

# Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine

95-1 (2007)  
Trafic transalpin

Jürg Thudium

## **Qualité de l'air et nuisances sonores dans les vallées alpines de transit** Fréjus, Mont-Blanc, Gotthard et Brenner

### **Avertissement**

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

**revues.org**

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

### Référence électronique

Jürg Thudium, « Qualité de l'air et nuisances sonores dans les vallées alpines de transit », *Revue de Géographie Alpine | Journal of Alpine Research* [En ligne], 95-1 | 2007, mis en ligne le 03 mars 2009, consulté le 26 février 2015. URL : <http://rga.revues.org/165> ; DOI : 10.4000/rga.165

Éditeur : Association pour la diffusion de la recherche alpine  
<http://rga.revues.org>  
<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur :

<http://rga.revues.org/165>

Document généré automatiquement le 26 février 2015.

© Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine

Jürg Thudium

## Qualité de l'air et nuisances sonores dans les vallées alpines de transit

Fréjus, Mont-Blanc, Gotthard et Brenner

Pagination de l'édition papier : p. 33-43

- 1 Dans le cadre du projet MONITRAF, les contraintes environnementales liées à la qualité de l'air et aux nuisances sonores ont été analysées dans six sites localisés le long des grands passages alpins du Fréjus, du Mont Blanc, du Gotthard et du Brenner : Piémont (Vallée de Susa) ; Vallée d'Aoste ; Suisse centrale (Vallée de l'Urner Reuss) ; Tessin (Leventina, Riviera, Sottoceneri) ; Tyrol (Vallée d'Unterinn et de Wipp) ; Tyrol du Sud (Vallée d'Eisack et d'Etsch).
- 2 Dans chaque vallée, les situations dans les parties centrales et dans les parties supérieures, proches des cols Alpins ont été différenciées ; en plus du trafic qui traverse la chaîne, le trafic qui a les Alpes pour origine ou destination et/ou le trafic interne aux vallées peut différer quantitativement suivant la localisation dans la vallée. Ces variations impliquent des impacts différents sur l'environnement. Une seule exception a été faite pour la vallée d'Urner Reuss, en raison de sa faible longueur comparée aux autres et de sa proximité avec le col faitier.
- 3 Ces données ont été fournies par les autorités nationales et régionales compétentes.
- 4 Les composants suivants ont été analysés : volume du trafic des « véhicules légers » (particulièrement les voitures personnelles) et des poids lourds, émissions de particules fines et d'oxyde de nitrogène, immission d'oxyde de nitrogène et de particules fines (PM10 : particules avec un diamètre équivalent jusqu'à 10 µm), conditions climatiques concernant le régime des vents et les inversions. Il a également été possible de collecter des informations concernant la situation en termes de nuisances sonores.

### Points de mesure et de surveillance sélectionnés

- 5 Le tableau suivant présente tous les sites de relevés des immissions (concentration de polluants), du trafic et des profils de température (à l'exception des mesures de bruit).

**Tableau 1. Points de mesure des immissions, du trafic et des profils de température.**

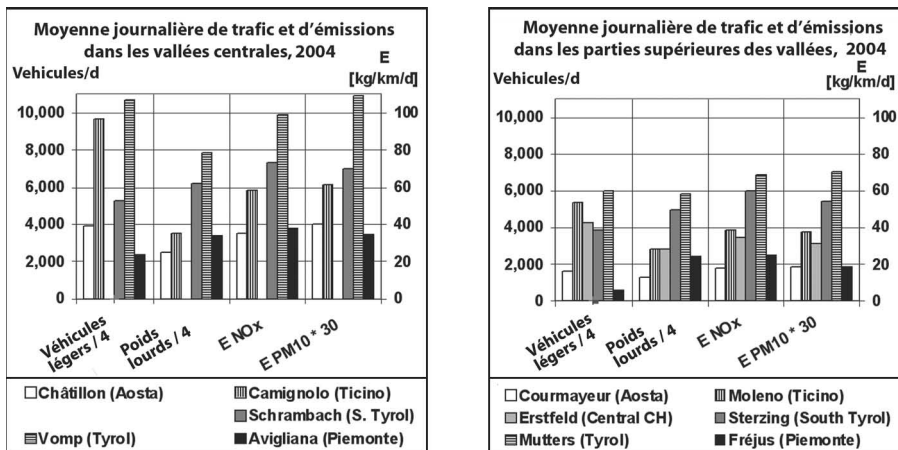
Col Alpin	Région	Partie centrale	Partie supérieure	Profil de température
Fréjus	Piémont	Avigliana	Fréjus	Bardonecchia
Montblanc	Vallée d'Aoste	Châtillon	Courmayeur (Capoluogo)	Aoste
Gotthard	Suisse Centrale		Erstfeld	Erstfeld
Gottardo	Tessin	Camignolo	Moleno	Moleno
Brenner	Tyrol	Vomp	Mutters	Schwaz
Brennero	Sud Tyrol	Schrambach	Sterzing	Bozen

