelligentes et les nouvelles technologies appliquées aux véhicules pourraient apporter des avantages considérables sur plusieurs plans : gestion du réseau, intervention en cas d'accident, information des conducteurs, capacité routière/ferroviaire (voir graphique 1.5).

Graphique 1.5. **Prévision de l'évolution technologique des véhicules : principaux dispositifs anticipés**



Source : DTI Foresight Intelligent Infrastructure Futures, Technology Forward Look, Partie 2, p. 11 (2006).

Le déploiement d'infrastructures intelligentes est de nature à augmenter la capacité à stock d'équipements plus ou moins constant : ainsi, Stambrook signale que des mesures d'amélioration de la sûreté et de la sécurité routières/ferroviaires peuvent se solder par un surcoût initial de 5 %, mais aussi par des économies annuelles de 5 % sur les coûts d'entretien, si bien qu'il s'agit d'un surcoût d'investissement à fort rendement. Les infrastructures intelligentes peuvent aussi susciter des effets de substitution, même si on en ignore l'ampleur.

Il existe d'autres avantages potentiels difficiles à chiffrer, mais susceptibles d'être très significatifs : l'amélioration de la sûreté des réseaux pourrait être déterminante pour la viabilité des infrastructures, avec cependant une nouvelle limite, en ce sens qu'une dépendance accrue à l'égard

de systèmes automatisés induit de nouveaux risques sérieux (défauts de conception du système, fiabilité des logiciels, vulnérabilité aux actes de malveillance...).

La demande de réseaux fédérateurs dans le domaine des télécommunications, de services géolocalisés, de systèmes de navigation, de services de secours et de services de génie logiciel augmenterait. En outre, les points d'application se modifieraient comme suit :

- Systèmes centralisés (modèles d'aide à la décision, systèmes de commande et de contrôle, nœuds et réseau) : nécessaires, ils seront assez souvent aux mains d'opérateurs privés ou d'organismes publics.
- Systèmes embarqués et *in situ* : les trains, les voitures, mais aussi les avions et les navires seront dotés d'un nombre croissant de terminaux et systèmes embarqués; dans le cas de l'électricité, de l'eau et des télécommunications, utilisateurs finals et exploitants locaux verront se multiplier les systèmes « autonomes » *in situ*.

Cette architecture pourrait avoir pour conséquence fortuite de transférer une part non négligeable des investissements initiaux et des risques. À titre d'exemple, les éléments les plus « visibles » des systèmes de signalisation et de régulation (feux de circulation, indicateurs de limitation de vitesse) ne se trouveraient plus au bord des routes et des voies ferrées, mais seraient installés à bord des véhicules, cependant que des capteurs disposés au sol et au-dessus assureraient la nécessaire liaison avec le système « global ». Le coût d'équipement et d'entretien et les risques, qui incombaient auparavant au « propriétaire » des biens de capital fixe, seraient donc supportés dans une proportion plus importante par les automobilistes, utilisateurs de systèmes de production *in situ*, exploitants de trains, poids lourds, aéronefs, etc.

Ces mutations soulèveront inévitablement une foule de questions auxquelles les pouvoirs publics devront apporter des réponses – définition de normes, questions touchant à la propriété intellectuelle, conséquences pour la protection de la vie privée et rôle éventuel des pouvoirs publics dans les efforts de R-D, notamment dans les domaines où la dimension de bien public est forte.

Enjeux du développement futur des infrastructures

Répondre aux besoins de financement

Au-delà de ces remarques générales concernant l'évolution des infrastructures, les besoins d'investissement et la question de savoir s'ils ont des chances d'être satisfaits appellent trois observations plus concrètes. Premièrement, il est clair que les besoins d'investissement au cours des prochaines décennies seront effectivement très élevés dans l'ensemble des secteurs, et ce pour plusieurs raisons : la négligence coupable dont a souffert

dans le passé une part notable des infrastructures existantes (notamment celles de l'eau), les bouleversements annoncés dans les pays en développement (croissance démographique, progression du revenu par habitant, urbanisation rapide) et les nouvelles exigences auxquelles devront se conformer à l'avenir les infrastructures dans un souci de sécurité et compte tenu des préoccupations croissantes suscitées par la situation de l'environnement.

