

CONDITIONS RADIATIVES NOCTURNES HIVERNALES ET TEMPERATURE DE LA CHAUSSEE: L'EXEMPLE DE LA STATION METEOROUTIERE DE BERLOZ (BELGIQUE)

M. ERPICUM, J. ALEXANDRE, H. ETIENNE, M. FREDERIC,
G. MABILLE et T. NYSSSEN

*Université de Liège Département de Géographie Physique,
Laboratoire de Climatologie et de Topoclimatologie, Sart-Tilman. Bât B11, 4000-Liège, Belgique,
e-mail. michel erpicum@ulg.ac.be*

Résumé:

La prévision de la température de la surface de la chaussée en période hivernale est particulièrement difficile lorsque la nébulosité varie au sein des masses d'air qui circulent sur la région wallonne. Elle est fondamentale lorsque la température prévue est proche de la température de congélation. L'analyse des conditions radiatives au cours de nuits avec nébulosité constante ou variable, permet de montrer combien cette dernière influence de manière prépondérante la température de la surface de la chaussée en site dégagé.

Abstract:

The forecasting nocturnal winter road-surface temperature is difficult to perform correctly when the nocturnal cloud conditions are changing. It is often the case of the southern part of Belgium (Walloon Region), particularly obvious when the air temperature is close to 0 °C and the relative humidity is close to 100% or when the roads are not dry.

It is demonstrated that the nocturnal road-surface temperature is closely and without delay governed by every change of nebulosity.

Mots-clés: température de la chaussée, nébulosité nocturne, Région Wallonne

Key-words: road-surface temperature, nocturnal nebulosity, Walloon Region

Introduction

Cette contribution, menée dans le cadre d'une convention de thermographie routière nocturne hivernale pour le Ministère de l'Équipement et du Transport de la Région Wallonne, a impliqué les auteurs de manières très diverses: campagnes nocturnes, contrôles de plus de 50 stations météorologiques, programmation, traitement et cartographie des données. La période hivernale du 1^{er} octobre 1999 au 15 avril 2000 a livré la base de données pour cette analyse et les traitements ont été faits en référence à l'heure civile. Le choix de la station météorologique de Berloz est justifié par sa proximité immédiate de la station synoptique de l'aéroport de Liège-Bierset. Erpicum et al (1998) ont montré qu'un ajustement de la courbe correspondant au refroidissement de la température de la surface de la chaussée après minuit local, pouvait être obtenu lors de

conditions météorologiques homogènes à l'aide d'un modèle fondé sur des équations paraboliques

L'objectif de la présente contribution sur la température nocturne de surface de la chaussée est de montrer combien cette température est dépendante de l'exactitude et de la résolution spatiale de la prévision de la nébulosité obtenue à partir des modèles numériques météorologiques utilisés. La prise en compte des variations plus ou moins rapides de la nébulosité nocturne par les services météorologiques est dès lors primordiale lorsqu'il faut prévoir le moment d'occurrence de la température de congélation de la surface de la chaussée. Les gestionnaires du service d'hiver en région wallonne (moitié sud de la Belgique) sujette aux oscillations de la température de l'air et de la surface de la chaussée de part et d'autre de l'isotherme de 0°C, sont plus particulièrement dépendants de l'exactitude de cette prévision lorsque l'air est proche de la saturation ou que le réseau routier n'est pas sec.

1. Taux de refroidissement nocturne de la surface de la chaussée par ciel serein

La figure 1 propose une sélection - au cours de l'hiver - de trois cycles journaliers de l'évolution simultanée du rayonnement solaire global (RG), de la perte de rayonnement IR vers le ciel, de la température de la surface de la chaussée (trait fin), de la température à 20 cm dans le corps de la chaussée (trait gras, variation lente) et de la température de l'air à 2m du sol sur un accotement de l'autoroute (trait gras, variation saccadée) qui mettent en évidence les variations saisonnières de l'amplitude journalière de la température de la surface de la chaussée par ciel serein. Les exemples qui sont pris concernent un tronçon d'autoroute recouvert de béton.