### Le volume du trafic et des émissions

- 6 Le volume du trafic enregistré dans les six régions MONITRAF a été initialement réparti en catégories de véhicules échelonnées de 2 à 7. Le volume du trafic pour toutes les régions n'a été divisé ensuite qu'en deux catégories, afin de pouvoir mener une comparaison :
- 7 Véhicules légers, principalement des voitures personnelles, mais aussi des motocyclettes, et des camionnettes. Les voitures personnelles dominent cette catégorie dans toutes les régions.

- 8 Poids lourds, c'est-à-dire les camions, les camions avec remorque et les semi-remorques. Dans les régions italiennes, ces véhicules ont pu difficilement être identifiés dans les comptages de trafic fournis. Le partage des poids lourds dans la catégorie « pesanti » a été estimé sur les bases des comptages de trafic effectués au Brenner (A) et au Sterzing (I). En 2004, cela représentait avec de faibles variations, 78 % du volume pour chaque mois, excepté 63 % du volume en août.
- 9 Le principe de calcul choisi a été de déterminer les émissions en multipliant le nombre de véhicules enregistrés par le facteur d'émission unitaire pour chaque composant étudié. Pour les régions suisses, les émissions d'Oxyde de Nitrogène (NOx) et de particules ont été déterminées en multipliant le nombre de véhicules répartis en sept catégories différentes, par le facteur d'émission qui s'applique à chaque catégorie de véhicule, et traité au moyen du logiciel HBEFA 2.1 (version suisse). La plupart des voitures personnelles provenant de pays étrangers, c'est-à-dire des véhicules diesel, qui se déplaçaient sur les axes de transit, ont également été incluses dans les comparaisons avec les moyennes nationales.
- 10 Dans la région autrichienne, le nombre de véhicules a été réparti en quatre catégories, et a également été multiplié par le facteur correspondant à chaque type de véhicule, puis traité au moyen du logiciel HBEFA 2.1 (version A). Dans les régions italiennes, il a été considéré que les flottes de poids lourds dans les parties centrales et supérieures étaient comparables au trafic mesuré en Autriche. Les émissions italiennes ont donc été estimées en calculant les moyennes à partir des facteurs moyens d'émission. La distinction entre les parties centrales et supérieures des vallées a dû néanmoins être effectuée car les flottes de poids lourds deviennent, en moyenne, plus importantes à mesure que l'on se rapproche des cols Alpains.
- 11 Les résultats des émissions montrent un classement clair en fonction des différents sites : Brenner, Gotthard, Fréjus et Mont Blanc, les deux derniers montrent des résultats situés entre ceux obtenus pour le Gotthard et ceux obtenus pour le Brenner. Les plus hautes émissions ont généralement été mesurées en été, les plus basses vers la fin de l'année.

**Figure 1. Moyenne annuelle des trafics journaliers, des émissions de NOx et des émissions de particules dans les parties centrales et supérieures des vallées, en 2004.**