Deuxièmement, dans les pays de l'OCDE surtout, les prochaines décennies verront très vraisemblablement des pressions considérables s'exercer sur les finances publiques, puisque les répercussions du vieillissement de la population en termes de besoins de soins de santé, de retraites et de services sociaux se feront pleinement sentir, cependant que les gouvernements devront faire face à une baisse des recettes fiscales. Cela donne à penser que les pouvoirs publics devront faire preuve d'imagination en privilégiant d'autres modes de financement des infrastructures que l'impôt (redevances d'utilisation, par exemple), mais aussi en donnant forme à une nouvelle répartition des rôles entre les secteurs public et privé dans le financement, la construction et la gestion des infrastructures.

Troisièmement, hormis peut-être celui des télécommunications, aucun des secteurs examinés n'est pour l'instant doté d'un cadre institutionnel à la mesure des enjeux futurs, notamment d'un cadre réglementaire permettant une participation pleine et effective des acteurs privés.

La tarification des services d'infrastructure

Dans une économie de marché, les prix jouent un rôle essentiel en ce sens qu'ils contribuent à faire s'équilibrer l'offre et la demande d'infrastructures, qu'ils orientent les décisions d'investissement et qu'ils stimulent l'efficacité. Au fil des ans, ce rôle s'est accru dans les secteurs où les réglementations prescriptives ont laissé la place à un régime de « concurrence régulée ». Il en va ainsi de la tarification des réseaux dans le secteur des télécommunications et, dans une mesure moindre, dans celui de l'électricité. En revanche, les prix ne jouent qu'un rôle limité dans le secteur de l'eau et marginal dans celui des transports terrestres.

Dans le secteur des télécommunications, la concurrence devrait stimuler le déploiement de nouvelles technologies et faire baisser les coûts et les prix jusqu'à un niveau « quasi nul », créant ainsi les conditions d'une expansion rapide des télécommunications dans les pays en développement (Bohlin *et al.*). Cependant, cela dépendra de la rapidité de la convergence des prix et des coûts, et notamment de l'évolution du prix du transport de base, qui sera lui-même fonction du mode de réglementation auquel sont soumises les infrastructures correspondantes. Étant donné la formidable capacité des

fibres optiques et le coût élevé de leur déploiement, il est vraisemblable que les économies d'échelle dans le transport de base seront effectivement très importantes et se traduiront par un fort degré de concentration. Dans ces conditions, il importera que les autorités de régulation veillent au maintien d'un accès ouvert aux infrastructures et s'assurent que les redevances d'accès reflètent les coûts.

Le prix de l'électricité joue un rôle essentiel dans l'ajustement de l'offre et de la demande à court terme (tarif d'heure de pointe, par exemple). Il se répercute également sur le choix des combustibles. Ainsi, la généralisation, sur le marché de gros, d'une tarification différentielle reflétant pleinement le surcoût de la production d'électricité en période de pointe améliorerait la compétitivité du gaz par rapport au charbon. La tarification de l'électricité est également un facteur clé dans les décisions d'investissement. Par exemple, d'après le US National Energy Policy Development Group (États-Unis, 2001; p. 115), le faible niveau des redevances de transport est en partie responsable de l'insuffisance de l'investissement dans le transport aux États-Unis et dans un certain nombre de pays européens. Malgré la libéralisation du secteur, les propriétaires des ouvrages de transport (qui restent en position de monopole) ont souvent peu d'incitations à investir dans de nouveaux équipements. En effet, les cadres réglementaires en vigueur n'établissent pas de mécanisme leur permettant d'avoir part aux avantages que la concurrence procure aux propriétaires de centrales électriques et aux clients, alors même que ce sont les lignes de transport qui rendent la concurrence possible (APEREC, 2003, p. 23).

