

**XXIV CONGRES MONDIAL DE LA ROUTE**

**Mexique 2011**

**ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE**

**RAPPORT NATIONAL**

**SÉANCE D'ORIENTATION STRATÉGIQUE TS D**

**GESTION DU PATRIMOINE ROUTIER  
DANS UN CONTEXTE  
DE DÉVELOPPEMENT DURABLE  
ET D'ADAPTATION  
AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**

*OFFICE OF PAVEMENT TECHNOLOGY*

*FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION*

*1200 NEW JERSEY AVENUE, SE*

*WASHINGTON DC 20590*

[\*peter.stephanos@dot.gov\*](mailto:peter.stephanos@dot.gov)

## **La durabilité dans le processus de livraison des projets d'autoroutes**

L'Administration fédérale des autoroutes (FHWA) s'est fixé l'objectif ambitieux d'entretenir un réseau viable d'autoroutes en tenant compte des effets économiques, sociaux et environnementaux au cours de la conception des projets. Bien que l'on tienne déjà compte de certains aspects de la durabilité dans la livraison de projets d'autoroutes, une norme nationale d'évaluation de la durabilité fait défaut. En fait, diverses approches ont été adoptées à travers le pays afin d'évaluer la durabilité.

Pour pallier à ce problème, la FHWA a lancé des travaux de recherche pour organiser un cadre de travail afin d'évaluer la durabilité des projets d'autoroutes. Ce cadre de travail devrait employer des critères afin de noter le degré avec lequel tous les aspects de la durabilité (économie, équité et environnement) ont été incorporés dans la planification, le design, la construction et l'entretien d'installations d'autoroutes. Les critères en matière de durabilité d'autoroutes qui en résultent seront introduits à titre d'essai dans des projets d'autoroutes existantes, et triés par les parties prenantes du secteur des autoroutes. Les critères retenus seront incorporés dans un outil basé sur Internet que les organisations des transports pourront facilement utiliser et évaluer de manière consistante pour évaluer la durabilité des autoroutes. Ces travaux de recherche seront achevés d'ici à fin 2010.

Ce document présente un aperçu sur les possibilités de tenir compte de la durabilité dans la livraison des projets d'autoroutes ainsi que des pratiques actuelles. Les quatre sections du rapport sont les suivantes : le processus de livraison des projets, l'utilisation de matériaux recyclés dans les applications d'autoroutes, le mélange d'asphalte enrobé à des températures moyennes et l'adaptation aux effets du changement climatique.

### **Le processus de livraison de projets**

La durabilité peut être adéquatement prise en compte dans divers aspects du processus de livraison de projets d'autoroutes. Ce rapport discutera de la livraison des projets d'autoroutes lors de sept étapes :

- la planification à long terme des transports;
- la programmation/le financement des transports;
- la planification des projets/le processus mis en place par la loi sur la politique environnementale nationale (*National Environmental Policy Act – NEPA*) ;
- processus d'alignement et conception des autoroutes ;
- les activités de construction;
- les matériaux et les ressources de construction, et
- les opérations et l'entretien.

Certaines de ces étapes, telle que la planification à long terme, ne font pas forcément référence aux seules autoroutes, mais couvrent des problèmes de transports plus vastes. Néanmoins, ces dernières sont hautement pertinentes du fait que les investissements dans les infrastructures d'autoroutes représentent encore le facteur contribuant aux dépenses les plus élevées dans le domaine des transports. Chaque étape est décrite ci-dessous, et une discussion sur l'importance de la durabilité à ce niveau est présentée.

### **La durabilité dans le processus de planification des transports à long termes**

Les plans à long terme pour les transports (LRTP) fournissent la possibilité aux parties prenantes engagées dans le secteur des transports de tenir compte d'une large gamme de préoccupations, y compris la durabilité, au moment où celles-ci fixent des objectifs stratégiques à long terme pour les transports dans une région ou un État. Les plans de transports à long terme servent de base pour les études de corridors ou de projets spécifiques et sont pris en compte en vue de l'élaboration de programmes de transports

métropolitains pour l'ensemble de l'État. Ils permettent d'examiner les préoccupations de nature environnementales, économiques et communautaires à l'échelle de l'État ou de la région.

Depuis le début des années 90, la planification à long terme des transports aux États-Unis a été limitée par les exigences fédérales destinées aux États et aux régions métropolitaines, et plus de 50 000 personnes sont engagées dans l'élaboration de documents de plans de transports à long terme, périodiques et formels (FHWA, 2009). Les conditions requises par le gouvernement fédéral n'exigent pas la prise en compte de la durabilité lors de la formulation des LRTP. Ainsi, pour l'heure, la majorité des LRTP des États ou des organisations de planification métropolitaine (MPO) n'abordent pas spécifiquement la question de la durabilité. Toutefois, de nombreux départements des transports des États (DOT) intègrent les principes de durabilité dans les plans stratégiques. Le contenu thématique de n'importe quel LRTP, qui est guidé par la législation fédérale sur les transports de surface, comprend plusieurs « facteurs de planification » imposés se rapportant à la durabilité, y compris le dynamisme économique, la sécurité, l'accessibilité et la mobilité, l'environnement, l'intégration et la connectivité. En outre, des questions ayant surgi en rapport avec la durabilité, tel que le changement climatique et la santé publique, sont importants dans la sphère de planification des transports. Chacune de ces questions sont discutées ci-dessous.

### ***Les problèmes émergents se rapportant à la durabilité dans le cadre de la planification à long terme des transports***

Avec l'évolution du processus de planification à long terme, les DOT et les MPO des États prendront en considération toute une série de problèmes émergents se rapportant à la durabilité :

- La santé publique et les transports — Au cours de ces dernières années, la prévalence des modes de vie sédentaires aux États-Unis a augmenté. Les Américains de tous âges sont de moins en moins actifs et souffrent de maladies associées à l'inactivité. De nombreux experts ont conclu que le recours systématique à l'automobile est un facteur contributif. En outre, les émissions de gaz polluants générées par les transports représentent, selon les estimations, 30 pourcent de toute la pollution de l'air dans les zones urbaines et de nombreux problèmes de santé leur est imputable (National Emissions Inventory, 2010).
- Changement climatique et transports — Aux États-Unis, les transports représentent la seconde source la plus importante d'émissions de gaz à effet de serre (GES) ; (la première étant la production d'électricité). Un rapport de 2008 de la FHWA a examiné les possibilités de réduction des émissions de GES en provenance des transports, y compris la transition vers des carburants alternatifs, l'usage de véhicules plus économes en carburant et la réduction du nombre total de milles parcourus. Il discutait également de la manière dont les activités de planification à long terme pouvaient contribuer au renforcement de ces stratégies. Un certain nombre de campagnes locales et nationales (par ex., *Climate Change and the Highway System: Impacts and Adaptation Approaches*, National Cooperative Highway Research Project (NCHRP) 20-83(05)) sont en cours afin de mieux incorporer le changement climatique dans la planification à long terme.
- Prise de décisions dans un cadre participatif — En général, selon le rapport de 2010 intitulé *Framework for Collaborative Decision Making on Additions to Highway Capacity*, du Programme stratégique de recherche sur les autoroutes, les praticiens sont encouragés à adopter une approche participative en vue de l'élaboration des LRTP (ICF 2010).

## La durabilité dans la programmation et le financement des transports

Par le biais d'un processus connu sous le nom d'élaboration de programme de transports, les DOT et les MPO des États formulent des programmes de transports qui font correspondre les besoins de transports en fonction du niveau de priorité du projet aux fonds de mise en œuvre. Cela est réalisé grâce aux processus des Programmes d'amélioration des transports (TIP) et des Programmes d'améliorations des transports de l'État (STIP). Un programme pour les transports qui est réussi s'assure que les décisions portant sur les dépenses, à court terme et limitées à un projet, contribuent à la réalisation à long terme des objectifs de transports, qui, à leur tour, renforcent les intérêts nationaux, locaux et des États. La conception d'un programme de transports métropolitains est en général un effort de collaboration entre le DOT des États et les partenaires locaux et fédéraux. La phase de programmation des transports est l'étape durant laquelle les objectifs de durabilité sont déterminés et la planification à long terme peut être intégrée dans des cibles explicites se rapportant à la mise en œuvre d'un nombre spécifiques de projets.