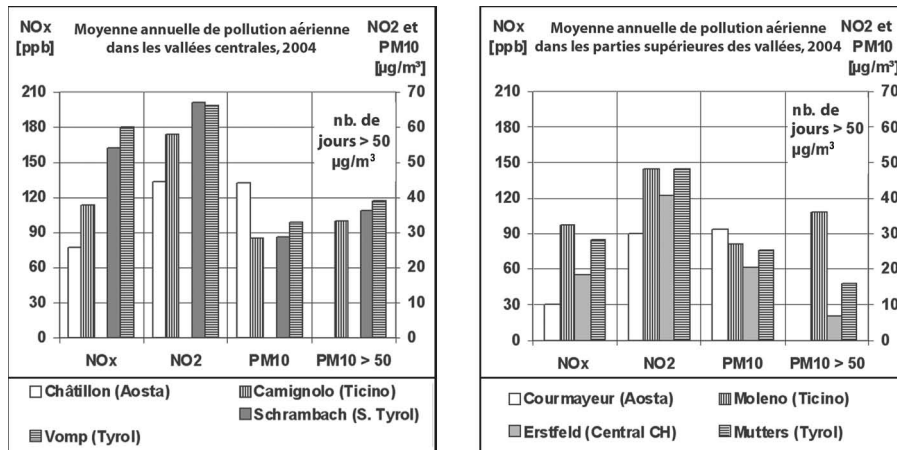


Notez que les valeurs indiquées concernent G pour les véhicules légers et « \*30 pour le total des émissions de particules ».

## Les variations de la pollution atmosphérique

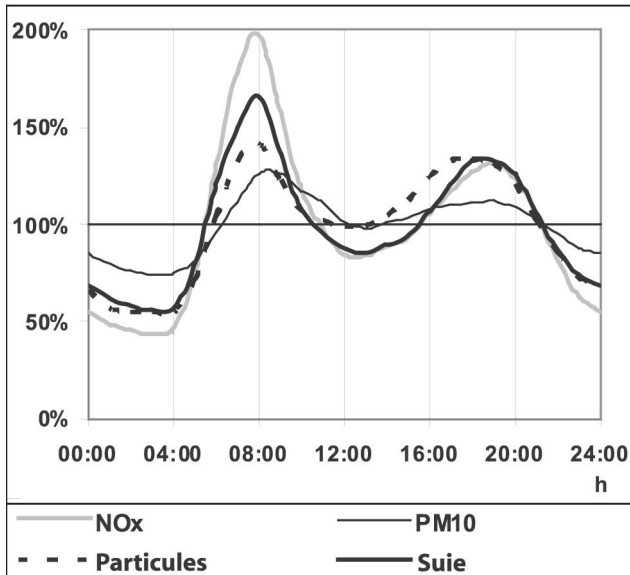
- 12 Les données fondamentales mesurant les concentrations d'Oxyde de Nitrogène (ensemble des Oxydes de Nitrogène NOx et le Dioxyde de Nitrogène NO2) et de particules fines (PM10 : particules avec un diamètre inférieur à 10 µm) sont disponibles pour toutes les régions étudiées. Ces composants sont présentés dans la figure ci-dessous. Seuls les points de mesure proches de la route sont représentés : ils sont tous localisés à une distance de 5 à 6 m du bord de la route et représentent donc une source fiable pour des comparaisons.

**Figure 2. Moyennes annuelles des concentrations de NOx, de NO2, et de PM10 et nombre de valeurs journalières moyennes au-dessus de 50µg/m3 dans les parties centrales et supérieures des vallées, en 2004.**



- 13 Dans certains cas, les seuils d'immission ont été dépassés. La distribution des concentrations de NOx dans l'air ne reflète que partiellement les émissions de NOx. Dans la mesure où les sources de pollution autres que la route jouent un rôle insignifiant pour les émissions d'oxydes de nitrogène dans tous les sites de mesure, les différences de distribution des émissions et des immissions peuvent seulement trouver leurs origines dans des conditions de propagation différentes. Quant à la distribution des particules (PM10), les autres sources jouent un rôle plus important. Comme les tests effectués aux alentours du point de mesure de Roveredo (Grisons) l'ont montré, la distribution des particules à Molen (Tessin) provient pour une large part de nombreux fourneaux à bois ; ceci est aussi probablement le cas dans la vallée d'Aoste (Châtillon et Courmayeur).
- 14 Bien que les émissions soient plus importantes en été, les immissions sont quant à elles plus importantes en hiver, ceci s'explique par des conditions de propagation plus défavorables durant cette saison.
- 15 Les variations de NOx suivent les variations de NO2, quoiqu'avec une intensité moindre ; la raison en est que la part de NO2 dans la proportion totale de NOx baisse quand la concentration de NOx augmente.
- 16 Depuis 2003, les concentrations de suie et de particules sont également mesurées dans des régions suisses. La concentration des particules est dominée par des particules très fines avec un diamètre jusqu'à 1µm, ce qui ne contribue que peu à la masse totale de PM10. La suie (par exemple des moteurs diesel) est surtout comprise dans les catégories de particules très fines.
- 17 L'illustration suivante (figure 3) montre la variation relative journalière de quatre composants : NOx, PM10, concentration de particule et de suie au point de mesure de Erstfeld en 2004.