Pour que les investissements dans le transport et la distribution offrent des perspectives raisonnables de rentabilité, il faut qu'ils puissent produire un rendement supérieur au coût pondéré du capital sur le marché. Par conséquent, lors de la détermination des tarifs de transport et de distribution, les autorités de régulation du secteur de l'énergie devraient permettre un taux de rendement réglementé au moins égal au coût des capitaux propres et des capitaux empruntés sur le marché (*ibid.*). Il est particulièrement important de bien fixer ces tarifs dans le cadre de marchés de l'électricité libéralisés, car ceux-ci sont susceptibles de nécessiter des investissements plus importants dans les infrastructures de transport pour faire face à l'accroissement des échanges d'électricité. En outre, investir dans l'efficacité du transport et de la distribution permet de réduire les pertes et peut être un moyen efficace d'abaisser tout à la fois les coûts pour les consommateurs et les émissions polluantes liées à la production d'électricité.

Dans le secteur de l'eau, les prix ont été notoirement insuffisants pour permettre d'effectuer les nécessaires investissements dans les infrastructures. Le fort sous-investissement qui a prévalu des décennies durant dans certains pays inquiète aujourd'hui de plus en plus les compagnies des eaux, mais aussi les autorités sanitaires. Pour garantir une eau pleinement

potable, il est essentiel de remplacer ou rénover les canalisations qui servent à l'acheminer et à la distribuer. En cas de rupture de l'une d'elles, il y a un risque d'interruption de la distribution, voire d'aspiration dans le réseau d'eaux contaminées. Mal entretenues, les canalisations principales peuvent constituer un environnement propice à la prolifération de bactéries et engendrer de ce fait de sérieux risques sanitaires. En outre, l'utilisation de pesticides et d'engrais accentue la dégradation de la qualité de l'eau et occasionne ainsi des coûts supplémentaires.

À l'évidence, cette situation n'est pas viable et appelle une réforme en profondeur du dispositif de régulation du secteur. Dans les pays développés, un vaste effort de modernisation des infrastructures est inévitable au cours des prochaines décennies. Quant aux pays en développement, ils ne seront pas en mesure de répondre aux importants besoins en infrastructures découlant de la croissance démographique et de l'urbanisation en l'absence d'un système de tarification approprié. Le pari sera ambitieux car ils devront veiller parallèlement à ce que les populations démunies aient accès à l'eau dont elles ont besoin. Le cas échéant, il faudra mettre en place une tarification progressive, c'est-à-dire opter pour un prix unitaire qui augmente avec le volume de consommation, pour permettre aux usagers de satisfaire à peu de frais leurs besoins vitaux (eau de boisson, etc.) tout en décourageant le gaspillage de l'eau et sa consommation intensive.

Dans les transports terrestres, contrairement aux autres secteurs, la tarification ne joue qu'un rôle limité. À ce sujet, Stambrook observe que malheureusement (pour les autorités chargées des transports terrestres), l'idée selon laquelle l'accès du public aux équipements devrait être « tarifé » et les recettes correspondantes devraient demeurer dans le secteur des transports terrestres est apparemment rejetée (ou reléguée au second plan) au nom des « principes » régissant les finances publiques et des priorités définies en matière de dépenses. Toutefois, dans ce secteur aussi, la mise en place progressive d'une tarification apparaît à la fois souhaitable et inévitable, même si elle se fera sans doute bien plus pour modérer la croissance de la demande que pour financer le développement des capacités.

Répondre aux enjeux environnementaux

Pour tous les auteurs, la politique de l'environnement exercera une influence importante sur le développement des infrastructures dans les prochaines décennies. Cela étant, son effet est difficile à déterminer car il dépendra dans une très large mesure de la volonté politique d'entreprendre les réformes nécessaires, des mesures qui seront appliquées concrètement, de leur impact et de leur efficacité.

Comme nous l'avons déjà évoqué, il est probable que les gouvernements encourageront le développement des télécommunications pour réduire la demande de transport terrestre (même si les éléments plaidant en faveur d'un tel scénario sont assez peu concluants pour l'instant) et pour permettre un écoulement plus efficace de la circulation et atténuer ainsi le besoin de construction de nouvelles infrastructures. Les télécommunications seront également mises à profit pour améliorer le fonctionnement d'autres infrastructures. On songe, par exemple, aux réseaux électriques intelligents, capables de répondre de façon plus flexible à l'évolution de la structure de la demande, et aux outils permettant une surveillance plus efficace des réseaux d'eau, avec à la clé une diminution des fuites et donc des besoins de prélèvement d'eau.