Le MPO prépare le TIP, qui identifie les projets et les stratégies des transports en provenance du plan à long terme sur les transports métropolitains qui sera entrepris au cours des 4 années suivantes. Le TIP est la manière pour la région d'allouer ses maigres ressources pour les transports, en fonction des divers besoins en capitaux et en fonctionnement de la zone, en se fondant sur une série claire de priorités à court terme pour les transports. Le STIP, qui est préparé par le DOT des États, est similaire au TIP en ce qu'il repère les priorités à travers l'État en matière de projets de transports et doit être limité par les restrictions budgétaires.

Pour l'heure, les exigences en termes de programmation des transports n'exigent pas une prise en compte explicite de la durabilité. Certains facteurs généralement retenus comme relevant de la durabilité sont intégrés au processus de programmation. Parmi ceux-ci, on compte la conformité à la qualité de l'air, la réduction des embouteillages, le programme sur la qualité de l'air et le programme fédéral sur l'amélioration des transports.

## La durabilité dans la planification de projet/le processus du NEPA

La planification spécifique à un projet est un processus de type participatif, mené par les DOT des États, qui promeut l'engagement de tous les utilisateurs d'un système de transports. Ceux-ci comprennent les entreprises, les groupes communautaires, les organisations de protection de l'environnement, les opérateurs de transport de marchandises et le public. La phase de planification aide les organisations à identifier les besoins en termes de projets, les préoccupations de la communauté ainsi que les solutions potentielles pour y remédier.

NEPA est une législation fédérale, approuvée le 1er janvier 1970, qui formule des politiques de protection de l'environnement. Elle exige que les employés publics examinent les informations sur l'environnement avant que les décisions spécifiques à un projet ne soient prises et des démarches entreprises. La planification et les processus NEPA créent un cadre de travail dans lequel les planificateurs et les parties prenantes peuvent intégrer de nombreux facteurs, y compris ceux concernant les préoccupations sur la durabilité, avant de passer à la phase finale et à la construction des projets proposés.

La FHWA a publié un guide de planification des transports, utile pour les preneurs de décisions, expliquant les fondements de la phase de planification de l'élaboration des projets (FHWA, 2007). En outre, le Conseil sur la qualité de l'environnement (*Environment Quality Council*), qui supervise la politique NEPA, a publié un guide des citoyens pour NEPA (CEQ, 2007). Pour le moment, la législation sur la planification et celle se rapportant à NEPA ne font pas référence à la durabilité. De nombreux facteurs devant

couramment être examinés durant les travaux de planification pour un projet spécifique et lors de l'examen NEPA, néanmoins, sont directement liés à des préoccupations de durabilité. On compte parmi ceux-ci l'analyse du développement économique et les considérations sur l'impact sur l'environnement naturel et humain. Les programmes et les processus en émergents sont également pertinents lors de la phase de planification des projets. Ceux-ci sont discutés ci-dessous.

### **Problèmes émergents liés à la durabilité dans le cadre de la planification de projet/Analyse NEPA**

Face à l'évolution des processus de planification de projets et NEPA, les DOT et les MPO des États examinent toute une série de problèmes émergents liés à la durabilité au moyen de nouveaux processus :

- **Philosophie de la « Planification et des retombées sur l'environnement »** — Dans de nombreux États, la prise en compte précoce des problèmes économiques, sociaux et environnementaux avant qu'un document NEPA ne soit même préparé est un phénomène de plus en plus courant dans le cadre de la planification de projets. La FHWA a promu l'approche de « Planification et de ses retombées sur l'environnement » (PEL) pour mener à terme un processus participatif et intégré de prise de décision en matière de transports. Le PEL est appliqué de manière précoce, au tout début du processus de transports, lorsque les preneurs de décisions examinent les objectifs environnementaux, communautaires et économiques et transposent ces objectifs tout au long du processus d'examen du projet portant sur le développement et l'environnement, jusqu'à la conception, la construction et l'entretien. (FHWA, 2009) À la fin des années 2009, la FHWA publia un guide pour les DOT, les MPO et les organisations locales des transports qui étaient intéressées à concevoir des programmes individuels pour mesurer le succès à lier la planification des transports et l'analyse environnementale (Volpe, 2009).
- **Solutions adaptées au contexte (CSS)** — Au cours de la précédente décennie, les praticiens de la planification ont commencé à adopter et à appliquer le concept et les principes de CSS, qui est une philosophie cohérente pour s'assurer que les projets de transports soient élaborés de manière participative par une équipe d'experts interdisciplinaires pour répondre au contexte physique. Cela est réalisé en soutenant les valeurs communautaires et en préservant les ressources panoramiques, historiques et environnementales, tout en assurant la sécurité et la mobilité. Le Rapport NCRHP 480, *A Guide to Best Practices for Achieving Context Sensitive Solutions*, fournit une introduction exhaustive sur les principes du CSS (CH2M HILL, 2002).
- **Programmes de notation de durabilité en fonction des projets** — Le programme GreenLITES du Département des Transports de New York (LITES = acronyme anglais de Leadership dans les transports et la durabilité environnementale) est un exemple des démarches entreprises par l'État pour sélectionner les conceptions de projets de transports qui incorporent un haut niveau de durabilité environnementale. GreenLITES, un programme de notation de projets, comprend une autocertification qui la singularise par rapport aux autres projets et opérations de transports, dans la mesure où ceux-ci incorporent des choix durables. Il reprend en partie sur le système de notation Greenroads, ou Routes vertes, en français (Muench et autres, 2010).

### **La durabilité dans le processus d'alignement et de conception d'autoroutes**

Parmi les processus les plus cruciaux pour la mise en œuvre de la durabilité dans le cadre d'un projet particulier, on compte la sélection de l'alignement et la conception d'autoroutes. L'impact environnemental, économique et social doit être traité pendant cette phase, et en

termes pratique en tenant compte des contraintes réelles qui existent. Les contraintes sont les limites physiques (tels que les écosystèmes), les restrictions financières (par exemple, les coûts de vie utile) et les besoins humains (y compris la sécurité et l'accessibilité) qui ont été définis au cours des processus de conception et d'élaboration du projet, et de participation des parties prenantes. En gros, au début du processus d'élaboration, la durabilité devient plus facilement quantifiable parce que les décisions se rapportant à un projet en particulier au cours de l'élaboration et de la construction sont bien plus détaillées que celles prises lors de la phase fonctionnelle et de planification.

L'impact sur l'environnement d'un projet spécifique pour l'emplacement et la conception des autoroutes est strictement réglementé par la législation américaine. Par exemple, le processus d'analyse de l'environnement NEPA exige qu'une enquête soit menée sur l'impact à court et long terme, ainsi que sur l'impact cumulatif de la conception et de la construction. En outre, de nombreuses réglementations existantes régulent les impacts autorisés et à court terme qui influent sur la qualité de l'environnement, telles que les évacuations d'agents polluants, au travers du processus d'autorisation du Système national d'élimination des évacuations d'agents polluants (*National Pollutant Discharge Elimination System*) et la Loi sur la qualité de l'air, le *Clean Air Act*. L'impact des autoroutes ou le changement sur l'intégrité générale des bassins hydrologiques et des zones avoisinantes en raison de la destruction de l'habitat, de la fragmentation et de la dégradation (Southerland, 1994; Ament et autres, 2008). Les habitats peuvent être détruits au moment du retrait ou du changement de végétation, de la perte de surfaces disponibles auparavant ou de l'intrusion dans des zones rivulaires sensibles et dans le territoire des bêtes sauvages. Les autoroutes forment également des barrières linéaires qui divisent ou bloquent les habitats de bassin hydraulique et empêchent le passage des espèces par cette zone. La dégradation, en général, signifie que les polluants ou autre effet nocif produit par les autoroutes, tels que les travaux de construction ou le bruit de la circulation, réduisent la qualité préexistante d'un bassin hydraulique. Cela comprend des pratiques qui découlent indirectement de considérations sur la gestion des eaux de pluie, telles que le remplacement de la végétation d'origine (qui contribue au contrôle et au traitement du débit) par de nouvelles espèces envahissantes ou de nouveaux sols plus friables (Forman and Alexander 1998). On constate que des modifications relativement mineures du niveau général de l'eau puissent impacter les populations d'organismes aquatiques et la végétation (Ville de Seattle 2009).

