

# **TERRASSEMENTS, DRAINAGE ET COUCHE DE FORME**

19 septembre 2007 (matin)

## **COMITÉ TECHNIQUE C4.5**

### **RAPPORT INTRODUCTIF**

## **SOMMAIRE**

RESUME DES ENJEUX.....	3
LISTE DES MEMBRES AYANT PARTICIPE A LA REDACTION.....	4
ENJEU 4.5.1 - PROMOUVOIR L'UTILISATION OPTIMALE DES MATERIAUX LOCAUX.....	5
ENJEU 4.5.2 – DISPOSER D'INDICATEURS REPRESENTATIFS DE L'ETAT DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES POUR LA GESTION DES ACTIFS ROUTIERS....	8
ENJEU 4.5.3 - ANTICIPER LES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	10
CONCLUSIONS PROVISOIRES.....	11

## RESUME DES ENJEUX

Le Comité technique AIPCR «Terrassements, drainage et couche de forme» (C4.5) a poursuivi l'étude des sujets suivants durant la période de travail 2004-2007 :

- promouvoir l'utilisation optimale des matériaux locaux :
  - en rapportant les progrès constatés du traitement des sols et des roches pour les applications routières,
  - en étudiant les avancées constatées dans l'emploi des déchets et des co-produits industriels comme matériaux de terrassement ;
- disposer d'indicateurs représentatifs de l'état des ouvrages géotechniques pour la gestion des actifs routiers ;
- anticiper les impacts des changements climatiques.

Les activités du comité sont en accord avec le Thème stratégique 4 « Qualité de l'infrastructure routière » de l'AIPCR. Le but est de proposer une gestion efficace des actifs routiers par la mise en place de systèmes de gestion qui soient capables d'intégrer tous les composants de l'infrastructure, car basés sur des indicateurs significatifs des fonctions et prenant en compte les attentes des usagers.

En 2004, le comité s'est réuni à Paris et à Thessalonique, en 2005 à Tsukuba (Japon) et à Paris, en 2006 à Mexico et à Lausanne. La prochaine et dernière réunion se tiendra à Varsovie. Un séminaire AIPCR est en outre prévu se tenir en Roumanie au mois de juin 2007.

Concernant le premier enjeu, d'une part, il a été constaté que l'emploi de déchets et de co-produits industriels comme matériaux de terrassements a des effets positifs tant sur le plan économique que sur le plan environnemental, mais les règlements nationaux pour leur admission comme matériaux de remblai diffèrent beaucoup d'un pays à l'autre, plus spécialement pour ce qui concerne les critères environnementaux. D'autre part, une enquête a permis de constater un grand développement du traitement des sols à la chaux et aux liants hydrauliques grâce aux économies produites, au développement des contraintes environnementales, et à la diffusion de référentiels nationaux adaptés. Cependant le manque de connaissances, d'équipements spécifiques, de liants adaptés... constituent toujours des freins au développement de cette technique dans certains pays.

L'objet du deuxième enjeu est de donner des repères et une pratique modernes aux spécialistes et aux professionnels pour une amélioration dans un futur proche de la gestion de l'infrastructure routière.

Le troisième enjeu porte sur l'étude des conséquences des changements climatiques et la possibilité d'anticiper leurs effets sur les infrastructures routières. Ce sujet sera présenté et discuté lors d'une séance spéciale du prochain Congrès mondial de la route.