Le rayonnement solaire global permet une amplitude journalière de la température de la surface de la chaussée de l'ordre de 20° C en octobre et en mars mais limite celle-ci à une dizaine de degrés en janvier. La vitesse de refroidissement horaire est élevée jusqu'aux alentours de 20h, ensuite modérée jusqu'à minuit pour s'atténuer progressivement jusqu'au lever du soleil.

L'évolution temporelle de la vitesse horaire du refroidissement de la température de la surface de la chaussée par ciel serein reflète parfaitement l'évolution progressive de l'équilibre entre le bilan radiatif et les flux de chaleur responsables des gradients de température de part et d'autre de l'interface air - surface de la chaussée (Gustavsson, 1995). Malheureusement les ciels sereins sont rares ou ne concernent qu'une partie à la fois du territoire de la Wallonie.

Notre expérience du lever des empreintes thermiques de la température nocturne des chaussées gérées par la Région Wallonne lors des six derniers hivers ainsi que celles de Thornes (1991) au Royaume-Uni et Gustavsson (1999) en Suède, nous poussent à déconseiller d'utiliser des modèles purement physiques de refroidissement de la surface des chaussées fondés sur la seule connaissance de leur matériau de revêtement. En effet, les matériaux et les critères de construction des chaussées sont très différents et la

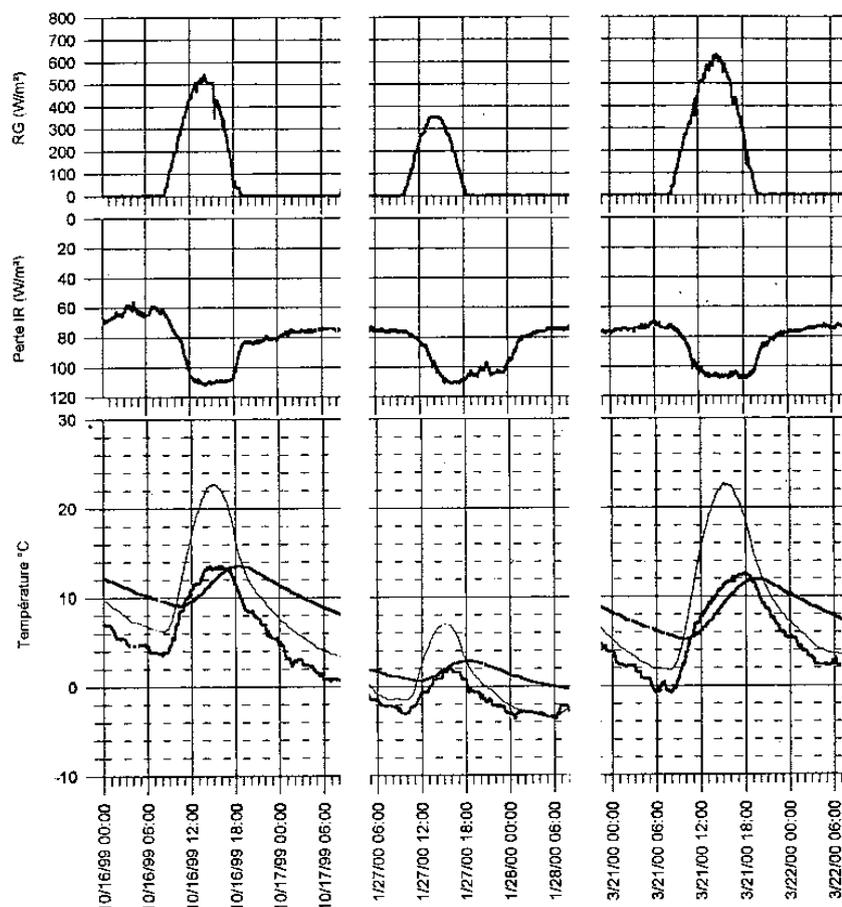


Figure 1: Evolution nocturne des conditions radiatives et de température de la chaussée lors de trois périodes à ciel serein (en octobre 1999, janvier 2000 et mars 2000) – (légende: voir texte §1).

