

VULNERABILITY OF ROAD NETWORKS TO CLIMATE CHANGE : FOUR-YEARS EXPERIENCE ASSESSMENT AND TOOL PROPOSAL

H GUÉRARD
Chef de Projet
GROUPE EGIS - SCETAUROUTE
78286 GUYANCOURT CEDEX
h.guerard@scetauroute.fr

M RAY
Président du Comité de Pilotage
Directeur Technique et de l'Innovation
EGIS
78286 GUYANCOURT CEDEX
m.ray@groupegis.com

ABSTRACT

Climate change significantly modifies the vulnerability of infrastructures, and such concepts as the “hundred-year flood” can even become dangerous in this new context. Interesting conclusions are reached for road authorities, and a specific tool has been developed for infrastructure owners and operators resulting from four years of research co-financed by the French Public Works Ministry.

Lessons may be of interest for Road General Directorates, Concessionary Companies, Motorway Operations Directors, International Organisations.

This project was managed by Egis (Scetauroute and Bceom) in consortium with Sanef, ASF, Météo-France, LCPC and Esri France. This paper describes the general results and the geographical information system (GIS), a user-friendly and transposable support tool for technical and strategic investigations.

Text in French

1. UN CHANGEMENT CLIMATIQUE AVERE

L'évolution du climat planétaire est analysée et suivie par des experts réunis sous l'égide de l'ONU dans le GIEC¹. Ces experts prédisent une hausse des températures moyennes de la planète durant la centaine d'années à venir, en continuité des dernières décennies, due principalement à l'accumulation de gaz à effet de serre d'origine anthropique.

La tendance au réchauffement est maintenant avérée. Même si on ne peut pas encore prévoir dans le détail l'évolution du climat dans une région donnée, l'ONERC² estime que les phénomènes météorologiques extrêmes seront de plus en plus nombreux et importants dans les années à venir.

2. DES IMPACTS CERTAINS ET GRANDISSANTS SUR LES INFRASTRUCTURES

Les événements climatiques extrêmes ont des impacts directs sur toutes les infrastructures de transport, qu'elles soient routières, ferroviaires, aéroportuaires ou d'énergie. Les conséquences sont d'abord économiques, mais aussi sanitaires et sécuritaires. L'ouragan Katrina (voir encadré 1) en a malheureusement été le triste exemple. En France, des destructions ou coupures d'itinéraire routier ne sont pas rares (photos 1 et 2), ainsi que des ruptures de lignes électriques. Les esprits ont été marqués par les deux tempêtes de 1999 et par les conséquences de la canicule sur la surmortalité significative des personnes âgées.



Photo 1 - Incendie de forêt : coupure d'A8
(Var-été 2003)
copyright ASF

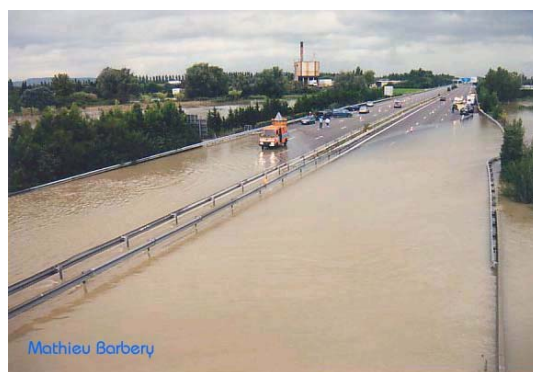


Photo 2 - Episode cévenol : coupure d'A7
(Gard-09/2002)
copyright Mathieu_Barbery

Ce type d'évènements peut concerner tous les acteurs, sur tout le territoire, sous des formes très variées, mais personne ne peut plus dire qu'il ne savait pas.

La comparaison des incertitudes scientifiques qui demeurent encore et des coûts d'une "non-action" montre clairement qu'il faut vraiment agir maintenant, mais d'une façon pertinente.