Outre la rédaction des rapports thématiques et techniques du comité présentés dans ce document, le Comité technique 4.5 a organisé et contribué à plusieurs manifestations qui ont permis de développer des échanges internationaux de haut niveau sur des sujets en rapport avec les terrassements, le drainage et les couches de forme. On peut ainsi citer :

- la réunion du comité tenue à Tsukuba (Japon) le 25 mai 2005 qui a intégré un atelier d'échanges entre les membres présents du comité et les professionnels japonais intéressés au sujet de « l'emploi des co-produits industriels et des matériaux locaux dans les terrassements » . Onze communications ont été présentées lors de ces échanges par différents pays ainsi que par le Japon ;
- la réunion du comité tenue à Mexico (Mexique) le 30 mars 2006 prévoyait une journée d'échanges techniques entre les membres de l'Association Mexicaine des Voies Terrestres et ceux du Comité technique 4-5. Cent vingt personnes assistaient à cette journée où différentes communications assez variées ont été présentées par des membres du Comité technique 4-5 et des professionnels mexicains. Un cd-rom des présentations a été réalisé et diffusé le lendemain de cette journée d'échanges ;
- le Symposium TREMTI (sur le traitement des sols à la chaux et aux liants hydrauliques) organisé à Paris avec le soutien de l'AIPCR a bénéficié de plusieurs communications de membres du Comité technique 4-5, qui ont par ailleurs été assez nombreux à participer au travail du Comité scientifique du symposium. La réunion d'octobre 2005 du comité avait été organisée à Paris dans la même semaine pour faciliter une large participation ;
- le colloque « les terrassements en Europe » organisé également à Paris dans la même semaine et aussi avec le soutien de l'AIPCR a de même reçu un appui décisif du comité qui a fortement contribué à travers ses membres à l'intérêt de cette manifestation. Il est d'ailleurs envisagé de renouveler à Londres en 2008 ce type d'échanges entre professionnels européens.

## **LISTE DES MEMBRES AYANT PARTICIPE A LA REDACTION**

1 – Principal auteur : J.-C. AURIOL (France)

Membres participants :

S. COMENALE PINTO (Italie)

P. GARNICA (Mexique)

2 – Principal auteur : D. PATTERSON (Angleterre)

3 – Principal auteur : C. DROUAUX (France)

Membres participants :

H. HAVARD (France)

A. PARRIAUX (Suisse)

M. SAMSON (Canada)

## **ENJEU 4.5.1 - PROMOUVOIR L'UTILISATION OPTIMALE DES MATERIAUX LOCAUX**

L'enjeu 4.5.1 « Promouvoir l'utilisation optimale de matériaux locaux » se décline en deux thèmes principaux :

- identifier les avancées en matière de traitement des sols et matériaux rocheux pour les applications routières,
- identifier les progrès réalisés dans l'emploi des déchets et sous-produits industriels comme matériaux de terrassements routiers.

Initialement prévu, un troisième thème "Comment assurer une bonne intégration des infrastructures routières dans le paysage" n'a fait l'objet au final que de la rédaction d'un article intitulé "*Intégration des terrassements routiers dans le paysage : rétrospective de quelques cas en France*" à paraître dans la revue « Routes/Roads », ce thème dépassant amplement le cadre des terrassements proprement dit et des compétences du seul Comité Technique 4.5

Le premier thème a été traité en se basant essentiellement :

- sur les résultats d'une enquête AIPCR lancée en 2005 à l'occasion de la tenue à Paris du congrès TREMTI. Cette enquête a servi en particulier à mettre en évidence les éléments favorisant ou pénalisant le développement du traitement des sols durant ces dernières années dans une vingtaine de pays,
- sur les communications techniques présentées au cours de deux congrès internationaux sur le traitement et retraitement des sols et matériaux routiers tenus respectivement en 2001 à Salamanque (Espagne) et en 2005 à Paris (France).

Il ressort que le bénéfice économique (transport, économie de matériaux granulaires), la prise en compte de contraintes environnementales (restrictions dans le prélèvement des granulats, dans la mise en décharges de matériaux impropres) et le développement de référentiels a permis un fort développement de la technique du traitement des sols dans nombre de pays développés. Cependant le manque de technicité, l'absence de matériels adaptés, l'absence de production locale de liants voire parfois des expériences antérieures malheureuses ou des contraintes climatiques spécifiques ont été en contre partie un frein important au développement de cette technique dans les pays en voie de développement au cours des deux dernières décennies.