**Figure 3. Moyenne de la variation relative journalière de NOx, PM10, de concentration de particules et de suie près d'Erstfeld (Suisse centrale) en 2004. La valeur 100 % correspond à la moyenne annuelle de chaque composant respectif.**

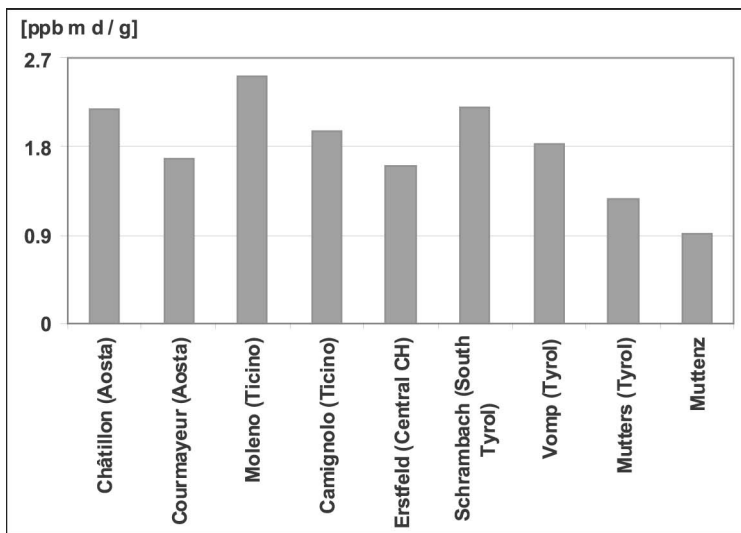


- 18 Les concentrations de suie et de particules, c'est-à-dire les particules très fines, montrent une variation journalière similaire à celle de NOx; ces concentrations sont principalement produites par le trafic routier. PM10 dépend d'autres facteurs avec une variation journalière différente.

### Conditions de propagation : proportion entre les immissions et les émissions

- 19 La proportion respective des polluants dans l'air et des émissions causées par une source spécifique (dans le cas du trafic routier) est un facteur empirique influant sur les conditions de propagation. Ce facteur se développe de manière complètement différente entre les vallées alpines et les espaces ouverts. La concentration dans l'air des polluants liés aux émissions d'un camion augmente ou diminue – à volume constant d'émission – en fonction de la topographie et des conditions météorologiques rencontrées.
- 20 Des modèles empiriques, déjà appliqués à une multitude de régions par Oekescience, sont développés sur la base de ces constats (par exemple Thudium, 2005). Dans le cadre de ce projet, de tels modèles ne peuvent pas être développés. Néanmoins, il est possible de réutiliser les proportions annuelles entre concentrations et émissions comme un élément pour déterminer les conditions moyennes de propagation des polluants dans les stations installées le long des routes. À partir de ces résultats, il est possible de comparer la sensibilité de différentes vallées Alpines entre elles, aussi bien qu'avec les plats pays.

**Figure 4. Proportion entre les émissions et les immissions de NOx (moyenne annuelle) aux points de mesures proches des routes dans les régions du projet MONITRAF et, à titre comparatif au point de mesure de MuttENZ (près de Bâle) dans la partie plane de la Suisse, 2004.**