¹ GIEC : Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat - <http://www.ipcc.ch/>

² ONERC : Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique

Encadré 1 - L'ouragan Katrina

Août 2005 en Louisiane : une ville ravagée – un désastre humain et économique :

- 1836 victimes
- 273 000 maisons détruites
- 80% de la population évacuée mais 100000 personnes sont restées (les plus pauvres et les plus dépendantes)
- environ 200 Milliards de dollars US de dégâts
- l'onde de tempête a pénétré jusqu'à 10 km dans les terres
- 1/3 de la capacité de raffinage des USA immobilisé, 1/3 de la production annuelle du golfe du Mexique arrêté, plusieurs pipe-lines touchés
- 70% des bouées de navigation détruites (delta et Mississipi : l'une des plus grandes voies d'exportation des USA)
- de nombreuses routes et ouvrages détruits .

Deux ans avant Katrina, une étude avait prévu avec une grande pertinence les phénomènes, l'enchaînement de leurs conséquences et certaines mesures préventives

...

3. ENJEUX POUR CHAQUE ACTEUR

3.1. Enjeux pour les Directions des Routes

Les infrastructures sont dimensionnées dans le respect de règlements et de codes de calculs qui fournissent des intensités types de phénomènes climatiques : vitesse de vent, intensité de pluie, hauteur de neige, variation de températures, ... associées à une fréquence de retour : pluie décennale, crue centennale, ...

Ces intensités (et fréquences) ont été définies en corrélation avec des phénomènes météorologiques survenus dans le passé, et sont réajustées en fonction de l'évolution relevée de ces phénomènes : ce fut le cas notamment pour la neige après les chutes exceptionnelles relevées en France dans les années 90.

Or, si ce concept d'évènement de référence, basé sur une périodicité de retour, a été très utile jusqu'à présent, il devient dangereux dans la mesure où l'hypothèse sous-jacente que le climat de demain sera semblable à celui d'hier est devenue certainement fausse.

Certains règlements de calcul risquent de ne pas s'accommoder de façon satisfaisante de la plus grande variabilité du climat prévue pour l'avenir. Un exemple probant est le cas des ponts de l'autoroute principale du Pérou avec El Niño (voir encadré 2).

Nous devons concevoir des ouvrages pour des durées d'une centaine d'années ou plus, or c'est justement la période pendant laquelle le changement climatique va être fort. Il est donc nécessaire d'en anticiper les effets dès à présent. Dans de tels contextes, les Directions des Routes peuvent avantageusement :

- Inciter les acteurs à se mobiliser ensemble, car le sujet est très pluridisciplinaire,
- Prendre l'initiative de réfléchir à l'évolution des concepts comme la crue centennale, et à leurs modalités d'application nationale optimale par les différents acteurs,
- Favoriser des initiatives concrètes de Maîtres d'Ouvrages à l'échelle de sections critiques ou de réseaux.

Encadré 2 - El Niño et le Pérou

En 1983, un épisode El Niño (de période de retour estimée dans le passé à 50 ans) a détruit une grande quantité de ponts. Ils ont tous été reconstruits avec les anciens modèles de dimensionnement. En 1998, un nouvel épisode El Niño aussi important que celui de 1983 a eu les mêmes effets, sur les mêmes ouvrages. Une étude a alors été confiée à BCEOM qui a modifié en profondeur l'ancienne approche du problème. En certains endroits critiques le résultat a conduit à la réalisation de gués submersibles et d'ouvrages fusibles en cas de fort El Niño, l'infrastructure étant circulaire normalement le reste du temps.

Cet exemple montre qu'une erreur de compréhension de la nature de l'évolution des phénomènes climatiques peut avoir des conséquences extrêmement coûteuses, alors que des solutions simples et peu coûteuses peuvent exister.

3.2. Enjeux pour tout Maître d'Ouvrage

Quel que soit le niveau de responsabilité, il est nécessaire de localiser sur l'infrastructure les zones les plus sensibles et de connaître les risques encourus les plus graves (probabilité d'occurrence et taille des enjeux) afin de pouvoir s'organiser pour maintenir au maximum la circulation tout en préservant la sécurité des usagers.