variabilité des conditions spatio-temporelles de la nébulosité est grande sur le territoire de la Wallonie comme dans le Devon (Wood et al., 1999). De surcroît, la topographie ne facilite pas la tâche comme l'attestent Bogren et al. (1991)

2. Taux de refroidissement nocturne de la surface de la chaussée par ciel couvert

La figure 2 contient une sélection de quelques cycles journaliers des mêmes variables que celles de la figure 1. Les conventions des axes des graphiques de la figure 2 ont été maintenues identiques à celles de la figure 1 afin de mettre en évidence les conditions extrêmes mises en évidence de la sorte

Le rayonnement solaire global est tellement faible qu'il limite très fortement voire empêche le réchauffement radiatif de la surface de la chaussée pendant le jour. Le rayonnement solaire global est inférieur à 100 W/m^2 .

L'évolution au cours de la nuit de la vitesse de refroidissement de la température de

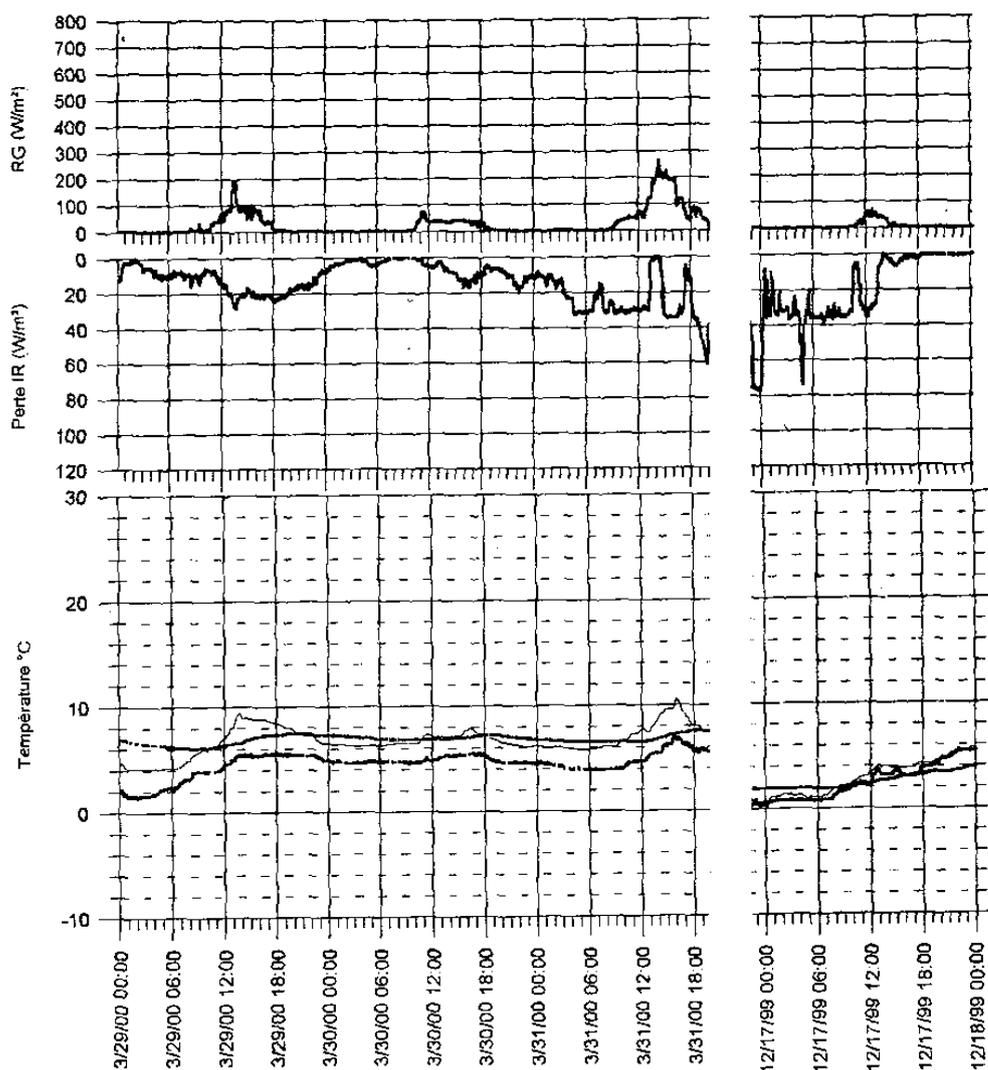


Figure 2: Evolution nocturne des conditions radiatives et de température de la chaussée lors de deux périodes à ciel couvert (en mars 2000 et décembre 1999) – (légende: voir texte §1).

la surface de la chaussée par ciel complètement encombré de nuages bas reflète l'évolution de l'équilibre conductif entre le gradient de température dans la chaussée et celui de l'air au contact de sa surface

Une couverture continue de nuages bas est toutefois assez rare par temps sec sur tout le territoire de la Wallonie. Elle n'interdit toutefois pas des augmentations significatives de la température de la surface de la chaussée à certains endroits même parfois pendant toute la nuit (voir figure 2). C'est ainsi que le 17/12/1999, le rayonnement solaire global a à peine atteint 100 W/m^2 et l'advection continue d'air de plus en plus doux a forcé la température de la surface de la chaussée à augmenter de 2°C de 8 h à 24h. De même, le 29/03/2000, le rayonnement solaire global n'a pas atteint 100 W/m^2

