

# Conditions météorologiques: services d'observation et de prévision pour les grands axes routiers et les chemins de fer provinciaux de Chine

par Yan Mingliang<sup>1</sup>, Yuan Chengsong<sup>1</sup> et Pan Xinmin<sup>2</sup>

## Introduction

Avec l'augmentation rapide de la circulation routière et du trafic ferroviaire, la sûreté devient un enjeu majeur. Les mauvaises conditions météorologiques sont l'une des principales causes d'accidents de la circulation. Début 2008, la neige persistante et le gel en Chine méridionale ont provoqué des graves interruptions du trafic, ainsi qu'un nombre élevé d'accidents. La mauvaise visibilité sur les voies rapides induit la perte des distances de sécurité par des dizaines, voire des centaines de véhicules. De même, le trafic tant routier que ferroviaire est souvent affecté par les orages et les inondations, ainsi que par des phénomènes géologiques résultant des précipitations qui provoquent des coulées de boue ou autres glissements de terrain. Le transport ferroviaire, en Chine occidentale, est souvent perturbé par des rafales et des tempêtes de sable et de poussière. Sur la ligne droite de quelque 50 km, près de Hami dans le Xinjiang, les rafales peuvent provoquer des déraillements de trains. Beaucoup de voies d'eau navigables en Chine sont aussi souvent affectées, annuellement, par le très mauvais temps, comme d'épais brouillards, des rafales et des tempêtes de pluie qui entraînent des dégâts des eaux sur les marchandises,

des collisions d'embarcations, et même des chavirages.

Dans la décennie passée, la Chine a connu une croissance record de la construction d'infrastructures aéroportuaires, terrestres et de navigation. L'administration chinoise à tous les niveaux, tout comme les départements des services météorologiques et des transports, ont porté une attention accrue à la météorologie appliquée aux transports. Le 27 juillet 2005, l'Administration météorologique de Chine et le Ministère des communications ont signé un mémorandum d'accord sur le développement commun de services de prévisions météorologiques pour la circulation routière, en vue d'émettre des bulletins météorologiques nationaux communs pour la circulation routière. Cette signature a marqué la mise en place progressive, dans tout le pays, de services de météorologie routière.

Le concept de services de météorologie routière est apparu relativement tôt dans certaines régions, comme dans la province de Jiangsu. Depuis 1998, après une décennie de recherche, d'expériences et de travaux d'ingénierie, l'Administration météorologique de Jiangsu a établi un réseau d'observation et de suivi de la météorologie routière et mis en place un service de prévisions. D'autres administrations météorologiques, notamment celles de Guangdong, de Shanghai et de Beijing, ont elles aussi coopéré avec les services de l'équipement et des ponts et

chaussées, en sélectionnant des tronçons routiers particulièrement fréquentés comme sites de démonstration de ce que permet la météorologie routière dans les zones urbaines, et en développant pour la circulation routière de l'observation et de la prévision météorologiques.

Pour parer aux dommages du vent dans la région de Hami, l'Administration ferroviaire du Xinjiang a construit des postes d'observation dans les gares du secteur. Les services météorologiques ont développé des systèmes de surveillance et de prévision des rafales et des tempêtes de sable et de poussière le long des lignes ferroviaires, qui ont efficacement réduit le nombre des déraillements imputables aux vents forts. Actuellement, tous les services de météorologie, de transport et de sécurité de Chine renforcent conjointement leurs services météorologiques d'aide à la circulation.

## Le système de surveillance météorologique pour les transports

### Réseau et stations de surveillance météorologique

La surveillance météorologique routière doit associer le suivi des surfaces de voirie, des conditions atmosphériques de faible visibilité, de la température de

1 Institut de science météorologique de Jiangsu, Nanjing 210008

2 Administration météorologique du Xinjiang

l'eau et d'un certain nombre d'autres facteurs. Toutes ces informations doivent être transmises en temps réel ou quasi-réel. Les postes de surveillance météorologique automatique établis sur les voies routières rapides et les grandes voies navigables doivent assurer l'observation en temps réel de la visibilité, de la surface de la voie, de la température, de l'humidité, de la direction du vent, de la vitesse du vent et des précipitations et, dans le même temps, satisfaire aux impératifs techniques des équipements technologiques de régulation de la circulation. Les réseaux d'observation et de prévision météorologique consistent principalement en quatre éléments: un module d'acquisition de données météorologiques; un module de traitement informatique de ces données; un module de suivi des informations; et un module d'information météorologique.