Les principaux progrès identifiés touchent aussi bien le matériel que les produits de traitement, les méthodes ou les référentiels techniques. On peut citer par exemple:

- le développement de pulvimixers à très forte puissance permettant de malaxer des sols très blocailleux et d'atteindre des profondeurs efficaces de malaxage d'au moins 50 cm, d'épandeurs de plus en plus précis en dosage et à largeur d'épandage variable, de pulvérisateurs de blocs pouvant fractionner les gros éléments siliceux présents dans des sols très hétérogènes comme les argiles à silex ou à chailles, d'arroseuses-enfouisseuses permettant une meilleure maîtrise des teneurs en eau, de godets cribleurs-mélangeurs pour les très petits chantiers ainsi que les plates-formes mobiles de traitement ;
- l'apparition de liants pulvérulents à taux d'émission de poussières réduits permettant d'envisager le traitement des sols dans les périphéries urbaines ou les zones agricoles sensibles, de liants routiers spéciaux spécifiques, de liants routiers à prise rapide, de fines de laitiers d'aciérie surchaulées, etc....
- l'application aux sols secs ou très secs du traitement au lait de chaux, l'introduction de la méthode du traitement étagé aux sols sulfatiques, l'application du traitement aux matériaux de recyclage naturels ou non, le transfert des techniques de traitement des sols des terrassements aux assises de chaussées ;
- l'élaboration au cours de la dernière décennie de textes de référence en France, Allemagne, Belgique, Angleterre, Japon, etc. ainsi que la publication de normes nationales ou européennes.

Le second thème a été traité essentiellement à partir des réponses à une enquête lancée par le C4.5 en 2005 auprès de ses membres. Ce questionnaire s'est voulu un support pour identifier quels sont les déchets et sous-produits industriels employés par les différents pays ainsi que les conditions de réemploi et les pratiques pour caractériser du point de vue géotechnique et environnemental ces matériaux. Éventuellement d'autres documents (rapports des programmes européens SESAR, ALTMAT ou SAMARIS par exemple) ont permis parfois de compléter les informations reçues.

Treize pays ont répondu à l'enquête : France, Croatie, Italie, Espagne, Belgique, Portugal, Pologne, Suisse, Autriche, Japon, Panama, Chili et Mexique.

On peut constater en premier lieu que nous ne disposons pas ou peu d'éléments en provenance de pays asiatiques, africains ou nord américains. Les données à notre disposition sont essentiellement européennes et dans une moindre mesure en provenance de pays d'Amérique centrale ou d'Amérique du sud. Cette enquête ne peut donc prétendre donner une image fidèle de l'ensemble des pratiques.

Il apparaît que le contenu des réponses à ce questionnaire est plus ou moins exhaustif selon les pays. (par exemple certains déchets ou sous-produit industriel utilisés dans tel ou tel pays ont parfois été occultés ou n'ont pas toujours fait l'objet d'une information complète, ...).

La Suisse se caractérise par rapport aux autres pays par l'application d'une politique intentionnellement très limitative dans le réemploi de ces matériaux. De même le Portugal n'affiche pas de démarche volontariste pour promouvoir de tels produits.

De manière générale tous les pays ont des textes spécifiques, plus ou moins généraux, régissant l'utilisation des déchets et sous-produits industriels comme matériaux routiers. Cependant certains pays comme le Chili, le Japon ou le Portugal par exemple n'ont pas de classification particulière pour ce type de matériau. L'ensemble des pays de l'union européenne ont une base de législation commune complétée parfois par des textes nationaux.

Les déchets et sous-produits industriels le plus souvent réemployés sont les bétons de démolition (bâtiments et routes), les matériaux bitumineux d'anciennes chaussées, les laitiers sidérurgiques et d'aciéries, les cendres volantes et les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères mais également les pneus, les plastiques, ou plus rarement les boues de curage ou les déchets celluloses.