Il se pourrait aussi que les pouvoirs publics alourdissent les redevances perçues sur certaines infrastructures pour freiner la demande, ou qu'ils prennent des mesures destinées à économiser les ressources. Ainsi, la demande d'électricité future pourrait être modérée au moyen de taxes qui rendent l'électricité plus chère pour l'utilisateur final, ou par des mesures de promotion de l'efficacité énergétique (normes, étiquetage, règlements de construction).

Le renchérissement de l'électricité sera inévitable pour couvrir l'augmentation des coûts de production, de transport et de distribution induite par les politiques environnementales. En ce qui concerne la production, l'AIE estime que les impératifs environnementaux pourraient représenter entre 10 % et 40 % du coût total des centrales fonctionnant aux combustibles fossiles, et une proportion plus importante encore de celui des centrales nucléaires. Les coûts de transport augmenteront sans doute aussi, car il faudra réduire les émissions de SF₆ (substance contribuant au réchauffement planétaire qui est utilisée dans les transformateurs et d'autres équipements) et l'impact des champs électromagnétiques à proximité immédiate des lignes.

Il est probable que le secteur de l'eau sera également dans le collimateur des politiques environnementales. L'eau est en effet indissociablement liée à la salubrité de l'environnement. Elle est indispensable à la survie des écosystèmes et des végétaux et animaux qu'ils abritent, et les écosystèmes contribuent pour leur part à sa régulation quantitative et qualitative. Par conséquent, les acteurs de la protection de l'environnement vont intensifier les pressions sur les protagonistes du secteur pour réclamer la fermeture du cycle de l'eau, c'est-à-dire un recyclage complet de l'eau utilisée. Les coûts supportés par les compagnies des eaux pourraient s'en trouver considérablement alourdis, ce qui aurait logiquement pour conséquence une hausse des prix de l'eau.

En tout état de cause, le relèvement des prix de l'eau sera sans doute considéré de plus en plus comme une évolution souhaitable en soi par les défenseurs de l'environnement, ne serait-ce qu'en raison des importants avantages qu'aurait une limitation de la demande d'eau pour l'environnement. De fait, il ressort de certaines simulations qu'un renchérissement de l'eau entraînerait une diminution spectaculaire des prélèvements mesurés en proportion des ressources disponibles, une amélioration notable de la qualité de l'eau sous l'effet du recul de la réutilisation, ainsi qu'une forte augmentation des débits disponibles pour répondre aux besoins de l'environnement grâce à la baisse des prélèvements (Rosengrant et al., 2002 ; p. 153).

La politique de l'environnement aura également des incidences sur la demande de transport terrestre. Ainsi, des mesures visant à favoriser le transfert du trafic urbain et interurbain de la route vers le rail seront prises dans un souci de viabilité écologique, même si Stambrook souligne que la marge de manœuvre est faible en la matière.

Un autre aspect qui aura une influence sur le développement futur des infrastructures, notamment énergétiques, est la création de marchés des permis d'émission de carbone. Prenons, par exemple, le système d'échange de droits d'émission qui est entré en vigueur au sein de l'Union européenne en janvier 2005 et qui touche l'activité de 13 000 établissements et centrales électriques dans cinq secteurs industriels. Jusqu'à présent, rien ne permet d'affirmer que ce dispositif ait entraîné une réorientation vers les combustibles plus propres. À vrai dire, c'est le contraire qui s'est produit. Cela tient en partie au fait que le renchérissement du gaz par rapport au charbon a atteint des proportions telles que des centrales ont préféré abandonner le premier au profit du second, quitte à payer plus au titre des droits d'émission; qui plus est, il semble que trop de permis aient été émis. Un autre facteur tient aux incertitudes qui entourent l'évolution future du marché. Cela étant, il est probable que ces défauts de jeunesse seront corrigés à l'avenir et que l'échange de droits d'émission de carbone sera étendu à d'autres secteurs de l'économie. Les conséquences pour l'utilisation d'énergie future pourraient être considérables (*The Economist*, 6 mai 2006).

Le défi de la gestion des changements à venir

Définition d'objectifs d'action équilibrés en matière d'infrastructures

L'action des pouvoirs publics exerce une influence déterminante sur les décisions d'investissement infrastructurel dans chacun des quatre domaines examinés ici. Toutefois, elle se caractérise par une grande imprévisibilité, et on ne peut que spéculer sur l'orientation qu'elle prendra au cours des

prochaines décennies et sur l'impact qu'elle aura sur les besoins en infrastructures.