## Le système de surveillance de la météorologie routière et autoroutière

Le système installé pour le réseau de météorologie routière, construit par l'Institut de météorologie du transport de Nanjing et installé sur l'autoroute Shanghai-Nanjing, est le système le plus avancé de Chine.

Il acquiert des informations météorologiques de terrain par le biais de

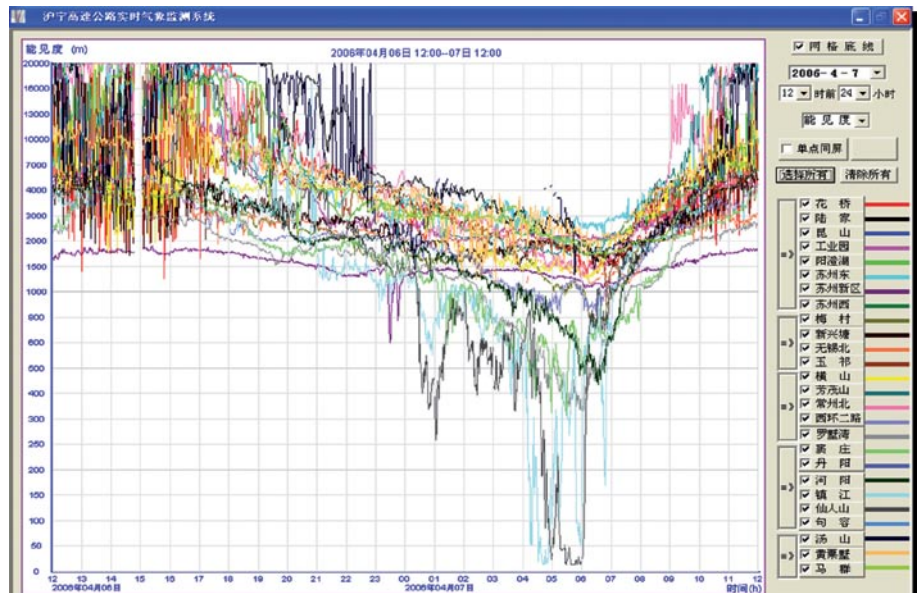


Figure 1 — Séquence temporelle acquise par un capteur de visibilité (système laser AMW) installé sur l'autoroute principale de Chine orientale (Shanghai-Nanjing)

26 stations de surveillance météorologique automatiques et de deux postes de mesure de la température de surface implantés le long de l'autoroute; il transmet les données au centre récepteur par communication non filaire et importe ces données dans la base de données du serveur de l'Administration météorologique et du Centre de contrôle de l'autoroute. Les informations météorologiques en temps réel, les alertes météo et les informations relatives aux prévisions sont sauvegardées de manière synchrone dans une base de données du centre et affichées sur les postes de

travail et terminaux de la Direction de l'autoroute Shanghai-Nanjing et des départements de météorologie.

Ces informations peuvent dans le même temps être publiées et affichées sur diverses bornes d'information (panneaux lumineux, terminaux d'information, etc.) de l'autoroute. Au deuxième semestre 2006, le Centre de prévisions a introduit la vidéosurveillance et le partage d'informations sur 101 axes routiers majeurs à partir du Centre de contrôle de l'autoroute Shanghai-Nanjing. Cette information permet aux observateurs et aux prévisionnistes de suivre directement les conditions météorologiques routières le long des tronçons équipés.

