

Modélisation empirique de la pollution de l'air à proximité des axes routiers. Application aux milieux montagnards et application à la vitesse admissible des véhicules

Jürg THUDIUM, Institut Oekoscience, Chur (Suisse) et Carine CHELALA, Université Saint-Joseph de Beyrouth, Département de Géographie, Beyrouth (Liban)

Résumé

La dispersion des polluants atmosphériques d'origine automobile est un procédé complexe, particulièrement en milieux montagnards. Notre modélisation empirique détermine à une échelle horaire la relation entre la concentration de la pollution dans l'air ambiant et les émissions des véhicules, comme mesure de la dispersion. Les facteurs déterminants sont la topographie, la météorologie des sites étudiés, les flux routiers et leur composition (nombreux axes de transit caractérisés par un taux élevé en poids lourds). Des études en milieu alpin, ont montré que dans ce type de milieu, les concentrations des polluants sont de 2.5 à 4 fois supérieures aux immissions en milieu plat. Le modèle utilisé simule les effets des scénarios du développement futur du trafic, mais aussi, il détermine la part des polluants émis par les véhicules tels que le rapport NO_x/NO_2 et la relation existante avec les émissions des PM_{10} .

En effet, les émissions par kilomètre parcouru ainsi que les nuisances environnementales augmentent avec la vitesse de circulation. Pour remédier à ce conflit, certains pays comme l'Autriche, ont trouvé un compromis politique alliant les deux intérêts (environnement et circulation fluide). Ainsi, la vitesse admissible passe temporairement de 130 km/h à 100 km/h. La limite de 100 km/h est valide pendant environ 30% de l'année. L'algorithme de ce procédé est basé sur notre modélisation empirique qui est un outil d'aide à la décision en matière de circulation «moins polluante».

Mots-clés: Dispersion des polluants, milieu montagnard, limites de vitesse, modélisation empirique.

Introduction

Depuis plus de deux décennies, la pollution de l'air a diminué dans les régions alpines, et ce jusqu'à l'année 1995. Depuis cette année, les taux des polluants se sont stabilisés. La figure 1 montre ce phénomène pour les NO_x , indicateur de la pollution d'origine automobile, pour plusieurs stations de mesures dans les régions de Tyrol (Autriche). Les données représentent des stations urbaines (Centre-ville d'Innsbruck et de Hall) ainsi que des stations de proximité routière (autoroute près de Gärberbach et Vomp). Les tendances des polluants sont les mêmes pour les deux types de stations.

Ce constat montre qu'il est nécessaire de prendre des mesures réelles de réduction des taux de polluants d'origine automobile.

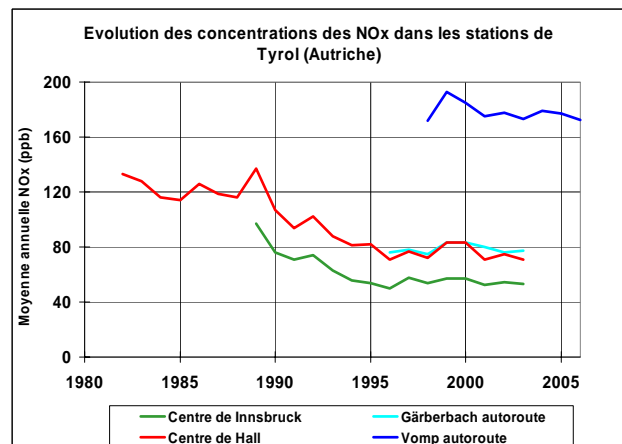


Fig. 1: Evolution des concentrations des NO_x dans les stations de mesure de la qualité de l'air à Tyrol (Autriche)

L'étude présente a pour but d'analyser l'évolution de la pollution de l'air dans les milieux alpins et propose une modélisation efficace en matière de la réduction de la pollution en réduisant la vitesse limite des véhicules privés.

Les indicateurs de la pollution d'origine automobile

Les stations de mesure de la qualité de l'air mesurent les concentrations dans l'air ambiant de plusieurs polluants. Concernant la pollution d'origine automobile, il est nécessaire de choisir un polluant qui serait un « bon indicateur » de ce type de pollution.