Des plans pluriannuels de diminution de la vulnérabilité des réseaux sont aujourd'hui envisageables concrètement.

3.2.1 *Enjeux pour une Direction Générale*

A titre d'exemple, la Direction Générale d'un concessionnaire a une vision globale de l'ensemble du réseau dont elle a la charge. Des analyses globales des risques existent parfois déjà, mais le changement climatique fait évoluer sensiblement le profil de ces risques, qui demande donc à être actualisé et précisé. Par ailleurs, une vision multi-réseaux, voire multimodale des principaux scénarios d'événements climatiques majeurs et de leurs conséquences devient nécessaire (suivant une logique, par exemple, de corridor d'infrastructures).

3.2.2 *Enjeux pour un gestionnaire de patrimoine*

Les responsables de patrimoine souhaitent avoir un outil leur permettant de mettre en exergue les maillons faibles de l'infrastructure lors de la survenue éventuelle d'ENS³. Le volet simulation prévu dans l'outil GeRiCi peut apporter l'aide souhaitée (cf. § 6.5.1).

Une assistance à l'estimation de solutions de réparation permet d'établir une planification des interventions, assortie de priorités, en regard de la fréquence prévisible de l'ENS envisagé et du coût de la gêne apportée. Des progrès restent à accomplir : ce point nécessite de connaître avec une meilleure précision :

- la probabilité d'occurrence des ENS attendus suite au réchauffement climatique, en fréquence et intensité,
- les indicateurs fiables de socio économie à prendre en compte.

3.3. Enjeux pour tout exploitant

Un responsable d'exploitation estime bien connaître les tronçons d'infrastructure dont il a la charge. Il souhaiterait par contre avoir une assistance efficace et réactive à la gestion de crise, voire une aide au maintien de la viabilité.

³ ENS : Evènement Non Souhaité – voir § 6.2

Ce sont de domaines où les progrès sont nécessaires.

4. L'INTOLERANCE SOCIALE AUX RISQUES AUGMENTE

Indépendamment du changement climatique, les exploitants d'infrastructures observent au fil des années une augmentation de l'intolérance sociale vis-à-vis des aléas (climatiques ou autres). Le degré d'exigence croissant des usagers-citoyens-consommateurs et le développement de la judiciarisation de la société apparaissent comme deux facteurs qui rendent nécessaire une nouvelle réflexion de la part des responsables sur la vulnérabilité des réseaux dont ils ont la charge. L'expérience montre que l'analyse des risques liés aux changements climatiques est aussi une bonne occasion pour prendre en compte les autres facteurs clé d'évolution des risques.

Il est désormais de notoriété publique qu'un inéluctable changement climatique est en cours. Ce fait fragilisera la position, en cas de litige futur, de tout acteur responsable qui agirait (ou surtout qui n'agirait pas) comme s'il l'ignorait complètement.

De plus, la notion d'évènement de référence ou dimensionnant ne doit pas conduire à ce que la situation ne soit plus sous contrôle lorsqu'il y a dépassement. Ceci est devenu de moins en moins tolérable et difficile à soutenir socialement. Le contexte du changement climatique peut être une bonne opportunité pour aborder d'un œil neuf ces questions difficiles dans un dialogue multi-acteurs.

Par contre, les budgets n'étant pas extensibles à l'infini, il n'est pas possible de construire une infrastructure capable de résister à n'importe quel aléa climatique.

La seule façon raisonnable de concilier ces contraintes est de poser les problèmes en termes de risques et de les traiter par une analyse plus largement multi-acteurs qu'avant. Ceci est d'autant plus nécessaire que les aléas climatiques devront de plus en plus être caractérisés par des probabilités d'occurrence et d'intensité plus complexes que par le passé.

Les contraintes croissantes sur les budgets publics ne doivent pas être une raison indirecte d'une position attentiste, les nouveaux partenariats public-privé sont un exemple des façons de mobiliser de nouvelles forces innovantes de nos secteurs.