Toutes les données de gestion et de sécurité routière provenant des stations de surveillance météorologique et les produits de prévision sont intégrés dans une base de données qui dessert le système de gestion, le système de communication d'informations météorologiques, ainsi qu'un certain nombre d'autres systèmes. Le suivi de l'analyse et de l'exploitation des données en temps réel, et l'affichage de ces données sur un même écran ou sur des écrans différents, par chronologie des événements, par station et/ou par conditions atmosphériques, sous forme de tableaux, de diagrammes et de produits



Figure 2 — Optimiser la circulation en anticipant les phénomènes météorologiques à fort impact potentiel: un facteur critique pour les autoroutes très fréquentées de Chine

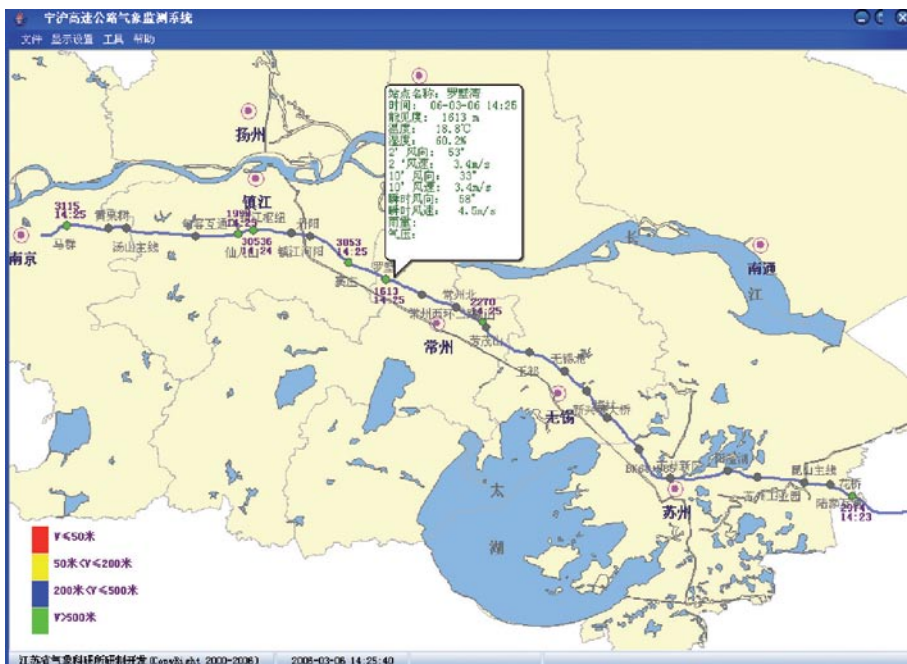


Figure 3 — L’affichage Planar des informations de météorologie routière

cartographiques SIG respectivement (voir figure 1) a également constitué une avancée notable. Il est également possible d’émettre des alarmes avertisseuses colorées ou sonores en fonction des conditions de visibilité à chaque station, et de relayer cette information (au moyen du SIG) aux départements de gestion de la circulation et aux usagers (voir figure 2).

### Système ferroviaire de surveillance des vents violents

La technologie de base (station unique de mesure des vents) pour la ligne ferroviaire Lanzhou-Xinjiang, dans la région autonome du Xinjiang, et la technologie en réseau qui équipe les lignes du nord et les lignes du sud du Xinjiang ont été finalisées et installées entre 1998 et avril 2000. Depuis 1998, ce système a été constamment amélioré et renforcé.

Il associe une instrumentation numérique de mesure du vent et des techniques de communication des données par fibre optique et des réseaux informatiques. Les autres caractéristiques sont un degré élevé d’automatisation, un mode d’exploitation simple et commode, des commandes faciles, un affichage clair, une interface conviviale, un

fonctionnement stable et un entretien minimal.

Actuellement, le réseau de surveillance des vents forts et d’alarme ferroviaire du Xinjiang comporte 50 postes d’observation du vent (petites stations), de 32 stations intermédiaires (gares routières), d’un centre informatique (station principale du centre de contrôle

de l’administration ferroviaire), de trois serveurs de bases de données (centre de calcul électronique de l’administration ferroviaire), d’un serveur de contrôle des opérations (centre d’assistance technique) et de nombreux ordinateurs (bornes informatiques de service à la clientèle). Le système fonctionne sans interruption 24 heures sur 24 et inclut une fonction d’alarme en temps réel.

## La technologie de prévision météorologique routière

Les conditions météorologiques ont également une influence appréciable significative sur les grandes lignes de communication, en particulier compte tenu de la portée géographique relativement limitée et de la courte durée de beaucoup de phénomènes. Les alertes aux phénomènes météorologiques susceptibles d’avoir un fort impact se sont améliorées avec l’accroissement de la densité spatiale des instruments de mesure, de la fréquence du téléchargement des données, la combinaison de données

## Chemin de fer Qinghai-Tibet

La ligne chinoise de chemin de fer Qinghai-Tibet est une ligne de haute altitude qui relie Xining à Lhasa. Sa longueur totale est de 1 956 km.