S'agissant des télécommunications, Bohlin *et al.* notent que dans le passé, la libéralisation et la démocratisation ont eu un impact énorme sur la propriété, la structure et l'exploitation des réseaux, sur la qualité et la fiabilité du service, sur la nature et la diversité des offres, ainsi que sur l'accessibilité. Beaucoup de pays ont abandonné le modèle dirigiste ou mis fin à la situation de monopole des opérateurs historiques au profit d'un cadre plus concurrentiel, où le service est séparé des infrastructures et où ces dernières sont ouvertes à la concurrence. À l'avenir, l'harmonisation mondiale des normes d'infrastructure sera primordiale, avec notamment l'ouverture du spectre hertzien et un plus grand nombre de fréquences hors licence, un transfert de pouvoirs des autorités de régulation nationales vers des autorités de régulation régionales, et une coordination mondiale qui gagnera en importance. Étant donné la convergence entre contenus et réseaux, cette coordination/régulation internationale devrait logiquement s'étendre tôt ou tard aux contenus. Cependant, cela risque fort de soulever d'importants problèmes de souveraineté. Au niveau local, le recours aux technologies alternatives sans fil va sans doute s'amplifier sous l'impulsion des communes. Cela étant, il faut s'attendre à ce que les opérateurs historiques continuent de livrer un combat d'arrière-garde pour préserver les coûts irrécupérables liés aux infrastructures existantes et se protéger de la guerre des prix déclenchée par la téléphonie VoIP. Il appartiendra aux autorités de régulation de veiller à ce que ces manœuvres dilatoires n'entraient pas de manière indue l'entrée en lice de nouveaux acteurs, que le secteur soit soumis à une saine concurrence et que les technologies soient pleinement mises à profit et bénéficient aux consommateurs. Pour autant, les grands opérateurs ne devront pas être dissuadés d'investir dans les nouvelles technologies. Autrement dit, les autorités de régulation devront trouver un subtil équilibre entre le maintien d'un environnement ouvert et l'incitation à l'innovation donnée tant aux opérateurs historiques qu'aux nouveaux acteurs. Reste à savoir s'ils y parviendront effectivement.

La libéralisation et la séparation (des fonctions de production, de transport et de distribution) ont aussi eu un impact considérable sur le secteur de l'énergie. Le résultat est toutefois plus inégal que dans le cas des télécommunications : la réforme s'est peut-être soldée par des gains d'efficacité, mais elle crée aussi un contexte plus incertain pour les décisions d'investissement infrastructurel et soulève des questions quant au niveau approprié des réserves de puissance. Il n'est donc pas impossible que les investissements soient insuffisants à l'avenir si l'on ne fait pas appel à des techniques plus efficaces de gestion des risques. Il se pourrait aussi que les gouvernements soient obligés d'intervenir ou de permettre une

reconsolidation partielle du secteur, ce qui, comme le relève Morgan dans le chapitre de l'AIE, pourrait soulever d'importants problèmes sur le plan de la concurrence.

L'action des pouvoirs publics constitue également le facteur prépondérant dans le domaine des infrastructures de transport terrestre. En effet, étant donné le poids écrasant de l'État dans ce secteur, Stambrook estime que l'investissement risque d'y pâtir de la « vision à court terme » qui caractérise les processus décisionnels publics. Les infrastructures de transport terrestre (route et rail) ont une durée de vie économique très longue (supérieure à 30 ans), et la planification et la budgétisation des investissements obéissent à un cycle long (10-20 ans) qui s'accorde manifestement mal avec les cycles économiques (7 ans), politiques (3-5 ans) et budgétaires (2-3 ans). À chaque crise conjoncturelle, il faut s'attendre à ce que les projets à long terme de financement d'infrastructures de transport soient sacrifiés sur l'autel des impératifs du moment pour répondre aux pressions politiques et à d'autres objectifs d'action jugés plus urgents.