5. LE PROJET GERICI VISE L'OBJECTIF DE RELEVER CES DEFIS

Fort de ce constat, le RGCU (Réseau Génie Civil et Urbain Français) a lancé en 2003 un appel à proposition de recherche sur le thème : "Changement climatique et vulnérabilité des infrastructures".

Le Groupe EGIS (SCETAUROUTE) a constitué un consortium avec l'appui de la SANEF (voir encadré 3) et a présenté le projet GeRiCi qui a été labellisé par le RGCU, avec cofinancement du ministère de l'Équipement.

Sur la base d'une analyse de risques, GeRiCi a développé une démarche globale et un outil sous Système d'Information Géographique permettant d'évaluer la vulnérabilité de tous les composants sensibles d'une infrastructure (autoroutière, dans un premier temps de l'étude). En s'appuyant sur une analyse socio économique, GeRiCi apporte une aide aux responsables pour hiérarchiser et prioriser les investissements à opérer puis, en cas de prévision ou d'annonce d'évènement exceptionnel, pour définir le scénario à enclencher en vue de prendre les mesures d'urgence les plus pertinentes en coordination

avec les autres partenaires, dont les services de secours. De ces analyses, une expertise est progressivement constituée pour pouvoir analyser la vulnérabilité d'un itinéraire puis d'un réseau entier.

Encadré 3 - Le consortium GeRiCi

Un consortium de 7 partenaires	
GROUPE EGIS :	
<u>SCETAURROUTE</u> Hervé Guérard Gilles Habasque Marc Méreau Philippe Rome Emmanuelle Gotkovsky Et un expert senior pour chacun des sept domaines spécialisés	Pilote du projet Expertises techniques Création du SIG
<u>EGIS DTI</u> Michel Ray	Sponsor du projet
<u>BCEOM</u> Mireille Raymond	Expertise hydraulique
SANEF Michel Guérin Vincent Hulot Guillaume Maréchal	Concessionnaires : attentes et besoins des exploitants et gestionnaires d'infrastructures
ASF (une société du groupe VINCI CONCESSION) Jean-Pierre Marchand puis Eric Layerle	
METEO FRANCE Paul Pettré	Données météo et prévisions climatiques
LCPC Georges Raimbault puis Emmanuel Manier	Expertises diverses
ESRI FRANCE Marie-Claude Musseau	Conseil SIG
et 3 experts séniors	
Pierre Périlhon	Expert risques
Vincent Chagnaud	Expert en socio-économie
Martine Jauroyon	Expert knowledge management

6. LES ETAPES DE LA DEMARCHE

Avant de concevoir un outil SIG, il était nécessaire de poser les bases du travail de recherche. Il a donc fallu évaluer et définir les besoins, mettre en place un vocabulaire commun et compréhensible par tous, et déterminer les éléments à intégrer dans l'outil SIG. La synthèse qui suit décrit les étapes de la démarche ; les enseignements généraux et particuliers, tant méthodologiques que "métiers" ont été capitalisés avec soin.

6.1. Une méthode robuste d'analyse de risques

La méthode d'analyse des risques météorologiques pour les infrastructures a utilisé les enseignements du management des risques dans les industries très sensibles comme le nucléaire. Cette analyse a permis de modéliser plus généralement le danger comme un

enchaînement de processus conduisant une source de danger à avoir des effets néfastes sur l'infrastructure, les usagers, les riverains, l'environnement, etc.

6.2. Les principales sources de danger identifiées

Les sources de danger, ou Evènements Non Souhaités (ENS), prises en compte dans GeRiCi sont :

- la pluie,
- les crues,
- le vent,
- la neige,
- le froid,
- la chaleur élevée.

Chaque ENS est considéré comme source de danger pour la pérennité de l'infrastructure ou de ses composants, pour la continuité du service (circulation) et pour les riverains.

Lorsque des cartes de zonage existent (ex : neige et vent dans les règles NV65⁴), elles sont inscrites dans le SIG, de manière à automatiser la recherche des valeurs réglementaires.