Certains pays comme la Croatie ou le Chili ne se préoccupent pas ou peu de l'aspect environnemental.

La destination d'emploi de ces matériaux est variable en fonction de leur nature et des pays. Cependant les emplois les plus fréquents sont en remblais généraux, en couches de forme ou comme matériaux de substitution ou de purge. Ces matériaux sont le plus souvent utilisés seuls, rarement en mélange, très rarement après traitement.

En dehors de la Croatie, de la Suisse et du Portugal on assiste à un fort développement de l'emploi dans la route de ces matériaux depuis une dizaine d'années. Les raisons invoquées sont le manque de matériaux de bonne qualité, la nécessité d'économiser les ressources naturelles, les limitations de mise en décharge, plus généralement la mise en place de politiques de développement durable mais également le fait que ces matériaux sont souvent très bon marché.

## **ENJEU 4.5.2 – DISPOSER D'INDICATEURS REPRESENTATIFS DE L'ETAT DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES POUR LA GESTION DES ACTIFS ROUTIERS**

### **1 – INTRODUCTION**

Alors que la gestion des actifs routiers n'apparaît pas comme un nouveau concept, son premier objectif a porté sur les actifs des assises routières et de leur revêtement. A ce jour, il y a relativement peu de recommandations publiées sur la gestion des actifs géotechniques qui servent de support à ces autres actifs de la route. L'objet de cette étude a été de combler ce vide par une revue de l'ingénierie et de la pratique de ce domaine dans le monde, puis de définir des recommandations pour une amélioration future tendant à une approche convergente de la gestion de l'infrastructure routière dans son ensemble.

Les actifs géotechniques de la route comprennent principalement les remblais et déblais, les talus renforcés et stabilisés, la couche de forme et fondations sous chaussée, les fondations de structures, les terrassements liés à l'environnement et au paysage, le drainage et le paysage.

La difficulté des actifs géotechniques est qu'il y a davantage de variabilité des performances propres à ces structures que celle qui apparaît sur la majorité des autres éléments du réseau routier.

L'optimisation de la maintenance nécessite :

- une information de l'état,
- une compréhension du comportement mécanique à long terme des matériaux et de l'eau,
- une approche « proactive » des activités de maintenance,
- une approche holistique de tout défaut qui pourrait être repéré.

Au cœur d'une telle approche, la gestion des données opérationnelles doit être effective, et à partir de celles-ci l'état peut être apprécié, la performance surveillée et des analyses entreprises. Les indicateurs de performance constituent un point clé dans un système de gestion d'actifs et les indicateurs d'état sont de nature spécifique parmi les indicateurs de performance des actifs.

### **2 – CONCLUSIONS et RECOMMANDATIONS**

#### *Gestion « proactive » des actifs*

Les indicateurs de performance constituent un élément vital d'un système de gestion d'actifs. Ils sont à la fois une part du système de gestion et un point clé pour l'articulation d'une bonne intendance de l'actif avec les autres parties non techniques dans la logistique d'ensemble de la route et de son service aux usagers.