alors qu'à cette époque de l'année il peut déjà atteindre 600W/m^2 au moment du midi solaire (figure 1). Cette journée a connu une isothermie temporelle quasi parfaite de la surface de la chaussée et de l'air à 2m du sol. La veille, la hausse de la température de l'air par ciel très nuageux a été favorable à une hausse légèrement plus marquée de la température de la surface de la chaussée d'autant plus qu'un stock de chaleur avait été accumulé dans le sol lors des journées précédentes et que le rayonnement solaire global avait dépassé la barre des 100W/m^2 pendant près de 30 minutes.

3. Arrêts et reprises du refroidissement nocturne de la surface de la chaussée

Les figures 3 et 4 mettent en évidence l'influence rapide des variations soudaines de la couverture nuageuse sur la température de la surface de la chaussée, variations attestées par les observations météorologiques horaires faites en continu à l'aéroport de Liège-Bierset, situé à moins de 20 km à l'ESE –à vol d'oiseau et sur terrain plat-

Sur la figure 3, la période nocturne comprise entre 20 h le 5/4/2000 et 7h le 6/4/2000 met en évidence la relation directe entre les fluctuations de la perte radiative infra-rouge mesurée à 2m du sol (graphique central) et l'évolution de la température de la surface de la chaussée (trait fin du graphique inférieur).

A la station météorologique de l'aéroport de Liège-Bierset, la nébulosité totale composée uniquement de nuages bas dont la hauteur de la base était à un peu moins de 1500 m du sol était de 6 octas jusque 23 h. Cette couche nuageuse commençait à se dissiper à minuit (5 octas) pour ne plus atteindre que 2 octas à 1h. Les observations météorologiques de 2 et 3h relatent une nébulosité nulle. Celles de 4 et 5h font état à nouveau d'une nébulosité en nuages bas de 4 octas à la même hauteur au dessus du sol que précédemment de 2 à 3h tandis que celles de 6h à 11h relatent à nouveau l'existence d'un ciel serein. La visibilité y est restée constamment comprise entre 7 et 8 km; l'humidité relative de l'air y a varié entre 63 et 90% et la vitesse moyenne du vent pendant les 10 minutes qui précèdent chacune des observations horaires était d'abord modérée (5 à 7 nœuds jusque 2h) puis faible (3 à 4 nœuds jusque 11 h).