Il est clair que les autoroutes ont des effets très complexes sur l'environnement et cette complexité est par définition difficile à gérer dans le cadre d'un projet particulier. Les administrateurs de bassins hydrauliques reconnaissent combien il est difficile actuellement de le faire et nombreux sont ceux qui plaident en faveur d'approches alternatives en ce qui concerne les bassins hydrauliques pour pouvoir faire face aux dimensions importantes des problèmes auxquels ils sont confrontés (Ville de Seattle, 2009). La majorité des pratiques actuelles visent l'évitement ou la minimisation des empreintes, probablement afin d'éviter l'impact ainsi que pour réduire les coûts. Cela est spécialement vrai pour les alignements de ponts d'autoroutes qui s'étendent ou sont placés sur les voies d'eau.

Parmi les exemples de pratiques durables enregistrées dans le domaine de la conception et de l'alignement des autoroutes, on relève :

- **Rapport 565 du NCHRP 565—** (Huber et autres, 2006) fournit un exemple pertinent de projets utilisant des approches d'élaboration à faible impact pour la gestion de la qualité des eaux de ruissellement (et du contrôle de débit) dans un contexte d'autoroute.

- **Projet de mesures d'atténuation sur 90 Snoqualmie Pass East** — Les employés de l'administration des États emploient diverses solutions, y compris des ponts, des ponceaux, des passages supérieurs et du grillage pour gérer la continuité de l'habitat aquatique et terrestre le long de cette portion d'autoroute (WSDOT 2009)
- **Division de l'Ouest pour les autoroutes sur les terres fédérales (WFLHD) Processus de végétalisation le long des routes**—WFHLD a identifié une approche détaillée et exhaustive de la végétalisation des sites décrivant les actes et les démarches importantes nécessaires pour constituer une végétation (Steinfeld et autres, 2007).
- **Artère/tunnel central, Boston, Massachusetts**—Le projet artère/tunnel central (le « Big Dig »), désormais géré par MassDOT, disposait de « restrictions parmi les plus exhaustives et strictes en matière de contrôle du bruit de l'ensemble du pays » (Thalheimer 2000) et a contribué à développer le *Highway Construction Noise Handbook* de la FHWA (Knauer et autres, 2006).

### La durabilité des activités de construction d'autoroutes

Les activités de construction se réfèrent aux activités qui se déroulent dans l'enceinte d'une zone particulière de travail pour un projet de construction de projet spécifique. Ainsi, les activités de construction tiennent compte des moyens et des méthodes de construction. Conformément à cette définition, la gestion et la consommation en carburant d'un parc d'excavatrices sur place sont comprises dans le calcul, mais le remorquage de matériaux excavés hors de la zone de travail limitrophe à une installation de décharge ne l'est pas. Ces activités et pratiques peuvent être conçues de plusieurs manières afin d'améliorer la durabilité en ce qui concerne la mise en œuvre du projet.

La manière la plus évidente pour que les activités de construction tiennent compte de la durabilité est probablement ancrée dans le cadre du fonctionnement des machines dans la zone de travail. Une fois allumées, les machines consomment de l'énergie et génèrent des émissions, ce qui affecte la santé des êtres humains et l'environnement dans la région. Toutefois, en analysant 12 documents portant sur la construction des corps de chaussée, Muench (à l'impression) a trouvé que les activités de construction telles que définies en général dans ce document, contribuent à la génération de moins de 5 pourcent de la consommation d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> totales pour la production de matériaux, les transports et la construction sur place. D'autres émissions plus visibles, telles que l'érosion du site ou l'écoulement des eaux de ruissellement, affectent l'environnement et peut-être également la santé des êtres humains, mais comparés à la vie utile d'une autoroute, ces dernières ne sont que de faible durée, ce qui leur fait perdre de leur force, bien qu'elles demeurent suffisamment importantes pour être régies par la législation américaine.

Peut-être que l'influence de ces activités est moins évidente, mais contribue davantage sur ce qui suit : (1) la durabilité du produit final à travers la qualité de la construction, (2) embauche de la main d'œuvre/développement professionnel, et (3) l'impact sur la communauté pendant la construction. La qualité de la construction peut influencer la durabilité et ainsi, influencer le niveau nécessaire d'entretien/préservation ainsi que la durée de vie réelle de l'autoroute, qui à son tour, influence l'environnement par le biais de la consommation de matériaux et l'économie, à travers les dépenses encourues.

L'embauche de main d'œuvre a constitué une grande motivation dans la décision de lancer les activités de construction actuelles, dans le cadre de la loi sur le redressement (*American Recovery and Reinvestment Act, Recovery Act* dans sa forme abrégée). Environ 262 000 emplois dans le secteur de la construction ont été générés ou préservés

grâce aux fonds du Recovery Act jusqu'en 2009 (Bureau de l'Exécutif, 2010). Mais encore plus important, quoique moins directement mesurable, est le développement professionnel de la main-d'œuvre (c'est-à-d., la formation) qui accompagne l'embauche. La construction des autoroutes est souvent accompagnée par de nombreuses possibilités de formation (par ex., la sécurité des apprentis et la formation en matière d'écologie) et génère l'expérience requises par la main-d'œuvre pour entretenir l'infrastructure des autoroutes aux États-Unis.

Pour terminer, l'effet sur les communautés des fermetures de routes, des embouteillages liés aux travaux de construction et le bruit généré par ces travaux peut affecter un grand nombre de personnes, même en cas d'empreinte relativement petite du projet.

Voici quelques exemples de pratiques durables dans le domaine des activités de construction d'autoroutes :

- **Le Système de gestion de l'environnement (EMS) du Département des Transports de l'État de Washington (WSDOT)** — En 2005, le WSDOT a mis sur pied un EMS qui fournit au personnel et aux entrepreneurs les exigences, les procédures écrites, la formation, la définition des rôles, un plan d'inspection/d'améliorations et des mesures de performance se rapportant au respect des normes environnementales de la construction (WSDOT 2010).
- **Earthwise Excavation** — L'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) met en avant Earthwise Excavation (EPA, 2009) pour avoir utilisé du 100% DE biodiésel (B100) pendant les mois d'été et B90 avec des additifs antigel de décembre à février.
- **Normes de 4ème niveau de l'EPA** — Ces normes, qui sont en phase d'incorporation par l'EPA de 2008-2015 pour le matériel autres que pour la route, exigent des réductions en matières particulaires et en oxydes d'azote d'environ 90 pourcent. L'EPA documente plusieurs cas (EPA 2009), y compris les démarches entreprises pendant le projet Artère/tunnel central et le Programme d'amélioration de traversée de la I-95 de New Haven Harbor.
- **Les Programmes de crédits verts du DOT du Missouri (MoDOT)** — En 2009, MoDOT a travaillé avec la Région 7 de l'EPA en vue de lancer un programme pilote offrant des encouragements monétaires pour les entrepreneurs qui utilisent des pratiques favorables à l'environnement dans le cadre des ouvrages de construction d'autoroutes du MoDOT. Le programme pilote surnommé Crédits Verts, fut modelé d'après le système de notation *Leadership for Energy and Environmental Design*. MoDOT espère que les Crédits Verts encourageront les entrepreneurs à soumettre de nouvelles idées pour la construction d'autoroutes vertes, et au cours de ce processus, feront la promotion de l'air propre, augmenteront leur taux de recyclage et réduiront leurs émissions de GES. Les catégories de Crédits Verts comprennent les pratiques, telles que la réutilisation de matériaux, la réduction des émissions dans l'atmosphère et l'utilisation de carburants alternatifs.