La construction du tronçon de 815 km entre Xining et Golmud a été achevée en 1984. Le tronçon de 1 142 km entre Golmud et Lhasa a été inauguré le 1<sup>er</sup> juillet 2006.

Le passage au col de Tanggula, à 5 072 m au-dessus du niveau de la mer, en fait la voie ferroviaire la plus haute du monde. Le tunnel de Fenghuoshan, d’une longueur de 1 338 m, est le plus haut tunnel ferroviaire au monde, à 4 905 m au-dessus du niveau de la mer. À l’altitude de 4 264 m, le tunnel de Yangbajing, d’une longueur de 3 345 m, est le plus long que parcourt la ligne.

Plus de 960 km, soit plus de 80 % de la section allant de Golmud à Lhasa, se trouvent à une altitude supérieure à 4 000 m. La ligne franchit 675 ponts, soit un total de 159,88 km, et environ 550 km de voies sont aménagées sur le pergélisol.





Figure 4 — Certains tronçons des voies de chemin de fer chinoises sont particulièrement exposés aux vents violents, ce qui exige l'attention particulière des prévisionnistes.

de surveillance au sol et des données d'une nouvelle génération de radars d'observation et d'autres stations météorologiques automatisées, et de l'utilisation des produits livrés au moyen de modèles numériques de prévision d'échelle moyenne. Le développement technologique des deux dernières années a montré que les services d'alerte avaient effectivement réduit le nombre des accidents de la circulation et généré d'autres retombées économiques et sociales positives.

## Prévisions de plaques de brouillard dense

L'effet de la présence de plaques de brouillard dense sur la circulation, et les dommages qui en résultent sont bien connus. Le brouillard épais en plaques et les «poches de brouillard» localisées sont actuellement au centre des recherches menées en météorologie routière. Les données de surveillance accumulées montrent que la formation et la dissipation des brouillards épais ne sont pas des phénomènes qui se développent lentement, mais des phénomènes météorologiques à

évolution relativement rapide mais prévisible [1]. L'installation de stations automatiques de surveillance le long des autoroutes facilitera une recherche indispensable dans ce domaine.

On peut prévoir la formation de brouillards denses à partir de la détermination du type de temps, des conditions en surface et à haute altitude, de l'analyse du déplacement des systèmes nuageux, de l'analyse des couches d'inversion de température et d'advection en fonction de la courbe de sondage, en combinaison avec les observations livrées par les stations d'observation le long des routes [4].

Grâce à l'analyse des données de surveillance et à l'atlas de visibilité acquis au cours des quatre années précédentes, des plages de limitation de vitesse (50-200 m) et des fermetures de chaussée (<50 m) ont été instituées. Avant l'apparition d'une formation massive de brouillard dense, il se produit en général une oscillation qui est un signe avant-coureur. Cette oscillation est de courte durée, et quoique la valeur de visibilité ne soit pas particulièrement basse, elle prélude à l'installation soudaine d'un brouillard

dense et a, par conséquent, valeur prévisionnelle.

Le système de surveillance, d'alerte et de prévision de la mauvaise visibilité due au brouillard dense se trouve grandement amélioré si l'on combine les observations météorologiques classiques et les résultats de télésurveillance transmis et affichés par les stations d'observation automatique, précisant le lieu précis, l'instant et les valeurs numériques mesurées le long des différents tronçons routiers. Le système entier intègre les méthodes de prévision synoptique et les produits de prévision numérique, les caractéristiques du brouillard dense qui apparaît le long de l'autoroute Shanghai-Nanjing, affiche les flux prévisionnels, transmet les résultats prévisionnels au département de contrôle routier, puis évalue les résultats de surveillance et de prévision en regard du rapport transmis par l'administration routière.