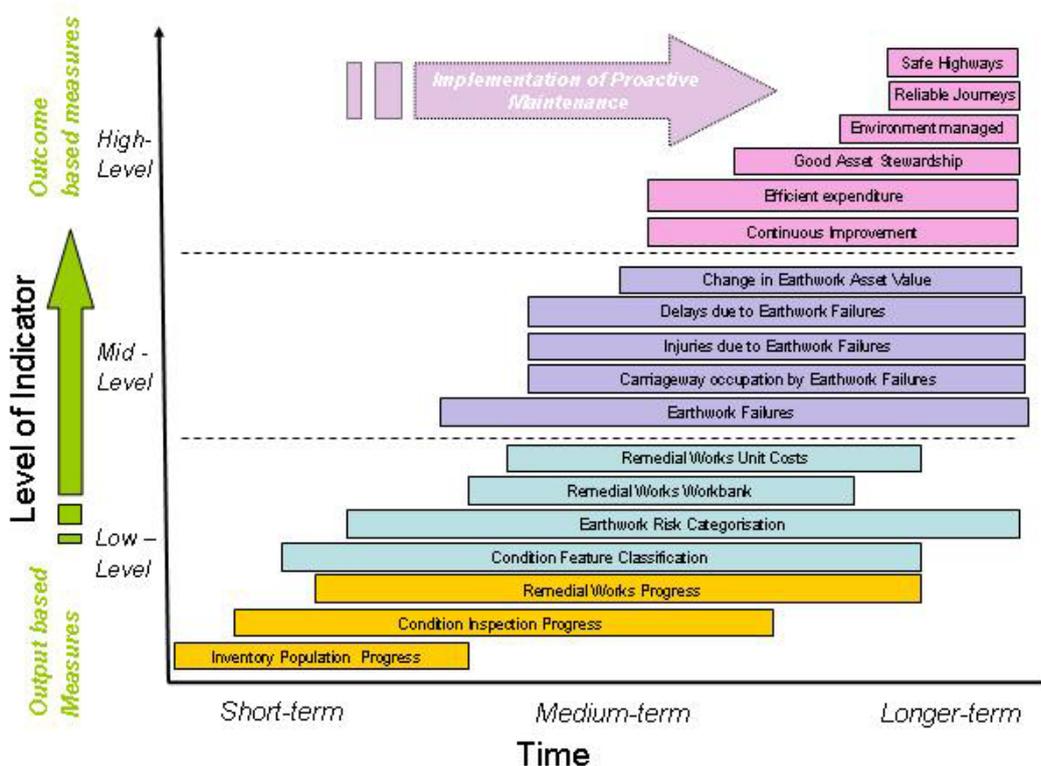
## Indicateurs de performance

Notre travail conduit à suggérer que :

- un mélange d'efforts consentis (« *output* ») et de résultats objectifs (« *outcome* ») basé sur les indicateurs de performance pourrait être adopté pour la gestion des actifs géotechniques, et
- un mélange d'indicateurs de niveau inférieur soit utilisé pour gérer un actif particulier, d'indicateurs de niveau moyen pour rendre compte de la performance à une instance de gestion globale des actifs, et de niveau supérieur pour informer les usagers, avec
- une distinction entre les indicateurs de performance relatifs aux actifs eux-mêmes et les indicateurs se rapportant à la performance en résultant pour les gens qui empruntent la route.

Un schéma du chemin à parcourir pour le développement d'indicateurs de la performance géotechnique dans le cadre d'un système de maintenance « proactive » est représenté sur la figure 5.1 ci-dessous :

FIGURE 5.1 RoadMap for Development of Performance Indicators



### **ENJEU 4.5.3 - ANTICIPER LES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

L'évolution du climat et les conséquences qu'elle peut produire, sont une des principales préoccupations de ce début du 21<sup>e</sup> siècle.

L'objectif initial de ce sujet était donc de rédiger un document qui permette d'anticiper les effets des changements climatiques.

Dans un premier temps, et vue l'ampleur du sujet, le comité technique a décidé de ne faire qu'un article pour la revue Routes/Roads.

Il fallait tout d'abord établir quelle est l'évolution du climat et se fixer un scénario. Mais il s'avère que les climatologues ne sont pas tous d'accord sur les évolutions en cours au niveau mondial. Il était donc impossible de choisir un scénario mondial.

Il a donc été décidé de se fixer de grandes lignes d'évolution.

Sur cette base, les conséquences et les désordres engendrés sur les ouvrages en terre ont été listés. A partir de ces éléments, des conseils et des solutions pratiques ont été rédigés.

La dernière partie de l'article devait présenter quelques exemples de désordre pouvant survenir à la suite de l'évolution du climat.