6.3. Les vulnérabilités des infrastructures sont caractérisées

Chaque domaine d'une autoroute a fait l'objet d'une analyse fine par un expert senior, permettant d'en faire ressortir sa possible vulnérabilité à des ENS. De fait, sept domaines principaux ont été expertisés :

- la grande hydraulique,
- la petite hydraulique (bassin versant < 2km²) et l'assainissement,
- les ouvrages d'art,
- les équipements de la route,
- la géotechnique,
- l'environnement (arbres, incendies, ...)
- les chaussées.

Dans chacun des domaines, les éléments constituant l'infrastructure ont été classés en familles en fonction de leur sensibilité à un même évènement météorologique.

La variation d'intensité de l'évènement permet d'identifier trois seuils types pour chaque élément :

- un seuil dimensionnant,
- un seuil critique,
- un seuil de rupture.

Chaque élément positionné géographiquement sur l'infrastructure (i.e. "géoréférencé") est appelé "objet", en ce sens qu'il est unique.

Des coefficients pondérateurs peuvent être appliqués aux seuils définis pour chaque objet pour tenir compte de facteurs aggravants (comme une faiblesse structurelle, un encombrement de lit de cours d'eau, la vétusté ...), ou plus favorables propres à cet objet.

Ces analyses sont le fruit d'études menées avec des exploitants et des experts spécialisés.

6.4. Une visualisation pratique pour l'exploitant grâce à une carte des risques

Les notions, précédemment définies, ont été structurées sous la forme d'un modèle conceptuel de données afin d'implémenter l'outil SIG. Ainsi, l'infrastructure est discrétisée

⁴ NV65 : Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions

en objets géoréférencés, sous la forme de table. Chaque objet est unique et est défini selon des caractéristiques techniques et de vulnérabilité.

En appliquant un évènement météo (de type et d'intensité définis) à un tronçon d'infrastructure, chaque objet sensible à cet évènement est visualisé graphiquement selon un code couleur correspondant à un symbole propre au seuil qu'il est susceptible d'atteindre lors de cet évènement.

6.5. Les simulations et l'alerte facilitées

L'outil élaboré pourra être utilisé aussi bien en mode de simulation que lors d'une alerte lancée par Météo France.

6.5.1. Simulation

La simulation permet de vérifier, "à froid", quels éléments de l'infrastructure risquent d'être les maillons faibles lors d'un évènement dont on fixe a priori l'intensité. L'intérêt réside dans le nombre illimité de simulations que l'on peut faire, en augmentant par exemple graduellement l'intensité de l'évènement de manière à appréhender la réponse des objets de l'infrastructure, jusqu'à aller à des valeurs a priori "irréalistes".

Une fois repérés, les maillons faibles peuvent alors être soumis à traitement, en fonction des enjeux. Les combinaisons d'évènements météorologiques et/ou les conséquences pour l'exploitant de combinaisons de ruptures peuvent donc être simulées.

Les résultats de chaque simulation peuvent être conservés pour traitement ultérieur.

6.5.2. Alerte

Lors du lancement d'une alerte par Météo France ou d'une alerte crue lancée par un Service de Prévision des Crues, l'intensité de l'évènement prévu est entrée dans le modèle afin d'évaluer les conséquences probables pour l'infrastructure. Les responsables disposent alors d'un laps de temps pour agir, en fonction des désordres prévus.

A court terme, l'alerte devrait pouvoir être couplée informatiquement avec le SIG pour une plus grande réactivité, et l'exploitant aura à sa disposition une panoplie d'outils lui permettant d'anticiper et de proportionner sa réaction.

6.6. Un SIG convivial testé sur des sections réelles

L'élaboration de l'outil SIG s'est déroulée en plusieurs phases. Dans un premier temps, il s'agissait de définir les fonctionnalités de l'outil, de concevoir un modèle conceptuel de données à partir des éléments définis lors de la détermination des besoins et surtout de concevoir un outil convivial et transposable quel que soit le responsable de l'infrastructure. L'outil SIG ainsi conçu est basé sur un Système de Gestion de Base de Données Relationnel (SGBDR) associé à une interface graphique permettant de localiser, de visualiser, de renseigner, de traiter et d'interroger les objets contenus dans le SGBDR. Une interface sous la forme de boîtes de dialogues permet de guider l'opérateur dans l'utilisation de l'outil (voir encadré 4).