Selon ce programme, les entrepreneurs qui satisfont ou excèdent les objectifs fixés par les projets pour chaque catégorie obtiennent des crédits accompagnés de récompenses financières. Dans le même sens, si un entrepreneur se fixe un objectif Crédits Verts et ne le réalise pas, cet entrepreneur devra verser des dommages-intérêts.



## La durabilité dans l'emploi de matériaux de construction et de ressources

Les matériaux bruts de construction, tels que l'asphalte et le béton, et les ressources, tels que les carburants et l'électricité représentent des éléments fondamentaux de tout projet d'autoroute. La majorité de ces matériaux et ressources sont produits au moyen de méthodes ou de procédés qui dépendent lourdement sur l'utilisation de ressources non-renouvelables pour leur production, qui peut consommer beaucoup d'énergie et avoir un impact très important sur l'environnement. Heureusement, ces éléments du système d'autoroutes constituent les aspects les plus tangibles et quantifiables d'un projet d'autoroute et, en fin de compte, sont les plus faciles à gérer au moment de commencer à aborder la question de la durabilité. Une approche durable pour la gestion de ces matériaux et ressources devrait, pour le moins :

- employer une perspective de vie utile pour les coûts ainsi que pour les émissions libérées dans l'atmosphère ;
- promouvoir les activités de recyclage et de réutilisation qui minimisent le besoin d'extraire des matériaux ;
- être déléguée à des entrepreneurs de la région ;
- réduire le besoin de carburants et de ressources non-renouvelables, et
- gérer les déchets de construction de manière responsable.

Une perspective tenant compte de la durée de vie utile offre une stratégie systématique pour envisager la gestion des matériaux de construction et des ressources, ainsi que des activités d'exploitation, pouvant avoir des avantages écologiques, économiques et pour terminer, sociaux, provenant de la réduction des impacts environnementaux à long terme ainsi que pour les coûts encourus par l'organisation et par les utilisateurs. En outre, les attentes en termes de durabilité et des longues durées de cycle de vie peuvent être satisfaites grâce à une conception, une construction et un entretien responsables de ces éléments fondamentaux d'autoroutes. Deux outils utiles pour jauger les alternatives en phase décisionnelle précoce sont les analyses de cycle de vie (LCCA) et l'évaluation de cycle de vie.

Parmi les exemples de pratiques durables se rapportant aux matériaux de construction et aux ressources, on compte :

- **Le Manuel des procédures LCCA du Département des Transports de la Californie (Caltrans)** — Caltrans a conçu un manuel décrivant les procédures LCCA à employer pour les projets Caltrans, sur la base du modèle logiciel RealCost. (Caltrans, 2007; Land, 2007).
- **Rapport 565 du NCHRP : *Evaluation of Best Management Practices for Highway Runoff Control Guidelines Manual*** — Ce rapport contient des exemples détaillés d'utilisation d'analyses des coûts de cycle de vie afin d'évaluer les alternatives de gestion des eaux de ruissellement pour les projets d'autoroutes (Huber et autres, 2006).
- **Outil d'évaluation du cycle de vie du revêtement en termes d'effets sur l'environnement et sur l'économie (PaLATE)** — Cet outil logiciel en provenance du Consortium de Conception et de Fabrication écologique (Green Design and Manufacturing) de l'Université de Californie, à Berkeley, peut être utilisé pour effectuer une évaluation de cycle de vie écologique en vue de déterminer les émissions et la consommation d'énergie en fonction du volume total de matériaux utilisés dans le cadre d'un projet de voirie, y compris les alternatives portant sur les matériaux recyclés (Horvath, et autres, 2007).

- **Éclairage solide de l'État, Interstate 35W Pont des Chutes de Saint Anthony** — Le Département des Transports du Minnesota, en coopération avec le ministère américain de l'Énergie, a installé des diodes émettant de la lumière pour les systèmes d'éclairage du pont afin d'assurer un éclairage uniforme tout en réduisant l'usage d'énergie nécessaire au fonctionnement et conformément aux exigences en matière d'entretien (Laboratoire national de la région du Pacifique-Nord-Ouest, 2009)
- **Le Système de suivi des déchets** du Département des Transports du Texas — L'État a lancé un plan quinquennal afin d'intégrer une stratégie progressive de gestion des déchets dans les pratiques de son organisation. Depuis 2007, ce système a permis d'économiser près de 2 millions de tonnes d'agrégats de première utilisation en incorporant de nombreuses options de recyclage de matériaux dans les pratiques générales de l'organisation (Davio, 2000 ; CMRA, 2009).

### La durabilité des opérations de fonctionnement et de l'entretien

Les opérations et l'entretien font référence à une infrastructure d'autoroute en fonctionnement au cours de leur utilisation normale. Les opérations sont des stratégies employées pour pouvoir utiliser de manière efficace et efficiente la capacité existante des autoroutes (par ex., les systèmes de transports intelligents) ainsi que le fonctionnement de routine et l'alimentation électrique des signaux lumineux, des panneaux et de l'éclairage. L'entretien comprend toutes les activités portant sur l'entretien des voies, le nettoyage et les réparations du système de collecte des eaux de ruissellement, la gestion de la végétation sur le côté des routes, le contrôle de la neige et de la glace, l'entretien et les réparations des infrastructures de contrôle de la circulation et le nettoyage en général. Même pour le fonctionnement et l'entretien, les concepts de durabilité peuvent être intégrés pour éviter trop de perturbations de la circulation et assurer l'emploi de matériaux plus appropriés.

Les opérations et l'entretien peuvent fortement influencer l'environnement, l'économie, l'équité, les attentes et des composants disposant d'une durabilité prolongée. Les opérations affectent directement la manière dont une autoroute ou un système d'autoroutes est utilisé tout au long de son cycle de vie, ce qui influence des mesures générales, telles que la mobilité, la congestion et l'accès. Cela, à son tour, influence l'énergie consommée et les émissions générées par la circulation et le contrôle de la circulation (qui a un impact écologique), la capacité de transporter des gens et des marchandises (impact sur l'équité et l'économie), ainsi que les coûts financiers et environnementaux de tous ces articles.

L'entretien peut affecter la durée de vie d'une autoroute ainsi que sa capacité à répondre aux exigences des utilisateurs ; il implique également l'emploi de matériaux et de composés industriels pour les réparations et le nettoyage, des pratiques organisationnelles, y compris l'embauche et la justice environnementale.

Les exemples suivants illustrent des pratiques durables dans le domaine des opérations et de l'entretien :

- **Le Département des Transports de l'Oregon (ODOT) Autoroute solaire** — L'ODOT a fourni la terre pour un échangeur I-205 à proximité de Portland pour SunWay 1 (une société à responsabilité limitée gérée par Portland General Electric) pour construire et opérer une batterie solaire de 104 kW qui assure l'éclairage d'un tiers de l'échangeur (ODOT, 2010).
- **La régulation de bretelle d'accès à Minneapolis, MN** — Un rapport de 2001 analysant la fermeture pendant 6 semaines du système de régulation de bretelle d'accès est parvenu aux conclusions suivantes : (1) 1 160 tonnes d'augmentation

annuelle des émissions sans régulation de bretelles d'accès, (2) une augmentation de 26 pourcent des accidents sans régulation des bretelles d'accès, et (3) un rapport de 5:1 avantage/coût pour la régulation des bretelles d'accès. Note : le site Web du Système des transports intelligents (ITS) de l'Administration sur la recherche et les technologies d'innovation (<http://www.its.dot.gov/index.htm>) répertorie des milliers d'avantages et de coûts associés aux stratégies ITS.