Lors de la réunion de Novembre 2006 à Lausanne, il a finalement été décidé que ce ne serait pas un article, mais un rapport du comité technique. Le document existant devait donc être complété par des éléments sur le climat et une partie concernant des recommandations de bonne pratique avec une qualification du risque en fonction des parties d'ouvrages.

La première partie du rapport présente donc les éléments concernant les hypothèses d'évolution du climat. Il n'existe pas de scénario mondial validé. Mais il est reconnu que la température moyenne sur terre va augmenter et que certains phénomènes, qui étaient exceptionnels jusqu'à maintenant, se reproduiront plus fréquemment. Au niveau local, certains pays ou régions ont établi et validé un scénario d'évolution. Ceux du Québec et de la Suisse sont présentés dans le rapport.

La seconde partie s'articule autour de l'eau : manque d'eau ou eau en excès et son état. Sous la forme de tableaux, elle présente les conséquences des phénomènes météorologiques et propose des pistes de solutions. Le cas des remblais et celui des talus naturels ont été distingués : les difficultés rencontrées dans ces deux configurations sont différentes. Le problème de l'élévation du niveau de la mer, les modifications du permafrost et l'augmentation de la force des vents ont été traités de façon spécifique. Les mesures préventives concernent non seulement les ouvrages neufs, avec une prise en compte de l'évolution climatique dès les phases d'étude de projets, mais aussi sur l'existant, par des moyens comme des travaux d'amélioration et de renforcement, des conseils d'entretien et d'exploitation et enfin des propositions de réparation quand des désordres sont survenus.

Un certain nombre d'exemples sont présentés dans la troisième partie. Ils concernent plus particulièrement des ruptures de remblais ou des glissements de terrains liés à une présence d'eau excessive. S'ils ne sont pas directement liés aux changements climatiques, ces désordres pourraient le devenir et leur fréquence pourrait augmenter.

Une démarche à suivre est présentée dans une quatrième partie. Elle rappelle que le présent ne permet plus d'anticiper sur ce que sera l'avenir, sans prendre en compte le dernier scénario d'évolution du climat admis pour la région concernée. Elle présente donc des recommandations générales et une démarche à suivre qui prend en compte le pire des cas.

Sur la base d'un scénario d'évolution climatique, ce rapport présente donc des mesures préventives ainsi qu'une démarche à suivre afin d'éviter les aléas futurs.

## **CONCLUSIONS PROVISOIRES**

### **Enjeu 4.5.1**

#### ***Thème 1***

Fort développement de l'emploi des techniques de traitement des sols dans les pays développés au cours des deux dernières décennies. Cependant il apparaît encore que de trop nombreux pays émergents n'ont pas accès à ces techniques (coût, absence de liants, de matériel adapté, ...).

Important progrès dans la conception et la diffusion de matériel spécifique à la mise en œuvre du traitement des sols.

Élaboration dans les pays développés de codification et de référentiels techniques relatifs au traitement des sols reconnus par tous (Maître d'Ouvrage, Maître d'œuvre, Entreprises, Producteur de liants...).

Nécessité d'intégrer le traitement des sols dans une démarche de développement durable par prise en compte des éléments positifs (économie de matériaux nobles, augmentation du taux de réutilisation des matériaux du site et diminution des mises en décharge...) mais également des éléments moins aisés à valoriser tels que les dépenses énergétiques ou l'émission de gaz à effet de serre.

Mieux comprendre les phénomènes physico-chimiques des réactions de prise lors du traitement des sols pour en optimiser les effets et la durabilité.

Développer des liants routiers spécifiques ou des méthodologies particulières permettant d'inhiber ou minimiser l'action perturbatrice de certains éléments (chimiques ou minéralogiques) parfois rencontrés dans les sols naturels.

Mieux adapter le traitement des sols aux matériaux marginaux ou hors spécification afin d'en optimiser le réemploi.