Afin de valider et tester le système, les Concessionnaires partenaires du consortium ont proposé comme sites tests deux sections d'autoroutes d'une trentaine de kilomètres chacune :

- l'autoroute A1 près de Roissy, pour Sanef,
- le triangle A7-A9, près d'Orange, pour ASF.

Des évènements météorologiques passés sont simulés pour ajuster le calibrage des "objets" de manière à ce que les réactions du modèle soient au plus près de la réalité observée.

Encadré 4 - L'outil GeRiCi

L'outil GeRiCi est conçu sur la base du couplage d'un Système de Gestion de Base de Données Relationnelle (Access® de Microsoft©) et d'un SIG (ArcGIS® d'ESRI©). A partir des données du tracé (axes, profils en long, ...) l'axe de la route est créé. Puis, en utilisant le principe de segmentation dynamique, les coordonnées en X et Y sont transformées en abscisse curviligne. Chaque objet décrit sous forme de table est alors positionné automatiquement sur l'axe à partir de ses données d'implantation. Des boîtes de dialogues permettent à l'opérateur d'une part de visualiser et d'interroger les objets, et d'autre part de simuler et de capitaliser un évènement climatique. Les boîtes de dialogues proposent des choix à valider avant l'exécution de requêtes permettant au final de visualiser chaque objet vulnérable à l'"évènement non souhaité" envisagé selon une symbolique chromatique appropriée au seuil défini. A ce stade, il est possible de capitaliser les résultats obtenus et de renseigner la base sur les mesures à mettre en œuvre.

6.7. Un outil d'aide à la réflexion technique et stratégique multiacteur

A l'aide de ce type d'outil, un dialogue multiacteur peut être facilité à différentes échelles : section critique, corridor ou réseau avec les enjeux éventuels « concessionnaire », enjeux multimodaux (infrastructures juxtaposées), enjeux régionaux, enjeux nationaux ou encore internationaux. Les enjeux s'analysent également suivant un axe thématique : enjeux socio-économiques, environnementaux, sociétaux, etc. Cette approche permet d'associer à un type d'évènement, un coût global pour la Société, construit à la fois sur les pertes de recettes (pour le concessionnaire), mais également sur l'impact socio-économique collectif, ce qui permet aussi une analyse des motivations spontanées des différents acteurs à décider et/ou financer les actions de diminution de la vulnérabilité des infrastructures critiques. Quelques exemples :

- si une autoroute est la colonne vertébrale du dispositif de secours permettant de porter assistance aux victimes causées par un évènement météo grave, il peut être décidé (par les pouvoirs publics) de renforcer sa "résistance" à cet évènement (ex : Katrina et autoroute d'évacuation),
- a contrario, un tronçon non stratégique d'une infrastructure peut être aménagé pour fonctionner en service dégradé temporaire (pour un évènement d'intensité supérieure à la valeur réglementaire),
- un remblai peut être fusible en cas de crue très exceptionnelle pour éviter l'inondation d'une zone très vulnérable située en amont (usine SEVESO, hôpital, etc.).

Les enjeux peuvent alors être hiérarchisés afin de concentrer prioritairement les actions préventives sur les sections du réseau les plus critiques, ou celles ne disposant pas d'itinéraire alternatif, ou celles stratégiques d'un point de vue accès des secours, etc.

7. LA RICHESSE DES FONCTIONNALITES DE L'OUTIL GERICI

L'outil GeRiCi regroupe progressivement un ensemble de fonctionnalités :

- une fonctionnalité de simulation, avec un catalogue de dispositions palliatives,
- une fonctionnalité d'alerte, avec instructions et scénarios de décision pour les exploitants,
- une fonctionnalité de capitalisation et de retour d'expérience (voir encadré 5) : sur le principe que l'on n'a pas le droit de faire deux fois les mêmes erreurs.