Considérons les polluants suivants ; les NOx, les particules fines, les PM10 et la suie. La figure 2 montre les taux de ces polluants pour la station de trafic Erstfeld située dans la vallée du Reuss (Suisse), à proximité de l'autoroute Gothard, axe transalpin. Les NOx, le nombre des particules et la suie ont le même comportement en moyenne horaire. En parallèle, les PM10 ont un comportement différent, car ils englobent les particules ultrafines avec un diamètre de moins que 1 µm qui déterminent principalement le nombre des particules. Le nombre des particules entre 1 et 10 µm est minime par rapport au nombre total des particules bien que la masse est concentrée dans cette classe. En effet, la mesure des PM10 est plus fréquente dans les réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Alors que les particules fines qui ont un effet nocif sur la santé publique constituent un indicateur plus efficace.

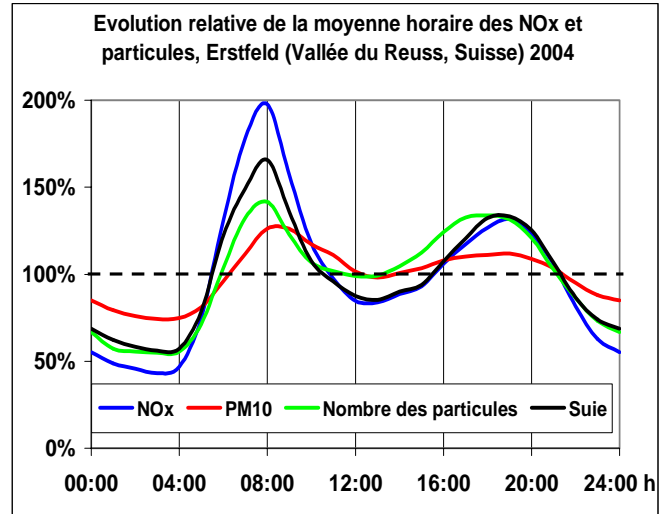


Fig.2 : Evolution relative de la moyenne horaire des NOx et particules en 2004, à Erstfeld (Suisse)

La problématique du NO₂

La motorisation moderne a une émission directe de NO₂ allant jusqu'à 50% du volume total de NOx (cf. Fig. 3). Alors que les moteurs avaient une émission directe de NO₂ d'environ 5%, le reste des émissions sont des NO puis il est oxydé lentement en NO₂ dans l'atmosphère.

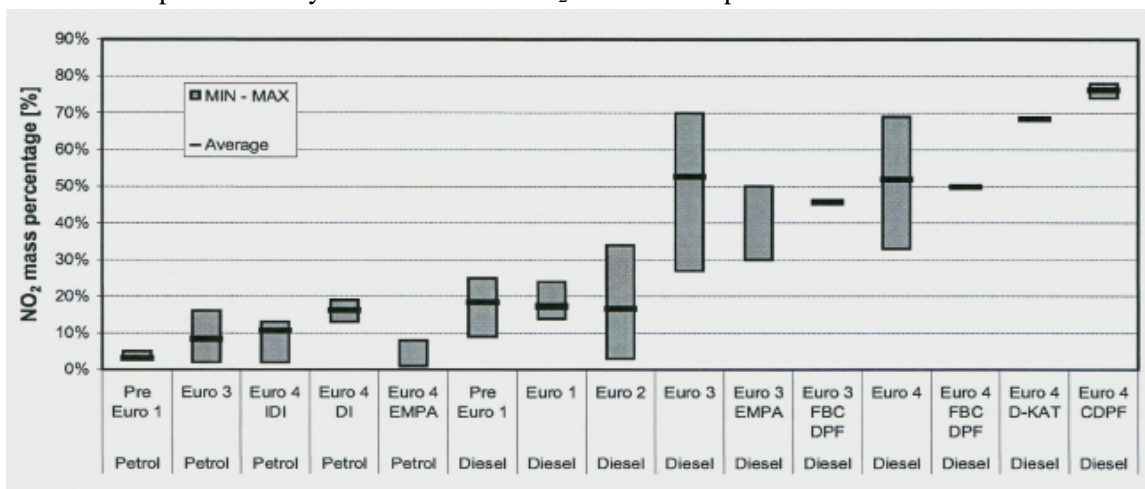


Fig.3 : Pourcentage des NO₂ dans les émissions des NOx des différentes technologies et catégories des législatives (Gense et al., 2006)

Les changements dans les émissions du NO₂ sont pris en considération dans nos modélisations et dans le calcul des facteurs d'émission. Ce dernier constitue le calcul des émissions de NO_x et des particules d'une voiture particulière / km parcouru et à une vitesse donnée.