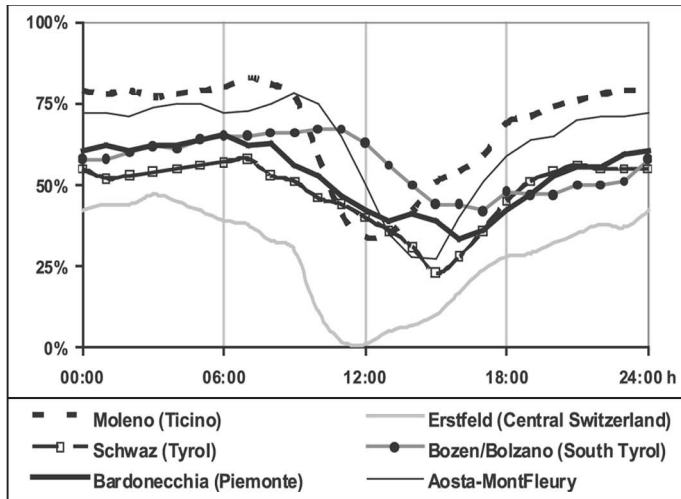


- 21 Une unité d'émission cause approximativement 2 à 3 fois plus d'immission (concentration de polluants) dans les vallées Alpines (du projet MONITRAF) que dans le secteur de Bâle (figure 4). Il est important de noter dans ce contexte que, comparé avec d'autres régions européennes, la région de Bâle n'est pas vraiment « une plaine » et que des immissions relativement significatives provenant d'autres sources près de MuttENZ, contribuent au volume présenté. On constate ici que, concernant la qualité de l'air, les vallées alpines peuvent être considérées comme des régions sensibles.
- 22 À l'échelle locale, signalons que le foehn près d'Erstfeld et de Courmayeur peut expliquer la valeur plus faible observée sur ces deux stations. Mutters (Tyrol) est un cas spécial : le point de mesure est situé sur un éperon rocheux au-dessus de Sillgraben : ce fossé est si profond que les masses d'air n'y stagnent pas très souvent. Par conséquent, le taux d'immission/émission est très bas sur ce site. À l'exception de ce cas précis, les valeurs fluctuent entre le minimum près d'Erstfeld (Suisse centrale) et le maximum vers Moleno (Tessin).

## Le rôle des facteurs climatiques

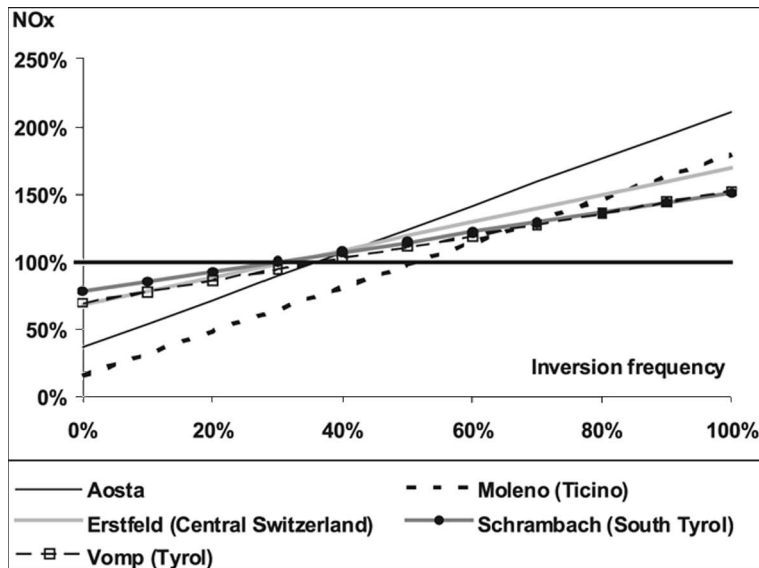
- 23 Les facteurs climatiques essentiels influençant la propagation dans l'air des polluants sont d'une part la stratification thermique et d'autre part les phénomènes liés au vent. La stratification thermique va être discutée en détail ci-dessous.
- 24 Dans les trois sites de Erstfeld (Suisse centrale), Moleno (Tessin) et Vomp (Tyrol), des mesures spécifiques de profils de températures ont été faites, avec des capteurs permanents installés à faible distance de la route : de 20 à 70 m. Dans les trois autres régions, des sites provisoires de mesure de température ont été utilisés, ceux-ci étaient situés à des hauteurs différentes (quelques centaines de mètres d'écart) et à une plus grande distance les uns des autres. Partant de ce principe, seules des estimations des inversions de volume dans ces trois dernières régions peuvent être présentées. À partir de la moyenne de ces profils de températures, les phénomènes d'inversion thermique au sol pour la totalité de l'année 2004 peuvent être identifiés, à des intervalles de 15 à 60 minutes en fonction des résolutions de temps respectives. En partant de ces résultats, il a été possible de déterminer la fréquence des inversions au sol, selon un rythme annuel et journalier. Ainsi, une mesure comparable des inversions thermiques est disponible pour chaque région. La figure suivante illustre la répartition quotidienne pour l'hiver 2004.