## Techniques pour la prévision de vents en rafales le long des lignes ferroviaires

Grâce à la recherche sur les mécanismes de formation de rafales de vent et aux diverses méthodes de prévision, un système de prévision horaire sur 12 heures pour des stations représentatives de 15 kilomètres et des tronçons de 50 kilomètres de ligne ferroviaire a pu être établi. Pour ce qui est des rafales dangereuses (> à force 8), des recherches et des analyses ont été effectuées à partir des observations de rafales typiques aux différentes saisons en 2006 et 2007. Sur la base de l'analyse du modèle de prévision et de mesures numériques effectuées par les différentes stations, un modèle d'équation prévisionnelle a été établi. En corrigeant progressivement les erreurs qui entachaient le modèle, il a été possible de parvenir à des prévisions des conditions atmosphériques entre une et 12 heures. Un bulletin de tendance du vent, heure par heure, pour l'intervalle suivant de 12 heures est généré deux fois par jour.

## Le service de météorologie routière

En combinant un système de surveillance des conditions météorologiques routières, un protocole d'interface et une autorisation d'accès, divers types d'informations et de prévisions peuvent être affichées le long des autoroutes. Parmi tous les produits d'information qui sont générés, divers sont directement disponibles pour les usagers. Ces produits ont servi d'interface pour le système et amélioreront donc dans l'avenir les services de météorologie routière.

Le réseau «e - météo routière» (<http://www.16t7.com>) donne accès à un site Web professionnel de services de météorologie routière. Il intègre les données nationales et provinciales de surveillance météorologique routière, des prévisions et des résultats de recherche en météorologie routière, des bulletins de nouvelles météorologiques et routières, des bulletins sur les accidents liés aux phénomènes météorologiques, et des évaluations de ces différents facteurs. En donnant accès aux ressources scientifiques et technologiques de la météorologie routière, ce site rend des services de haute qualité aux utilisateurs du secteur des transports et offre une tribune de communication sur la météorologie appliquée aux transports aux départements au niveau régional et même national de météorologie.

Les produits des services de météorologie appliquée aux transports consistent en prévisions à long, moyen et court terme, et incluent des prévisions spéciales par ligne, des prévisions par station, des prévisions locales, des prévisions régionales, des alertes, des prévisions de phénomènes majeurs, des points de situation, et des prévisions pour les périodes de vacances. Les prévisions et les alertes pour chacun des tronçons de l'autoroute Shanghai-Nanjing (figure 3), les prévisions pour la ligne ferroviaire qui relie Xining à Lhasa (figure 4) et les prévisions horaires de rafales aux stations établies le long de cette ligne (figure 5) sont illustrées ci-après.

## Conclusion

La recherche en météorologie routière et ses applications constituent un nouveau champ dans le spectre des activités météorologiques, en raison du fort impact sur la sécurité routière qu'ont l'accroissement de la densité de la circulation et les mauvaises conditions atmosphériques.

Le très mauvais temps, y compris la très faible visibilité due aux brouillards denses, les températures très hautes ou très basses du revêtement routier, la forte pluie et la neige, les tempêtes de sable ou de poussière, les vents forts et le verglas sont les principales causes d'accidents. La mise en place d'un

système en réseau de surveillance des conditions météorologiques routières à la fois rationnel et réaliste est à la fois la base et la condition préalable pour avancer sur ce front.

La prévision et l'alerte aux phénomènes atmosphériques violents sur les grandes voies de communication reposent à la fois sur la bonne interprétation de la situation synoptique globale et le bon usage des outils d'observation et de prévision numériques.

## Bibliographie

- [1] FENG Minxue, YUAN Chengsong, BIAN Guanghui et ZHOU Zengkui, 2003: Real-time monitoring and characteristics of heavy fog in spring at Wuxi section of Shanghai Nanjing Expressway. *Meteorological Science*, 23 4 435-445.
- [2] BAK P. et K. Chen, 1991: Critical state of self-organization. *Science*, 5 8 16.
- [3] ZHANG, Jizhong, 1997: *Fractal*, Tsinghua University Press, 1-18.
- [4] YUAN Chengsong, BIAN Guanghui, FENG Minxue, WU Zhen et ZHOU Zengkui, 2003: Monitoring and Forecasting of Low Visibility on Expressways, *Meteorology*, .29 11 :36 40.
- [5] MA HENIAN et al., 2001: *Foundation of Meteorological Service*, Xinjiang Publishing House.