La dispersion latérale des polluants automobiles

La concentration en polluants est la plus élevée sur l'axe routier et en bord de route. Elle diminue avec la distance de l'axe. Pour connaître la dispersion latérale des polluants, il faut disposer de profils latéraux des polluants. Les gradients latéraux relatifs de la pollution de l'air ont été reproduits pour différentes régions sur plusieurs années : dans la vallée de Inn en Autriche, dans l'environnement de Cologne en Allemagne et dans la vallée de Reuss en Suisse (cf. fig. 4). Des profils identiques ont été retrouvés pour ces trois sites. Nous constatons une relation stable entre la pollution et la distance de la route. La valeur de 100% correspond à une valeur mesurée à une distance de 5 mètres de la route.

Les concentrations des NO_x diminuent de 50% pour une distance de presque 80 à 100 mètres de l'axe routier. Il faut noter que cette étude a été menée pour des autoroutes peu bâties.

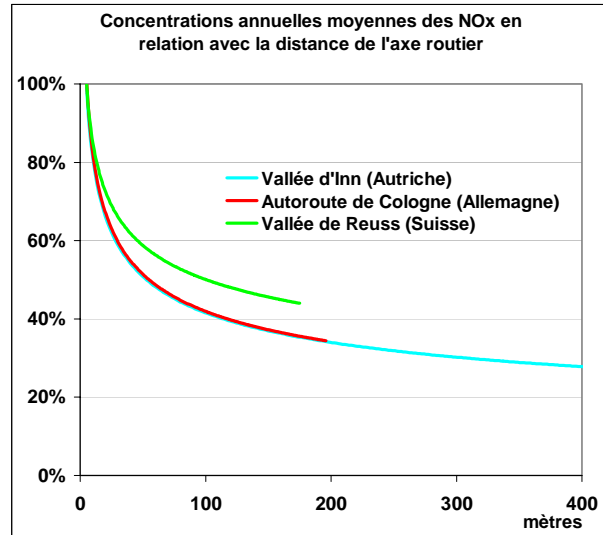


Fig. 4: Concentration annuelles moyennes des NO_x en relation avec la distance de l'axe routier

La dispersion latérale des polluants automobiles et facteurs topo-climatiques

A l'opposé des milieux plats et ouverts, les vallées alpines connaissent une pollution plus élevée allant parfois à une augmentation de quatre fois.

La figure 5 (a) montre les moyennes journalières pour l'année 2002 de deux stations en Suisse. La station de Härkingen se trouve sur le plateau suisse dans un terrain plat, alors que la station de Moleno se situe dans les Alpes (Tessin). Nous constatons que, bien que les émissions des NO_x soient plus élevées pour l'autoroute de Härkingen (flux routiers étant plus élevés qu'à Moleno), les immissions sont moins importantes que celles de Moleno.

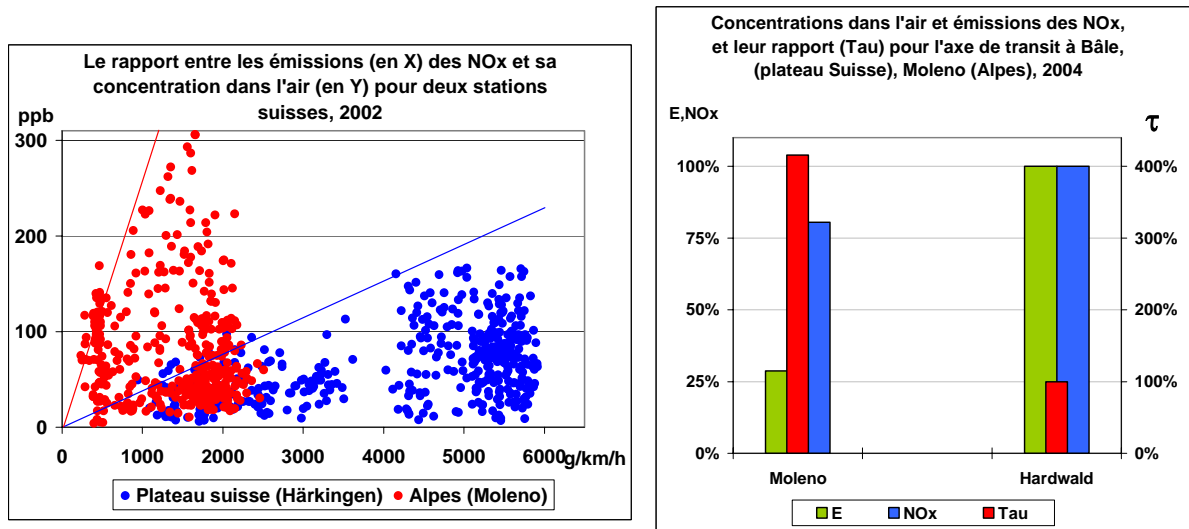


Fig. 5 : (a) Rapport entre émissions et immissions, (b) Rapport de Tau pour deux stations de mesure de la qualité de l'air

En d'autres termes, pour un même flux de véhicule, un axe routier situé dans un plateau, a moins d'immissions que celui situé dans une vallée alpine. Ce phénomène est démontré pour plusieurs vallées alpines. Cette situation est favorisée par des facteurs topo-climatique propres aux vallées encaissées.