Encadré 5 - Base de connaissance et REX

L'outil GeRiCi permettra de capitaliser et conserver la mémoire des évènements passés, avec les données afférentes, les conséquences observées, les interventions réalisées et leurs résultats, leurs coûts, etc. Chaque acteur renseigne une fiche, dont la standardisation des champs permet d'effectuer toute recherche ou tri utile. Y sont annexés tous les documents, rapports, bulletins météo, etc. nécessaires à la compréhension et à l'analyse a posteriori de l'épisode évènementiel. Les zones de l'infrastructure touchées sont repérées sur la cartographie SIG.

Ceci fait de GeRiCi un véritable outil de retour d'expérience pour tous les responsables, aussi bien au niveau de l'exploitation que de la direction d'une société concessionnaire, que, si nécessaire, au niveau scientifique pour des exploitations statistiques.

8. AUJOURD'HUI ... ET DEMAIN ?

8.1. Aujourd'hui, grâce à quatre ans de travail :

- les maîtres d'ouvrage peuvent demander une analyse des vulnérabilités de leur réseau et l'identification des sections les plus critiques,
- les exploitants peuvent demander l'implantation durable de l'outil SIG GeRiCi sur des sections ou des itinéraires pour simuler les risques et développer les réactivités les plus pertinentes.

Pour répondre à la demande, EGIS propose des prestations de diagnostics globaux ou locaux, l'implantation de l'outil chez le client et des études particulières d'optimisation pour diminuer les vulnérabilités.

8.2. Devant la taille des enjeux émergents et la complexité des problèmes, GeRiCi mérite d'être utilisé, prolongé et complété par :

- l'application opérationnelle sur de nombreuses sections dans des environnements variés pour aboutir à des outils d'aide à la décision encore plus efficaces, tant pour l'exploitant (niveau alerte) que pour le maître d'ouvrage (diagnostic et adaptation du réseau),
- une extension vers un outil d'aide à la gestion des conditions de viabilité à la demande des exploitants,
- une analyse plus poussée des complémentarités optimales respectives du régulateur, du maître d'ouvrage et de l'exploitant et peut être surtout la nécessité de faciliter un travail en commun pertinent par rapport aux enjeux.
- la nécessité d'un travail national et international dynamique et solidaire : les échanges que nous avons eus en avril 2006 au séminaire de l'AIPCR à Hanoï et au Transport Research Arena Européen de Göteborg en juin 2006 nous ont montré que sécuriser les infrastructures de transport vis-à-vis des changements climatiques est devenu une préoccupation mondiale.

8.3. Certaines complémentarités naturelles d'acteurs pourraient être proposées pour relever les défis actuels :

- au niveau national, les initiatives que peut prendre chaque Directeur des Routes sont essentielles (aspects règlementaires nationaux, rassembler les acteurs nationaux

concernés autour d'objectifs prioritaires communs, lancer des études pilotes ciblées sur le réseau national, etc.),

- la capitalisation internationale, professionnelle et détaillée, des expériences où le changement climatique a révélé la vulnérabilité des réseaux routiers, pourrait être coordonnée, et éventuellement assumée, par un réseau d'organismes techniques publics (comme le FEHRL) : il faut absolument éviter de faire des erreurs deux fois, même si c'est dans deux pays différents,
- la rédaction de recommandations internationales sur ces sujets nouveaux mais complexes, à l'attention des maîtres d'ouvrages routiers pourrait se développer et s'actualiser dans des organisations comme un Comité Technique de l'AIPCR en subsidiarité avec le niveau régional comme le Club Européen des Directeurs des Routes ou l'ASSHTO,
- les recherches avancées sur ces sujets à enjeux durablement croissants pourraient être cofinancées dans une bonne subsidiarité entre :
 - le niveau national avec des spécificités générant des complémentarités (ex : pays bordés de mers, pays montagneux avec risques de grands glissements, etc.),
 - le niveau multinational (ex : 7^{ème} PCRD européen, etc.) pour le développement des langages communs, des méthodologies correspondantes et le déploiement concret des meilleures pratiques.