Les oscillations de la courbe de la température de la surface de la chaussée de la nuit du 5 au 6 avril 2000 doivent être confrontées à celle de la nuit suivante particulièrement régulière et du même type que celles de la figure 1.

Sur la figure 4, la période nocturne comprise entre 20h, le 11/3/2000 et 8h, le 12/3/2000 met en évidence une éclaircie qui n'a duré qu'une 1 heure (de 22h06 à 23h06) mais qui a fait chuter la température de la surface de la chaussée de 2°C sur ce court laps de temps. Le carnet d'observations météorologiques de la station synoptique de l'aéroport de Liège-Bierset atteste l'apparition de cette éclaircie dans une couche de stratus dont la base était à environ 1500 m du sol et signale par ailleurs une visibilité d'environ 6.5 km, un vent au sol quasi nul et une humidité relative de l'air proche de 100 %.

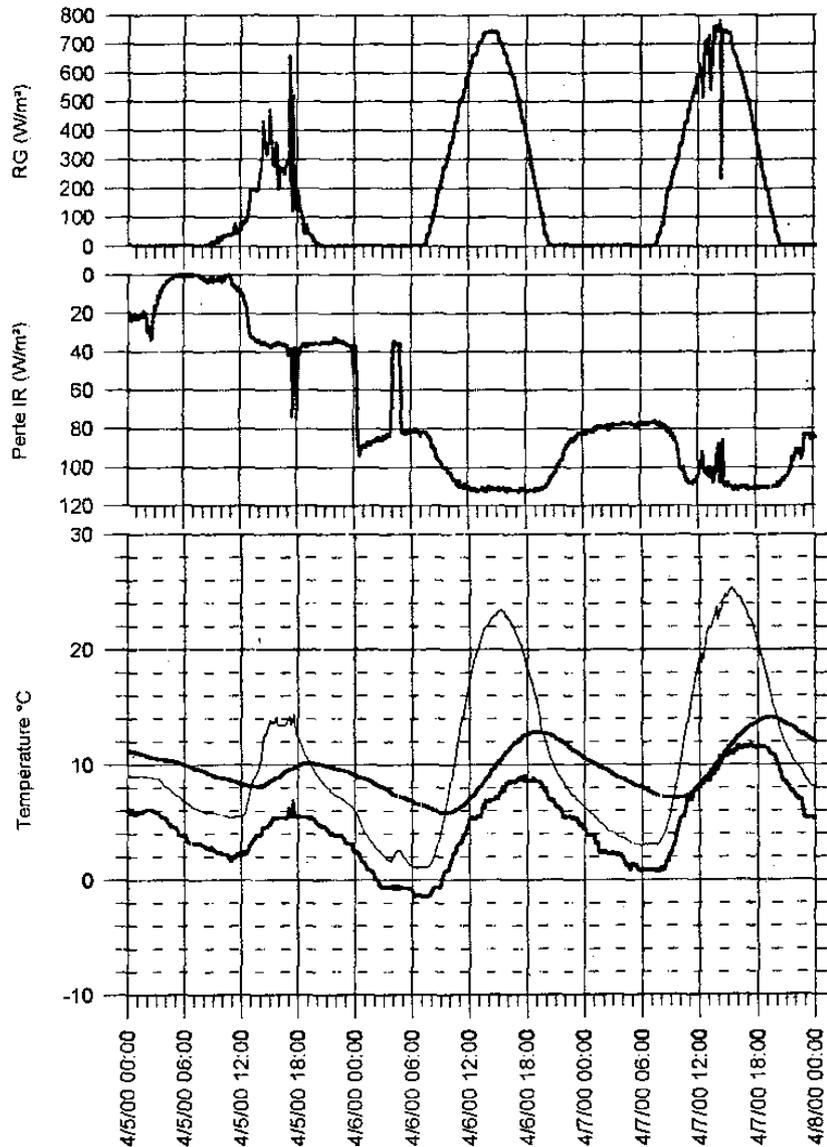


Figure 3: Evolution nocturne des conditions radiatives et de température de la chaussée lors d'une période à nébulosité variable (en avril 2000) – (légende: voir texte §1).