- **L'Administration des Autoroutes d'État du Maryland (MSHA)** — La MSHA a utilisé un troupeau d'environ 40 chèvres pour lutter contre une plante envahissante sur 8 ares et prairies et de terres tourbeuses à proximité de Hampstead, dans le Maryland. Les chèvres furent choisies plutôt qu'une tondeuse à gazon en vue de réduire l'impact sur les tortues tourbeuses déjà menacées qui vivaient dans la zone.

### **Utilisation de matériaux recyclés dans les applications d'autoroutes et faible production d'émissions**

Avec la rareté croissante des matériaux de première utilisation et qu'augmente le volume des matériaux de sous-produits générés par notre société ainsi que les coûts d'élimination des déchets, la pression et les encouragements à la réutilisation et au recyclage de ces matériaux pour des applications secondaires sont en hausse. Du fait que la construction des autoroutes requiert de grands volumes de matériaux, les organisations des transports participent désormais à ces démarches de recyclage. Selon une perspective purement de génie des autoroutes, les matériaux recyclés devraient être utilisés de manière à ce que la performance de l'autoroute ne soit pas compromise.

La FHWA soutient et promeut l'emploi de matériaux recyclés pour les revêtements d'autoroutes afin de préserver l'environnement, de réduire les déchets et de fournir des matériaux bon marché pour la construction d'autoroutes. L'objectif principal est d'encourager l'usage de matériaux recyclés dans la construction d'autoroutes dans toute la mesure où cela est économiquement et pratiquement possible, sans compromettre la performance, qui doit rester la même que si des matériaux non-recyclés avaient été utilisés.

La FHWA s'est concentrée sur l'optimisation de l'usage de revêtement en asphalte recyclé (RAP), de bardeaux d'asphalte recyclé (RAS), de béton recyclé utilisé comme agrégat (RCA) en guise de matériaux fiables à utiliser au maximum dans la construction de revêtements d'autoroutes et de ponts. En outre, la FHWA a défendu et fait progresser des technologies visant à mener sur place un recyclage en une seule opération à l'endroit où une voie existante a été retirée, rajeunie et remplacée, éliminant ainsi le besoin de remorquer et de traiter les matériaux ailleurs.

#### **L'usage accru des revêtements en asphalte recyclé (RAP)**

Actuellement, environ 90 millions de tonnes d'asphalte et de béton sont recyclés chaque année, et le RAP est le matériau le plus recyclé dans le secteur de la construction.

Avec l'entretien, la réhabilitation et la reconstruction du système d'autoroutes, le revêtement en asphalte est recyclé, devenant ainsi du RAP et ce dernier peut être recyclé pour former de nouveaux mélanges d'asphalte afin d'améliorer l'état de nos autoroutes. L'addition de RAP décroît la quantité de liant routier et d'agrégats de première utilisation nécessaires pour faire un mélange d'asphalte, ce qui réduit les coûts et la demande de ressources naturelles. En 2006, et encore une fois en 2008, des augmentations importantes des coûts de l'asphalte, ajouté à la baisse de réserves d'agrégats de qualité ont entraîné l'usage accru de RAP dans le secteur du revêtement d'asphalte aux États-Unis. L'usage le plus économique du RAP est de l'employer comme source de liant routier et d'agrégats dans le nouvel asphalte enrobé à chaud (HMA). La FHWA a défini ces

mélanges de RAP comme ceux contenant un pourcentage de RAP de plus de 25 pourcent du poids du mélange.

Un des défis les plus importants confrontés par les organisations chargées des autoroutes est d'assurer que le RAP est correctement utilisé tout en maintenant le niveau de performance et la qualité du revêtement. Malgré une utilisation continue sur 30 ans du RAP pour le HMA, des questions demeurent quant à l'approche correcte à adopter pour l'élaboration de HMA avec des pourcentages élevés de RAP.

### **Le recyclage de l'asphalte aux États-Unis**

De nombreuses organisations aux États-Unis respectent des spécifications qui limitent la quantité de RAP utilisés dans certaines couches de revêtement d'asphalte ou dans certains types de mélanges. En 2007, l'Association américaine des employés publics des autoroutes et des transports des États (AASHTO) et la FHWA ont mené un sondage parmi les 50 États ainsi que dans l'Ontario, au Canada (Jones 2008). Les résultats ont révélé que la majorité des spécifications appliquées par les départements des Transports des États permettaient l'utilisation de RAP dans les mélanges de HMA, avec des taux moyens d'utilisation estimés à 12 pourcent. En outre, le RAP est autorisé en général dans les mélanges sous la surface, de base et d'accotements, mais est strictement régulé dans les couches de roulement/de surface.

Très peu d'États ont des interdictions limitant à une petite quantité ou interdisant purement et simplement le RAP, en raison de préoccupations au sujet de la performance. La plupart des départements des transports des États n'hésitent pas à utiliser jusqu'à 19 pourcent de RAP dans leur HMA. Plus de 60 pourcent des départements des transports des États permettent de grandes quantités dans les couches intermédiaires et de surface ; toutefois, environ 25 pourcent d'entre eux utilisent de fortes concentrations de RAP dans les couches intermédiaires et de surface.

Les obstacles les plus courants empêchant l'usage de davantage de RAP, selon le sondage datant de 2007, étaient l'absence de spécifications, le manque de traitement ou la forte variabilité du RAP, le manque d'expérience et des préoccupations au sujet de la disponibilité du RAP.

Les départements des transports des États utilisent AASHTO M 323 *Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design* pour obtenir des directives sur la manière d'utiliser le RAP pour la conception des mélanges d'asphalte ; néanmoins, une spécification n'a pas été conçue uniquement en vue d'incorporer le RAP, surtout pour des concentrations élevées, dans le cadre de la conception des mélanges d'asphalte. Autre préoccupation importante sur l'utilisation de RAP, est l'impression d'extrême variabilité inhérente à ce matériau. Sans traitement ou techniques de production convenables, cette variabilité est renforcée, lorsque les quantités de RAP utilisées sont élevées.

### **Les campagnes nationales pour généraliser l'utilisation du RAP**

Trois conditions requises doivent être satisfaites pour pouvoir accepter et afin de continuer à augmenter le recyclage du revêtement d'asphalte. Les revêtements d'asphalte recyclés doivent :

1. être bon marché ;
2. enregistre une bonne performance, et
3. protéger l'environnement.

Pour pouvoir satisfaire à ces exigences, la FHWA a élaboré un programme ciblé en vue d'encourager le recyclage du revêtement d'asphalte comprenant les éléments suivants :

- encourager l'utilisation de matériaux recyclés dans la construction d'autoroutes pour en tirer tous les avantages économiques et pratiques possibles, tout en obtenant une performance équivalente ou améliorée.
- promouvoir l'utilisation du RAP, parce que l'utilisation du RAP peut avoir un impact important sur l'économie, l'environnement et le génie technique, en ce qui concerne les revêtements HMA.
- Parmi les objectifs spécifiques, on compte l'augmentation de la quantité de projets de construction et de réhabilitation des autoroutes utilisant le RAP ainsi que l'augmentation du RAP utilisé dans des projets spécifiques. Pour pouvoir atteindre ces objectifs, trois démarches essentielles ont été identifiées au préalable.

#### *Création d'un groupe d'experts public et de l'industrie*

La FHWA a formé un Groupe d'intervention d'experts sur le revêtement d'asphalte (ETG), surnommé RAP ETG, afin de promouvoir les meilleures pratiques débouchant sur un recours accru au RAP. L'ETG comprend des experts en matière d'utilisation du RAP dans les mélanges de revêtement d'asphalte; ces experts proviennent de la FHWA ainsi que d'autres organisations fédérales chargées des autoroutes, des départements des transports des États et du monde universitaire, et dispose d'un site Web particulier à [www.moreRAP.us](http://www.moreRAP.us).