Pour mieux appréhender cette situation, nous avons calculé un facteur empirique (T) entre les émissions et la concentration de polluants dans l'air. Le facteur de dispersion T est une mesure empirique adéquat pour la connaissance des conditions de dispersion des polluants. Dans le calcul du facteur T, nous tenons compte des polluants émis avant la date du calcul et les polluants provenant des autres sources de pollution (cas d'une usine proche...).

La figure 5 (b) montre les relations qui existent entre les émissions directes, les concentrations dans l'air des NOx et le facteur T : dans le plateau suisse (Hardwald), toutes les valeurs sont à 100% : les émissions, les immissions et le facteur T. Alors qu'à Moleno dans la vallée alpine, le calcul des facteurs d'émission représentent 25% des émissions des voitures (les flux routiers sont la seule source de pollution), alors que 80% de la concentration dans l'air sont dus à la stagnation des polluants ; le facteur T est 4 fois plus élevé que dans le plateau, il est de plus de 400%.

En effet, les vallées alpines, souvent traversées parfois par des axes de transit, sont assez étroites (cf. Fig. 6a). Aussi les autoroutes sont des sources linéaires de pollution qui affectent toute la vallée, à l'opposé des sources ponctuelles comme les usines dont le panache de pollution affecte partiellement la vallée selon les conditions de dispersion (direction du vent, présence de couche d'inversion thermique...). En hiver, les vallées se caractérisent le plus par des inversions thermiques persistantes, qui piègent la pollution dans une couche près du sol (cf. Fig. 6b). Les inversions thermiques qui sont présentes partout, sont plus fréquentes et encore plus intenses dans les vallées.

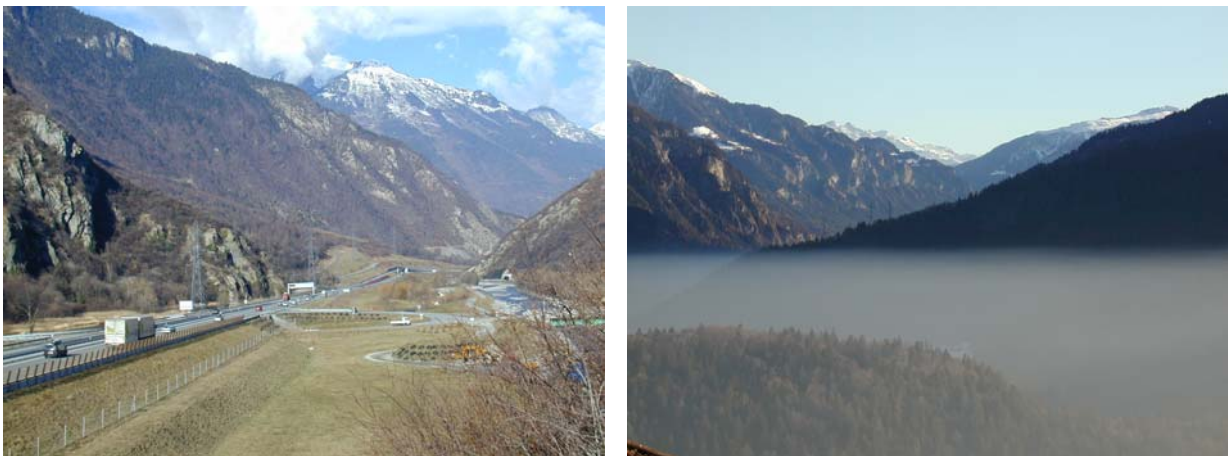


Fig. 6 : (a) Vallée de la Maurienne (France) – (b) vallée du Rhin (Suisse)

Application dans le cadre de prévention de la pollution de l'air

La régulation de la vitesse admissible des voitures particulières est une application directe de notre modélisation empirique. En effet, nous avons calculé le facteur d'émission d'un véhicule : nous constatons que le facteur d'émission est plus que doublé entre 80 et 130 km/h. Par conséquent, en réduisant la vitesse des voitures particulières, nous réduisons la pollution de l'air.