On peut par ailleurs constater sur la figure 4, un autre exemple de réponse immédiate de la température de surface de la chaussée à des changements soudains de la nébulosité nocturne pendant la nuit du 12 au 13/3/2000. La perte en IR a varié pendant cette nuit entre 30 à 40 W/m² (ciel très nuageux) et 80 W/m² (ciel pas ou peu nuageux). Un système nuageux est passé au-dessus des stations de Berloz et de l'aéroport de Liège-Bierset de 22h à 4 h. Cet ensemble nuageux de nébulosité de 7 octas fut précédé et suivi par des périodes de nébulosité de 2 à 3 octas avec quelques stratus à environ 1300m du sol.

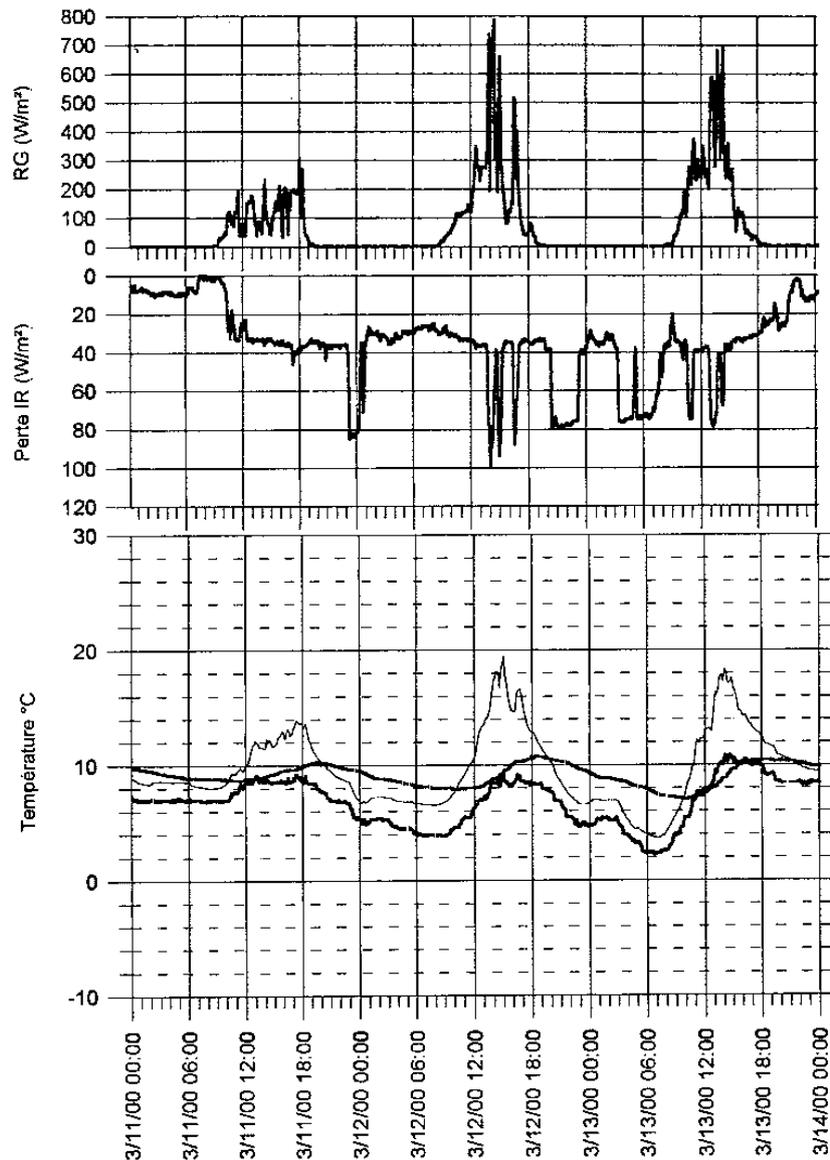


Figure 4: Evolution nocturne des conditions radiatives et de température de la chaussée lors d'une période à nébulosité en nuages bas variable (en mars 2000) – (légende: voir texte §1).