#### *Projets de recherche et de démonstration financés et coordonnés*

Un projet du NCHRP en cours, intitulé *Improved Mix Design, Evaluation, and Materials Management Practices for Hot Mix Asphalt with High Reclaimed Asphalt Pavement Content* s'est fixé comme buts : d'évaluer et de proposer des changements nécessaires aux spécifications existantes, tels que AASHTO M 323 et AASHTO R 35 (**PRACTICE FOR SUPERPAVE VOLUMETRIC DESIGN FOR HOT MIX ASPHALT (HMA)**), pour traiter du HMA contenant de fortes concentrations de RAP et élaborer une conception de mélange et une procédure d'analyse.

#### *Projets de démonstration et surveillance*

Plusieurs projets de démonstration utilisant de fortes concentrations de RAP ont été lancés. Les objectifs des projets de terrain sont de documenter le processus d'élaboration du mélange, la production, la construction, et le test de performance, ainsi que d'identifier les meilleures pratiques apprises. Des démarches sont en cours afin d'enregistrer les indicateurs de performance du RAP à travers le pays.

#### *Généraliser l'utilisation du RAS*

Plus de 11 millions de tonnes de RAS sont produites chaque année à la suite de l'élimination par les fabricants de déchets et de rejets provenant du remplacement de toitures dans les infrastructures de logement résidentiel. Le RAS peut être ajouté aux nouveaux mélanges d'asphalte en petites quantités, afin de remplacer le liant routier de première utilisation, très coûteux. Ce déchet pourrait fournir 2,75 millions de tonnes de liant routier à l'ensemble du pays chaque année selon une hypothèse estimant à 25 pourcent la concentration de contenu de liant routier d'asphalte, ce qui représente suffisamment de liant pour recouvrir ou revêtir environ 80 000 corridor-milles de revêtement.

Utiliser des bardeaux détachables présente actuellement plusieurs défis potentiels qui n'existent pas avec les bardeaux fabriqués à partir de déchets. Les bardeaux détachables ont vieilli, provoquant probablement une certaine friabilité qui pourrait affecter la durabilité du revêtement. En outre, l'amiante était utilisée en petites quantités dans les bardeaux fabriqués aux États-Unis, avant le milieu des années 80. Des tests très poussés ont

indiqué que de petites quantités d'amiante ont été détectées dans très peu d'échantillons ; ainsi, cela ne peut constituer un obstacle important empêchant l'usage des bardeaux. Autre problème potentiel, celui des matériaux délétères, tels que solins métalliques, les clous, le papier et le bois qui pourraient ne pas avoir été correctement enlevés au cours du processus de recyclage.

Certains États permettent l'utilisation de bardeaux détachables ou sont en train d'effectuer des essais. Le site Web de l'Association du recyclage des matériaux de construction (*Construction Materials Recycling Association – CMRA*) procure des informations à - <http://www.shinglerecycling.org/> en matière de recyclage de bardeaux dans les mélanges d'asphalte ; ces informations sont élaborées à partir de l'expérience de plusieurs États ou encore sont documentées dans des ouvrages de références, de recherche ou de recyclage, etc.

En général, la performance initiale des revêtements contenant des bardeaux détachables recyclés de revêtement a été bonne. Bien qu'il s'agisse d'un déchet, il peut offrir certains avantages, tels que la résistance à la formation d'ornières, en raison de la présence d'un liant rigide et de matériaux fibreux, ainsi qu'une résistance aux fissures, en raison des fibres.

### ***Vulgariser l'utilisation du béton recyclé comme agrégat***

Selon la CMRA, 143 millions de tonnes de béton sont recyclés chaque année aux États-Unis. Une étude de la FHWA datant de 2004 sur l'utilisation des agrégats de béton recycle (RCA) a conclu que 38 États recyclent le béton sous forme de base d'agrégats et 11 le recyclent sous forme de nouveau béton de Portland. Les États qui utilisent le RCA dans un nouveau béton déclarent que le béton contenant du RCA connaît la même performance que le béton ne contenant que des agrégats naturels.

### ***Réutilisation des matériaux industriels dans les applications d'autoroutes***

Les matériaux de récupération diffèrent grandement des produits principaux en termes de genres et de propriétés ainsi que du type d'applications d'autoroutes pour lesquelles ceux-ci conviendraient. L'expérience et les connaissances concernant l'usage de ces matériaux varient en fonction de ceux-ci ainsi que d'un État à l'autre. Pour récupérer ces matériaux en vue d'un usage futur, les ingénieurs, les chercheurs, les producteurs et les régulateurs doivent connaître les propriétés de ces matériaux, leur mode d'emploi et les restrictions pouvant accompagner leur usage. La FHWA collabore avec le Centre de ressources pour les matériaux recyclés (Recycled Materials Resource Center) pour afficher en ligne des références pour l'usage de sous-produits et de matériaux de deuxième utilisation dans les applications d'autoroutes. Cette référence en ligne se trouve à l'adresse suivante : <http://www.rmrc.unh.edu/tools/uguidelines/index.asp>.

### ***L'asphalte enrobé à des températures moyennes***

La FHWA, en coopération avec l'industrie du HMA, les chercheurs et le monde universitaire, sont continuellement en train de rechercher de nouvelles améliorations technologiques qui renforceraient la performance, le rendement des constructions, la conservation des ressources et la création de mélanges d'asphalte respectant l'environnement. Une approche pour réaliser tous ces objectifs est de réduire les températures de production du HMA — parfois de jusqu'à 100° Fahrenheit (38° Celsius) — et pour ce faire, les ingénieurs étudient le concept d'asphalte enrobé à des températures moyennes (WMA). Les procédés et les produits WMA emploient des moyens mécaniques et chimiques afin de réduire la viscosité du liant routier à des températures plus basses ou réduire la résistance du mélange à des températures de construction tout en préservant ou en améliorant la performance du revêtement.

Comparé au HMA, l'avantage immédiat du WMA est sa consommation énergétique réduite. Le HMA requiert des températures extrêmement élevées pour permettre au liant d'asphalte de devenir assez fluide pour pouvoir enrober totalement l'agrégat, être malléables pendant la pose des couches et le compactage, et suffisamment durables pendant l'exposition à la circulation. Grâce aux températures de production moins élevées du WMA, on bénéficie de l'avantage additionnel d'une réduction des émissions libérées par les carburants fossiles qui brûlent, ainsi qu'un volume inférieur de fumées et d'odeurs, dans l'usine et sur les sites de revêtement.

En vue du déploiement de cette nouvelle technologie, la FHWA ainsi que l'Association nationale pour le revêtement d'asphalte ont créé le Groupe d'experts techniques sur l'asphalte enrobé à des températures moyennes (Warm Mix Asphalt Technical Working Group) afin de fournir une orientation pour l'ensemble du pays en matière d'enquêtes et de mise en œuvre des technologies WMA. Le groupe comprenait de multiples secteurs de l'industrie du revêtement en asphalte, tels que les départements des transports des États, le monde universitaire et les entrepreneurs. Le sempiternel objectif du groupe est d'assurer un encadrement technique WMA qui débouchera sur la production d'un produit de qualité, bon marché et dont la performance est au moins égale à celle du HMA traditionnel.

L'AASHTO a également été active dans la mise en œuvre du WMA. Depuis 2006, l'AASHTO a approuvé cinq déclarations sur la recherche de besoins et les a financés au travers de trois projets NCHRP :

- *Projet 09-43 Mix Design Practices for Warm Mix Asphalt ;*
- *Projet 09-47 Engineering Properties, Emissions, and Field Performance of Warm Mix Asphalt Technologies ; et*
- *Projet 09-49 Performance of WMA Technologies.*

Outre la poursuite de la formulation de déclarations sur le besoins de la recherche en vue de leur financement ultérieur, le groupe d'intervention technique est concentré sur la collecte d'informations sur les projets de revêtement WMA des États et les modifications de spécifications effectuées en vue de se conformer au WMA.