**Figure 5. Répartition quotidienne des inversions au sol pour les six régions du projet MONITRAF durant l'année 2004.**



- 25 En hiver, la fréquence d'inversion a son minimum près d'Erstfeld (Suisse centrale) et son maximum près de Moleno (Tessin), ce qui correspond aux mesures de la moyenne immission/émission. En été, Moleno (Tessin) se démarque de manière similaire avec des inversions plus fréquentes. Des inversions se produisent partout plus fréquemment en hiver qu'en été, mais les contrastes régionaux sont considérables quelle que soit la saison.
- 26 Dans chaque région, il y a une connexion quantitative entre la fréquence des inversions et les concentrations de NOx dans l'air. Si la moyenne journalière de NOx est comparée avec la fréquence journalière d'inversion, dans chaque région, un nuage de points apparaît et s'accroît parallèlement avec la fréquence des inversions. La ligne de régression montre comment la concentration dans l'air de NOx dépend de la fréquence des phénomènes d'inversion.
- 27 La fréquence annuelle d'inversion se trouve au point où la ligne de régression coupe la ligne des 100 % de NOx. Le gradient de ligne droite correspond à la sensibilité de la concentration de NOx dans l'air face aux inversions : un gradient élevé correspond à une augmentation de NOx par % d'augmentation de la fréquence d'inversion. Moleno (Tessin) et Aoste montrent une plus grande sensibilité que les trois autres points de surveillance. En général, la réaction de la concentration de NOx dans l'air par rapport aux inversions est considérable : une inversion de 100 % amène un taux de concentration moyen de NOx dans l'air plusieurs fois plus élevé qu'avec une inversion à 0 %, même si toutes les conditions restent inchangées.

**Figure 6. Sensibilité de l'air à la pollution au NOx dans cinq régions MONITRAF, comparée aux inversions, en 2004.**



## Les pollutions sonores en vallées alpines

- 28 Seulement deux régions suisses possèdent un total de trois points d'observation proches de la route qui mesurent continuellement les immissions de bruits.
- 29 Près de Moleno (Tessin) et Tenniken (Nord-Ouest de la Suisse), des revêtements de routes qui réduisent le bruit ont été soumis à des tests. Il a été constaté que ceux-ci réduisent les nuisances de 4dB approximativement, en comparaison avec des revêtements de routes standards (Tami, Bozzolo et al, 2005). Pour parvenir à de telles réductions du bruit, l'ensemble du trafic routier devrait être réduit d'environ 38 % ; il est important de noter que dans ce contexte, la réduction devrait surtout être appliquée aux hautes fréquences.
- 30 Des mesures dans la vallée de Susa (Piémont) ont démontré que les nuisances liées aux trafics ferroviaires sont quasiment de même ordre que les nuisances liées la route, et même partiellement plus importantes de nuit que de jour. Des lignes ferroviaires internationales importantes traversent toutes les régions du projet MONITRAF, excepté pour la vallée d'Aoste. Ces traversées ferroviaires transalpines génèrent des effets qui ne doivent pas être négligés. L'Office Fédéral Suisse des Transports, entre autre, est actuellement en train de conduire un projet à grande échelle pour réduire les nuisances sonores ferroviaires conformément à la loi.
- 31 La moyenne des valeurs ne reflète pas la pollution sonore de manière adéquate. Comme pour les immissions de polluants, des niveaux de nuisances mesurés sur 30 minutes fluctuent considérablement autour de la moyenne annuelle. En outre, à l'intérieur de chacune de ces périodes de 30 minutes, les valeurs de nuisances montrent également de grandes variations, ce qui n'est pas le cas à propos des immissions de polluants, ces dernières montrant une bonne signification en connexion avec la pollution sonore perçue par les résidents, surtout pendant la nuit.
- 32 D'une manière générale, la région Alpine peut être considérée comme particulièrement vulnérable face à la pollution sonore. Selon Lercher (2005), la situation peut être résumée comme suit :
- Propagation directe des nuisances le long de la pente (pas d'absorption des sons à travers le sol ou la topologie) → « effet d'amphithéâtre ».
  - Les vents et les inversions augmentent la propagation.
  - Grandes différences entre les niveaux inférieurs généraux et les niveaux locaux d'impact.
  - Moins de possibilités de protection (pas de versant « silencieux » à cause des maisons individuelles et de la réflexion des sons sur les pentes).
  - Usage limité d'espaces ouverts dans les habitations avec grands jardins.