Réduire de façon permanente la vitesse des véhicules, les déplacements routiers et la mobilité à grande vitesse, serait le cas idéal d'une circulation moins polluante. Mais cela va à l'encontre des intérêts socio-économiques des pays.

Certains pays ont trouvé un compromis politique entre une circulation fluide et la qualité de l'air. C'est le cas de l'Autriche où la réduction de la vitesse des véhicules particuliers a été fixée d'avance pour 30% de l'année. Pour cette période, la vitesse admissible des véhicules doit passer de 130 km/h à 100 km/h.

Notre modélisation empirique a pour but de discerner les 30% optimal de l'année dans lesquelles il faut réduire la vitesse. Ceci pour atteindre un effet positif sur la qualité de l'air, qui est environ doublée comparé avec la proportion du temps.

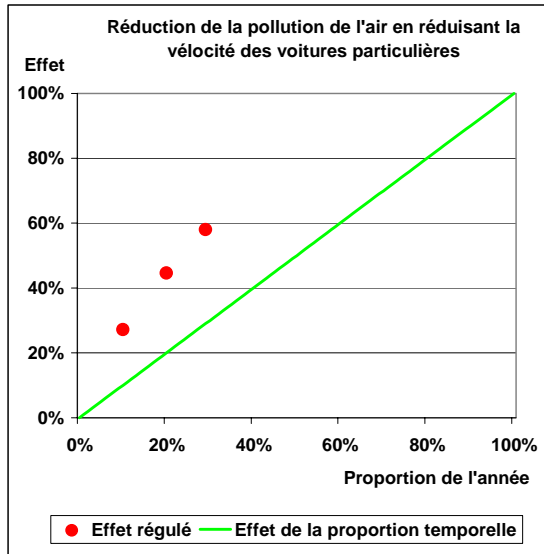


Fig. 7 : (a) L'effet de la réduction de la pollution de l'air en réduisant la vitesse des voitures particulières – (b) Affiche de l'IG-L, loi contre la pollution de l'air en Autriche.

Nous constatons trois possibilités de l'application de cette limitation :

- Si la réduction de la vitesse admissible des voitures particulières est toute l'année (100% du temps), un effet positif est atteint à 100%.
- En 30% du temps, distribué par hasard sur l'année, une probabilité minimale que 30% d'effet positif serait atteint.
- Avec le recours à la modélisation empirique, nous pouvons atteindre environ 60% d'effet possible en 30% du temps.

Ainsi, la vitesse admissible est-elle réduite par conditions défavorables à la dispersion des polluants, pendant les heures de pointes matinales et du soir.

Conclusion

La régulation de la vitesse des véhicules particuliers comme première approche est une initiative efficace en matière de réduction de la pollution de l'air. La vitesse des voitures est réglée lorsque les conditions de dispersion des polluants sont défavorables et lors des flux importants des voitures particulières (heures de pointes matinales et du soir). Dans notre expérience, nous avons remarqué que l'effet sur la réduction de la pollution est optimisé ; nous avons pu atteindre 50% d'effet pour 25% du temps d'application de la réduction de la vitesse des véhicules. Ceci montre que la modélisation mise en place est robuste.

Enfin, l'application du dispositif de la réduction de la vitesse admissible des véhicules sur les autoroutes est un champ de conflits entre les intérêts environnementaux et les politiques de circulation routière. Il faut un compromis politique alliant les deux intérêts (environnement et trafic). Mais la mise en place de ce dispositif montre une réponse positive des conducteurs et des riverains.

Références

- Gense R., Vermeulen R., Weilenmann M., McCrae I. (2006), « NO₂ Emissions from Passenger Cars », in INRETS Proceedings, Environment and Transport, Transport and Air Pollution, 2nd Conference, Reims June 2006, n°107.
- THUDIUM J. (2007), « Qualité de l'air et nuisances sonores dans les vallées alpines de transit du Fréjus, du Mont-blanc, du Gothard et du Brenner », *in* La Revue de Géographie, Journal of Alpine Research, Armand Colin, mars 2007, tome 95, n°1, page 21-32.
- THUDIUM J. (2005), « Empirical Modelling of Air Pollution in the Proximity of Roads », 14th International Symposium "Transport and Air Pollution", Graz, June 2005.
- THUDIUM J. (2006), « Determination of PM₁₀ Sources in the Proximity of Roads », in INRETS Proceedings, Environment and Transport, Transport and Air Pollution, 2nd Conference, Reims June 2006, n°107, vol. 1, pages 190-194.