La technologie WMA sert d'aide au compactage, permettant ainsi une meilleure densité de la construction et des revêtements ayant un rendement potentiellement prolongé. Les équipes emploient des technologies à des températures HMA traditionnelles afin d'améliorer le compactage sur le terrain, assurent une densité de revêtement consistante pour l'ensemble du revêtement ou augmenter la densité du revêtement final qui est en place. Un revêtement d'asphalte moins variable et mieux compacté devrait également améliorer la performance globale. Comme cela est documenté dans *Volumetric Requirements for Superpave Mix Design* (Rapport 567 du NCHRP), les revêtements d'asphalte qui sont mieux compactés ont souvent une meilleure performance contre l'usure et la formation d'ornières. Une meilleure densité du revêtement peut réduire la perméabilité des mélanges d'asphalte, ce qui diminuerait la vitesse de l'usure sur le terrain du mélange ainsi que la propension aux fissures et à la rétention de l'humidité.

Le déploiement du WMA se déroule à un rythme effréné aux États-Unis. Au cours des 3 dernières années, des projets ont été lancés dans 40 États — et le but était de permettre à ce que 25 États adoptent le WMA comme norme en vue de son utilisation pour les autoroutes. La performance à ce jour en ce qui concerne les projets achevés est prometteuse, et les revêtements enregistrent une performance équivalente ou améliorée, par comparaison avec le HMA traditionnel.

## **L'effet potentiel du changement climatique sur l'infrastructure d'autoroutes**

Les travaux de recherche en ce qui concerne les effets potentiels du changement climatique sur les infrastructures d'autoroutes sont continus. En 2002, le Centre pour le changement climatique du ministère américain des Transports (USDOT) a organisé un atelier de travail portant sur la question des effets du changement climatique (GCC) sur le système des transports. Cet atelier a rassemblé des experts des transports et du changement climatique afin de débattre le thème. Le Conseil de recherche sur les transports a publié en 2008 le *Special Report 290 (Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation)* tout comme le USDOT et le *Gulf Coast Study, Phase I, also 2008* ; ces ouvrages sont deux exemples soulignant la vaste gamme des impacts projetés du changement climatique sur les autoroutes. *Gulf Coast Study* comprend un examen exhaustif de la documentation sur les divers impacts potentiels du CCG sur les transports. Plus récemment, la FHWA a publié un rapport sur les changements du climat qui devraient se produire au cours du siècle. L'USDOT a également mis à contribution un système d'informations géographiques pour mapper les zones et les infrastructures des transports le long de la côte Atlantique et qui sont potentiellement vulnérables à la hausse du niveau des mers. Selon ces sources, l'impact du CCG — à la fois ceux qui se manifestent progressivement et ceux de nature catastrophique ponctuelle — devraient être largement dispersés sur l'ensemble de la planète et variés quant à leur nature, et le CCG excéderont les capacités de résistance des transports bien au-delà des limites prévues lors de leur conception.

Les infrastructures des autoroutes sont déjà planifiées, élaborées et entretenues en fonction des éléments. Par exemple, lors de la conception des infrastructures d'autoroutes, les ingénieurs tiennent compte de la probabilité d'un événement météorologique extrême, tel que la tempête du siècle (1 pourcent de chance que celle-ci ne se produise au cours d'une année donnée), et incorporer les effets de cet événement dans les concepts de projets. Toutefois, dans de nombreuses régions des États-Unis, de telles tempêtes se produisent plus fréquemment, et les caractéristiques des précipitations vont probablement continuer à changer en raison du changement climatique. La vulnérabilité des infrastructures des transports face au changement climatique varie en fonction de l'emplacement et du contexte environnemental dans lesquels ceux-ci se produisent. Pour pouvoir comprendre la manière dont une région pourrait être affectée à l'avenir, il faudra analyser les changements potentiels du climat ainsi que les processus environnementaux en cours, tels que le retrait/le soulèvement ou l'érosion des terres.

La hausse du niveau des mers, l'érosion des côtes, les tempêtes tropicales/cyclones ainsi que l'onde de tempête sont des préoccupations à ne pas prendre à la légère à proximité du littoral. Les effets sur les infrastructures côtières comprennent le risque d'affouillement des ponts et la défaillance des ponts ou l'inondation permanente des routes côtières, l'augmentation de la fréquence des réparations d'infrastructures après ces événements et des évacuations d'urgence plus fréquentes et/ou plus intenses sur un réseau plus fragile et moins robuste. Le *Gulf Coast Study, Phase I* a trouvé qu'une augmentation de 2 pieds (60 centimètres) du niveau des mers affecteraient 64 pourcent des installations portuaires de la région, alors qu'une hausse de 4 pieds (1,22 mètres) impacterait près des trois-quarts de ces installations ; de même, environ « un quart des artères et des autoroutes reliant les États de la région, près de la moitié des milles du connecteur intermodal et 10 pourcent de ses chemins de fer seraient affectés par une hausse de quatre pieds du niveau de la mer. »



Une étude menée par l'University of South Alabama a estimé qu'environ 60 000 milles de routes aux États-Unis sont exposés de temps à autres aux vagues aux ondes de tempête déferlant sur le littoral côtier. Après l'Ouragan Katrina en 2005, la FHWA a mené une évaluation des ponts situés à proximité des côtes susceptibles de subir des dommages structurels importants à la suite de tempêtes sur le littoral. En appliquant des critères très larges, l'évaluation a repéré environ 36 000 ponts dans un rayon de 15 milles nautiques de côtes. Parmi ceux-ci, 1 000 ponts sont potentiellement vulnérables aux mêmes modes de défaillances que ceux associés aux récentes tempêtes côtières.

D'autres effets du CCG ne se limitent pas aux zones côtières ou à l'abord des lacs et peuvent être ressentis de manière générale à travers le pays tout entier. Parmi ces effets, on compte l'augmentation de la variabilité des extrêmes de températures, des précipitations plus fortes, des changements dans la vitesse de la fonte de calottes de neige et du permafrost, des coulées de boues plus fortes, des incendies et des avalanches. Dans certains cas, les effets peuvent être cumulés. Divers effets CCG, tels que l'onde de tempête et la hausse du niveau des mers ou des températures et davantage de précipitations, peuvent concorder leurs effets pour provoquer des dommages encore plus sérieux. Parmi ces dommages provoqués, on retient la détérioration accrue du revêtement, l'incapacité à mettre en œuvre ou à préserver les engagements en faveur de mesures d'atténuation, tels que l'inondation des marécages ou des forêts et/ou une sécurité compromise, entre autres choses. De plus, les événements catastrophique courent le risqué de détruire les installations vulnérables et les capacités d'intervention d'urgence seront davantage sollicitées.

### **Les stratégies d'adaptation destinées aux infrastructures d'autoroutes**

Les stratégies d'adaptation diffèrent en termes de coûts directs et de leurs implications économiques, sociales et environnementales. Aucune de ces stratégies ne correspond à toutes les situations ou à tous les scénarios. De préférence, une stratégie d'adaptation appropriée sera basée sur un contexte spécifique du projet de transports en cours d'examen et élaborée en fonction du risque que les organisations et les parties prenantes sont disposées à accepter. Les stratégies d'adaptation peuvent être classées dans les catégories suivantes : réparations et entretien, reconstruction/renforcement, relocalisation ou abandon/désinvestissement.