Élaborer et développer des techniques fiables de mise en œuvre de traitement des sols applicables par les pays en voie de développement. Ces techniques seront par exemple basées sur un fort emploi de main d'œuvre locale et de matériel simple en remplacement de matériels lourds importés de l'extérieur et d'une utilisation ponctuelle.

## ***Thème 2***

Forte variabilité dans l'emploi des déchets et sous produits industriels comme matériaux de construction routière. Si le concept de réemploi de ces matériaux est bien pris en compte dans quelques pays développés de l'hémisphère nord producteurs de sous-produits industriels, il reste encore négligé dans de nombreux autres pays.

Deux politiques publiques opposées émergent : encouragement au réemploi de tel matériaux (France par exemple) malgré "les risques potentiels environnementaux" et application stricte du principe de précaution par mise en décharge systématique (Suisse par exemple).

Législation générale (nationale, européenne) souvent assez bien adaptée dans le cas des pays fortement impliqués dans une démarche de réemploi mais fort besoin de référentiels techniques pratiques définissant les conditions de remploi

La nature des sous-produits industriels utilisés comme matériaux de structures routières est en relation directe avec la production industrielle locale. A part cas particulier, il n'y a pas ou peu d'importation ou d'exportation de ces matériaux.

Le type d'emploi est assez constant d'un pays à l'autre: très souvent en remblai courant, parfois en couche de forme ou en substitution.

Si l'impact sur l'environnement est une préoccupation reconnue par tous, sa prise en compte effective n'est pas toujours assurée et doit être développée.

Nécessité d'encourager la valorisation de ces matériaux sur des plates-formes d'élaboration adaptées afin d'en maîtriser les caractéristiques géotechniques mais aussi environnementales.

Nécessité de mise en place d'une politique de démarche qualité et de traçabilité.

Obligation pour ce type de matériaux de prendre conjointement en compte les aspects géotechniques et environnementaux.

Intérêt de l'adaptation d'essais et de la mise au point d'essais spécifiques pour caractériser ces matériaux du point de vue géotechnique ou environnemental. Il apparaît parfois que les essais classiques utilisés pour caractériser les sols naturels ne sont pas toujours adaptés aux spécificités des déchets et sous-produits.

### **Enjeu 4.5.2**

- Il est recommandé à l'AIPCR d'étendre cette étude plus largement aux indicateurs de performance adoptés dans le monde par les professionnels d'autres types d'infrastructures tels que ouvrages de protection contre les inondations, barrages, voies ferrées...
- Un effort particulier devrait viser à comparer les coûts, la sécurité et la fiabilité des données utilisées d'une part pour les logistiques de gestion d'actifs fonctionnant en approche « réactive » et d'autre part pour celles fonctionnant en approche « proactive ». Ceci conforterait la décision à prendre pour adopter l'un ou l'autre type de stratégie.
- L'évaluation effective et matérielle des actifs géotechniques devrait être entreprise.
- Une approche « proactive » de la gestion d'actifs requiert des données de bonne qualité et inter-opérables. Un travail international est actuellement entrepris dans ce domaine et pourrait être soutenu par l'AIPCR pour implanter des systèmes de gestion d'actifs géotechniques.
- Ce travail a mis en évidence qu'une esquisse cohérente est nécessaire pour l'évaluation des différents types d'actifs. Les domaines particuliers du coût du cycle de vie, de la gestion des risques, et de la maîtrise des coûts de gestion devraient être intégrés. Ceci devrait conduire pour des actifs présentant actuellement une faible fréquence de défaillances mais des impacts lourds sur le réseau (par exemple pour les actifs géotechniques et les structures) à les comparer en termes de risque et de coût avec les actifs tels que ceux des chaussées qui ont une fréquence élevée de défaillances mais avec des impacts relativement faibles.

### **Enjeu 4.5.3**

Ce sujet doit être inclus dans une séance spéciale du Congrès mondial de la route sur les changements climatiques. Des conclusions générales seront tirées par cette séance sur ce sujet.