Stambrook fait aussi observer que même si la construction de nouvelles routes est économiquement souhaitable, il se peut que la politique suivie et les contraintes rencontrées en matière de finances publiques l'empêchent d'atteindre le volume qui permettrait de « maximiser la richesse/production ». Plusieurs facteurs politiques et financiers peuvent agir comme des freins dans ce contexte : manque de stabilité politique, corruption dans le secteur public, capacité de prélèvement fiscal insuffisante, évasion fiscale, inflation élevée, etc. Une solution envisageable (mais controversée) pourrait consister à transférer la responsabilité en matière d'infrastructures de transport terrestre de la sphère politique vers un organisme de régulation indépendant (comme cela a déjà été fait dans les secteurs des télécommunications et de l'énergie) et d'affecter au moins partiellement le produit des impôts perçus sur l'utilisation de véhicules terrestres au financement des investissements dans ces infrastructures.

L'action des pouvoirs publics joue également un rôle central dans la gestion des ressources en eau. Il s'agit d'une tâche particulièrement compliquée, dans la mesure où elle fait intervenir un large éventail d'acteurs publics et privés qui ont des intérêts divers et parfois incompatibles, aux niveaux international, national et local. Dans ce contexte institutionnel complexe, l'état des infrastructures de l'eau dépend dans une large mesure des modalités de répartition des responsabilités et de financement, de la façon dont sont réglés les conflits entre les différentes parties prenantes, des objectifs généraux de l'action des pouvoirs publics et de la façon dont ils sont poursuivis. Dans les pays développés aussi bien que dans les pays en développement, un enjeu essentiel pour l'avenir sera de procéder aux changements institutionnels qui s'imposent pour moderniser et renforcer les dispositifs juridiques,

politiques et administratifs régissant le secteur, de façon à les concilier au mieux avec les intérêts des usagers, à prendre en compte comme il convient les problèmes sanitaires et environnementaux et à s'assurer que l'assise financière du secteur est saine. La mission ne s'annonce pas facile.

Comme le remarquent Ashley et Cashman, une surveillance réglementaire efficace apparaît de plus en plus nécessaire, indépendamment des modalités de fourniture des services, et le gouvernement central devra continuer de jouer un rôle stratégique en définissant l'orientation de la politique sociale, environnementale et fiscale. La tâche des responsables de la réglementation risque d'être plus complexe à mesure de l'adoption de nouvelles technologies et des modèles d'organisation nécessaires à leur déploiement. Il pourrait y avoir un certain flou sur les responsabilités en matière de fourniture de services, d'où la nécessité de renforcer la gouvernance pour protéger le public. Les interdépendances entre des sphères aussi diverses que la réglementation, la sécurité, les aspects économiques, la qualité, l'environnement, la protection des consommateurs, etc. deviendront de plus en plus délicates et complexes. En outre, la présence du secteur privé dans les services de l'eau sera inévitablement plus forte, mais pas uniquement sous l'effet de la privatisation puisqu'on n'a guère de raisons de penser que celle-ci entraîne une hausse des investissements dans les services de l'eau. La décentralisation et l'engagement du secteur privé semblent offrir le plus de perspectives : diverses formes de sous-traitance pourraient voir le jour à mesure que les prestataires de services chercheront à réaliser des gains d'efficacité et adopteront des innovations technologiques.

Adaptation à l'évolution du contexte institutionnel

Ces réformes devront intervenir dans un contexte institutionnel en mutation qui, dans beaucoup de régions du monde, voit l'État-nation abandonner de plus en plus de prérogatives à des instances supranationales. En effet, les États n'ont cessé de chercher à établir des mécanismes internationaux pour faciliter et régler leurs relations, devenues de plus en plus complexes. Dans ces conditions, les instances supranationales telles que l'UE et l'OMC auront une influence de plus en plus forte sur les grandes orientations et les conditions de participation. Par exemple, l'UE joue un rôle particulièrement important dans le secteur de l'eau en Europe, car elle élabore des normes et des prescriptions qui ont un impact significatif sur les services de l'eau et les infrastructures nécessaires à leur fourniture.

Si l'État-nation abandonne ses prérogatives, c'est aussi au profit d'instances infranationales, la fourniture de tout un éventail de services d'infrastructure étant soit déléguée aux autorités locales ou régionales, soit confiée à des organismes placés ou non sous la tutelle de l'État. Il deviendra de

plus en plus délicat de prendre les bonnes décisions dans cet environnement institutionnel toujours plus complexe.