#### *Réparations et entretien*

La stratégie dite de réparations et d'entretien ne demande pas que des changements soient apportés à l'installation de transports. Les organisations des transports interviennent pour remédier aux interruptions sans toutefois traiter les facteurs sous-jacents ayant contribué aux dommages. Bien que le coût marginal des réparations après chaque événement soit probablement faible, ce dernier peut augmenter avec le temps. Parmi les exemples retenus, on note les fermetures et les modifications de parcours ; les simples réparations de dommages, tels que le renouvellement de la couche de surface ; l'évacuation de l'eau et des débris ; le nettoyage des bassins de collecte des eaux de pluie ; l'élimination de la neige ou du sable ; et, la formulation de restrictions en matière de poids afin de gérer les défaillances de l'asphalte provoquées par la hausse des températures.

#### *Reconstruction/Renforcement*

La reconstruction/le renforcement se concentrent sur l'application de normes de conception plus strictes afin de protéger ou de renforcer une structure. Cette stratégie est particulièrement adaptée lorsqu'une installation a atteint la fin de sa vie utile, est structurellement déficiente ou a été détruite.

Les dépenses associées à la reconstruction ou au renforcement peuvent être élevées. Parmi les mesures de cette nature, on compte la construction de ponts à des hauteurs plus élevées ; l'augmentation de la dimension des ponceaux ; la prise en compte de tempêtes selon des fréquences plus rapprochées (par ex., des tempêtes catastrophiques tous les 50 ans au lieu de tous les 100 ans) et la modification des hypothèses de conception associées ; et la pose de revêtements, de digues, de jetées ou d'autres fortifications structurelles. Un exemple de reconstruction/renforcement est l'application de la réglementation des plaines inondables de la FHWA à l'élaboration des ponts du littoral (tels que les ponts de l'U.S. 90 et de l'I-10, qui furent détruits pendant les Ouragans Ivan en 2004 et Katrina), qui permettent aux ingénieurs de prendre en compte l'événement « de la plus terrible inondation » au lieu de l'« événement se produisant tous les 50 ans », que retiennent la majorité des normes d'élaboration des États. En pratique, les ponts reconstruits pourraient être mieux protégés.

### *Relocalisation*

La relocalisation est caractérisée par le déplacement d'une installation de transports loin de la menace. La mise en œuvre cette stratégie dont les résultats auront probablement des implications à long terme, devrait nécessiter un examen de l'environnement, l'acquisition des servitudes de passage, de nouvelles constructions ainsi que d'autres activités connexes. Cette option est souvent très coûteuse, et requiert plusieurs années pour achever le processus. Toutefois, la relocalisation est probablement la stratégie d'adaptation la plus efficace, puisque les réparations à répétition, l'entretien ou le renforcement continu peuvent se révéler superflus. Comme exemple de relocalisation, on peut citer le projet de réalignement de 2,8 milles de l'autoroute State Highway 1, à proximité du phare de Piedras Blancas Lighthouse, en Californie. L'objectif de ce projet est de protéger l'autoroute contre l'érosion du bocage pour les 100 prochaines années.

### *Abandon/Désinvestissement*

La stratégie d'abandon/de désinvestissement survient à l'issue d'une décision de suspendre le service sur une voie particulière ou de faire de telle sorte que la route soit inéligible pour obtenir un financement en raison de son état, et implique également le déplacement des populations qui dépendent de cette installation. La préoccupation principale au moment de décider d'abandonner ou de désinvestir dans une installation est de savoir si le fait de continuer à investir dans cette installation, compte tenu des menaces actuelles ou futures auxquelles celle-ci est confrontée, est rationnel du point de vue financier. Bien que les économies sur les dépenses soient possibles, la perte résultante pourrait affecter l'économie, créer un scandale politique ou l'opposition du public et/ou la perte d'accès. Par exemple, Texas Highway 87 fut fermée au début des années 90 en raison de tempêtes et de l'érosion dans la région.

## **Les activités de la FHWA**

Les effets et l'impact du changement climatique sur les infrastructures d'autoroutes soulèvent de nouvelles questions pour les preneurs de décisions. La planification traditionnelle, l'élaboration et les méthodes et les hypothèses de fonctionnement peuvent ne plus être valables dans les zones affectées par les effets du CCG, en particulier dans les zones à haut risque. En raison des implications très variées du CCG sur les infrastructures d'autoroutes, ainsi que les difficultés à prévoir l'avenir à partir des modèles de CCG, une approche dynamique, multidisciplinaire et basée sur le risque du processus d'élaboration des transports est nécessaire. En outre, un nouveau niveau de coordination entre les divers échelons du gouvernement et pour l'ensemble des domaines de spécialisations est requis afin de relever les défis posés par le CCG.

L'approche doit être conçue de manière à traiter les changements progressifs causés par le CCG et les événements catastrophiques potentiels. Pour assurer l'intégrité et la durabilité continue du système des autoroutes du pays, les décisions portant sur les infrastructures d'autoroutes doivent tenir compte des effets du changement climatique ainsi que de leur impact sur les transports. La FHWA est consciente que les effets du changement climatique, son impact et les considérations d'adaptation devraient être intégrés tout au long du processus décisionnel sur les transports, depuis la planification des transports, la conception et la construction, jusqu'au fonctionnement, à l'entretien et à la gestion des urgences.

### Exemple d'applications

Les États qui ont commencé aux débuts de la planification d'adaptation ou qui ont entamé des activités similaires sont : l'Alaska, Washington, la Californie, le Maryland, le Connecticut, le New Hampshire, le Maine, la Virginie et la Florida. Les villes, y compris New York et Boston ont entrepris des démarches similaires.

L'Alaska est probablement confronté à des défis climatiques sans précédent. Le Département des transports et des installations publiques de l'Alaska (DOT&PF) est une organisation multimodale qui possède les voies publiques et les ponts ainsi que 257 aéroports ruraux ainsi que 720 immeubles. En 2007, l'État a créé le Sous-Cabinet sur le Changement climatique pour se concentrer sur l'adaptation, les mesures d'atténuation et les besoins en recherche. En outre, le Gouverneur a nommé un Groupe consultative sur l'adaptation (*Adaptation Advisory Group*), qui comprend un Groupe d'experts techniques sur les infrastructures publiques.

Les effets documentés du changement climatique en Alaska comprennent la fonte du permafrost, une l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes, l'érosion des côtes en raison de l'absence de glace marine, l'érosion dues aux rivières, la hausse du niveau des mers, la hausse des températures et la perte du mode de vie de subsistance des populations indigènes.

L'infrastructure dans de nombreuses régions de l'Alaska repose sur le permafrost riche en glace, une couche active et qui est gelée en permanence. Les couches du sol subissent de plus en plus des cycles de fonte, qui provoquent des dommages structurels à l'infrastructure. Le DOT&PF dépense environ \$10 millions de dollars par année pour atténuer la fonte du permafrost, mais il ne s'agit-là que d'une somme minime face aux besoins et aux coûts qui devraient augmenter avec le réchauffement de la planète.

La fréquence des tempêtes représente un autre phénomène qui cause des avalanches, des inondations, l'érosion, et les flots de débris qui augmentent de façon importante les frais d'entretien et de fonctionnement. La perte de la mer-glace au large des côtes provoque également l'érosion du littoral côtier et pose ainsi des menaces sérieuses aux infrastructures ; elle force également la relocalisation de communautés entières.

L'Alaska s'adapte à ces effets dramatiques au moyen de programmes de protection du littoral côtier, des routes d'évacuation planifiées, la relocalisation des infrastructures et des communautés menacées, l'amélioration du drainage et la protection du permafrost. Une collecte plus active et plus dense des données est requise, y compris sur le débit de courants d'eau, les niveaux de précipitation et les données hydrauliques pour enquêter sur des alternatives d'élaboration, de construction et d'entretien techniques afin de contrer l'évolution du contexte environnemental. Le DOT&PF de l'Alaska devra également continuer à collaborer avec d'autres partenaires pour pouvoir contrecarrer les effets futurs du changement climatique.