Conclusion

L'intérêt de la présente analyse réside dans le fait que les effets des variations de la couverture nuageuse sur la perte en IR enregistrée en période nocturne au-dessus d'une station météo routière automatique principale (Berloz) ont été confrontés aux observations horaires de la nébulosité et des types de nuages effectuées par les observateurs professionnels d'une station météorologique synoptique d'un aéroport situé à même altitude et à proximité directe du site de référence (Aéroport de Liège-Bierset).

Il semble utile de signaler que l'intensité du trafic aérien nocturne sur cet aéroport est grande en dehors des périodes de W-E et que les observations météorologiques horaires non trihoraires de ces nuits restent dès lors *a priori* de la même qualité que celles qui sont faites de manière trihoraire pour les besoins du tracé des cartes synoptiques trihoraires, du suivi des modèles météo et de la veille météorologique permanente.

La variation nocturne de la température de la surface de la chaussée en site dégagé est très dépendante et concomitante des fluctuations de la couverture nuageuse à un pas de temps inférieur à une heure. Malheureusement le pas de temps qui est habituellement livré par les modèles météorologiques à méso-échelle est seulement de trois heures. Cette hypersensibilité de la température de surface de la chaussée aux variations non persistantes de la nébulosité interdit donc souvent la prétention de livrer une prévision de cette température, même à une échéance de quelques heures seulement, à moins de deux degrés Celsius près.

Les résolutions spatiale et temporelle actuelles des modèles de prévision de la nébulosité interdisent donc également d'obtenir une modélisation fine généralisée de la prévision de la température du réseau routier telle que la préconisent Chen et al (1999).

La cartographie thermique nocturne du réseau routier et autoroutier de la Wallonie que nous réalisons pour le compte du Ministère de l'Équipement et du Transport Wallon parvient actuellement à résoudre une partie de cette gageure en temps réel mais pas de manière prévisionnelle faute de prévisions correctes des fluctuations temporelles et spatiales des conditions radiatives de l'atmosphère par les modèles européens actuels. Cette cartographie est gérée par l'interprétation automatique et pondérée des conditions radiatives, conductives et advectives au droit des 15 stations météo routières réparties équitablement sur tout le territoire de la Wallonie.

Bibliographie

- BOGREN, J. and GUSTAVSSON, I., 1991: Nocturnal air and road surface temperature variations in complexe terrain. *Int. J. Climatol.*, **11**, 443-455.
- CHEN, D., GUSTAVSSON, I. and BOGREN, J., 1999: The applicability of similarity theory to a road surface. *Meteorol. Appl.*, **6**, 81-88.
- ERPICUM, M., MABILLE, G. et MARCZUK, S., 1998: Analyse du refroidissement après minuit de la température de la chaussée en Wallonie. *Publications de l'AIC*, **11**, 15-22.
- GUSTAVSSON, I., 1995: A study of air and road surface temperature variations during clear windy nights. *Int. J. Climatol.*, **15**, 919-932.
- GUSTAVSSON, I., 1999: Thermal mapping – a technique for road climatological studies. *Meteorol. Appl.*, **6**, 385-394.
- ITHORNES, J. E., 1991: Thermal mapping and road weather information systems for highway engineers. In *Highway Meteorology*, ed. by A. H. Perry, and L. J. Symons, E. & F. N. Spon, London.
- WOOD, N. L. H. and CLARCK, R. I., 1999: The variation of road-surface temperature in Devon, UK during cold and occluded front passage. *Meteorol. Appl.*, **6**, 111-118.