Amélioration des outils à la disposition des décideurs

Enfin, un aspect important qui se dégage des chapitres sectoriels est la nécessité d'améliorer les outils dont disposent les responsables des politiques. En l'occurrence, ces chapitres évoquent l'inadéquation quantitative et qualitative des statistiques et données relatives aux infrastructures aujourd'hui disponibles; l'emploi d'analyses coûts-avantages plus évoluées, et notamment de méthodes qui tiennent compte des effets non seulement directs, mais aussi indirects du développement des infrastructures; le recours plus généralisé à la comptabilité d'engagements pour le coût des infrastructures, les dotations aux amortissements et les coûts de financement; et les possibilités de planification des équipements et d'identification des projets à l'échelle des réseaux, ainsi que la gestion globale des équipements et la mesure des performances.

6. Prochaines étapes

Les changements économiques, démographiques, politiques et technologiques qui sont appelés à intervenir au cours des deux ou trois prochaines décennies auront des conséquences significatives pour les infrastructures. Selon toute vraisemblance, ces changements imposeront une révision approfondie des objectifs stratégiques, des mécanismes de financement, des dispositifs régissant le partage des risques et des coûts (entre les parties prenantes et au sein de la société dans son ensemble), des méthodes de gestion, des procédures de planification et des modes opératoires en vigueur – en résumé, il faudra réexaminer les modèles économiques dominants des infrastructures et leur viabilité à long terme. Il va sans dire que la viabilité est indissociable du cadre d'action réglementaire et du cadre de gouvernance dans lesquels s'inscrit le développement des infrastructures. C'est pourquoi la prochaine étape de ce projet portera sur l'évolution probable des modèles économiques aujourd'hui en vigueur, les forces poussant à l'adaptation, les perspectives d'innovation et les cadres d'action qui devront être mis en place si l'on veut que les infrastructures jouent pleinement leur rôle de soutien et de renforcement du développement économique et social dans le monde.

Bibliographie

AIE (Agence internationale de l'énergie), *World Energy Outlook 2004*, Paris.

APEREC (2003), « Energy Investment Outlook for the APEC Region », Asia Pacific Energy Research Center, Tokyo.

- Aschauer, D.A. (1989), « Is Public Expenditure Productive? », *Journal of Monetary Economics*, vol. 23, mars.
- DTI Foresight (2006), « Intelligent Infrastructure Futures », Office of Science and Technology, Royaume-Uni, www.foresight.gov.uk.
- États-Unis (2001), « National Energy Policy », Report of the National Energy Policy Development Group, Washington DC.
- Fay, M. et T. Yepes (2003), « Investing in Infrastructure: What is Needed from 2000 to 2010? », World Bank, Working Paper No. 3103.
- Gulli, Francesco (2006), « Small Distributed Generation versus Centralized Supply: A Social Cost-benefit Analysis in the Residential and Service Sectors », *Energy Policy*, 34, pp. 804-832.
- Rosengrant, M.W., X. Cai et S. Cline (2002), *Global Water Outlook to 2025: Averting an Impending Crisis*, IFPRI, Washington DC.

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

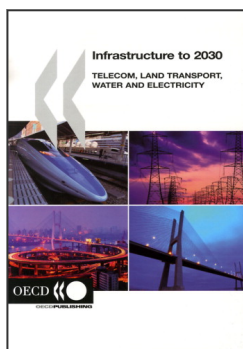
4.7. Relations significatives d'élasticité du transport de marchandises .	241
4.8. Relations significatives d'élasticité du transport de voyageurs. . .	242
5.1. Disponibilités d'eau dans les différentes régions du monde.	285
5.2. Pourcentage de la population bénéficiant de services de distribution d'eau 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. Prévission 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 :

Stevens, Barrie, Pierre-Alain Schieb et Michel Andrieu (2006), « Le développement des infrastructures dans le monde à l'horizon 2030 : un regard transsectoriel », dans OCDE, *Infrastructure to 2030 : Telecom, Land Transport, Water and Electricity*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264024014-2-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.