## Bilan de ces investigations

- 33 Dans le cadre du projet MONITRAF, les impacts environnementaux du trafic routier sur la qualité de l'air et les niveaux sonores ont été étudiés durant l'année 2004, dans les vallées de transit du Fréjus, du Mont Blanc, du Gotthard et du Brenner. En plus du trafic qui traverse les Alpes, le trafic intra alpin joue un rôle plus important dans les fonds de vallées que dans les parties hautes des vallées. Les composants suivants ont été analysés dans les six vallées : volume du trafic des véhicules légers (principalement des voitures personnelles) et volume du trafic des poids lourds, émissions de particules et d'oxyde de nitrogène, immissions des particules fines (PM10) et des oxydes de nitrogène, et les conditions climatiques concernant les vents et les inversions thermiques. Il a également été possible de collecter un bon nombre d'informations à propos des nuisances sonores.
- 34 Les conclusions suivantes peuvent être formulées pour les vallées étudiées :
- L'immission (concentration de polluants) produite par unité d'émission est deux à trois fois plus élevée en vallées que dans des secteurs ouverts.
  - Cette différence s'explique par la topographie (obstruction à la propagation latérale des polluants et canalisation des vents) et le climat (occurrence fréquente d'inversions), quoique les vallées diffèrent fortement en fonction de leur topographie respective (axes des vallées alignés différemment, différences de structures topographiques).
  - La part du trafic traversant les Alpes en comparaison avec le trafic total diffère considérablement d'une vallée à l'autre.
  - Le trafic routier entraîne une prédominance des concentrations d'oxyde de nitrogène, de suies et de particules très fines ; les valeurs pour les particules fines (PM10) ne montrent pas aussi clairement cette relation.
  - À de nombreux points d'observation, les seuils d'immissions ont été dépassés.
  - Les régimes locaux des vents avec des courants ascendants durant la journée (particulièrement en été) et des turbulences gravitaires sont prédominants en hiver.
  - La fréquence des inversions près du sol compte pour 30-40 %, et même dans un cas pour 50 %, tout au long de l'année, et peut donc être considérée comme considérable.
  - Concernant les pollutions sonores, les vallées sont toutes affectées de manière négative. « L'effet amphithéâtre » transporte le son à des altitudes élevées qui ne seraient pas affectées à autant irradiation acoustique si la source de nuisance était située à la même distance en secteur ouvert.
- 35 En résumé, toutes les vallées observées peuvent finalement être considérées comme des espaces vulnérables en terme de qualité de l'air et de nuisances sonores.

---

### Bibliographie

LERCHER P., 2005. – Private Message. Innsbruck Medical University.

TAMI S., BOZZOLO D. et al. 2005. – «Lärmarme Straßenbeläge. Untersuchungsbericht - A2 Moleno - Nord-Süd-Richtung» («Low-noise Road Surfaces. Test Report – A2 Moleno – Direction North to South»), IFEC-Consulenze SA, commissioned by the canton of Tessin.

THUDIUM J., 2005. – «Empirical Modelling of Air Pollution in the Proximity of Roads», 14th International Symposium «Transport and Air Pollution», Graz, June 2005.

---

### Pour citer cet article

#### Référence électronique

Jürg Thudium, « Qualité de l'air et nuisances sonores dans les vallées alpines de transit », *Revue de Géographie Alpine | Journal of Alpine Research* [En ligne], 95-1 | 2007, mis en ligne le 03 mars 2009, consulté le 26 février 2015. URL : <http://rga.revues.org/165> ; DOI : 10.4000/rga.165

#### Référence papier

Jürg Thudium, « Qualité de l'air et nuisances sonores dans les vallées alpines de transit », *Revue de Géographie Alpine | Journal of Alpine Research*, 95-1 | 2007, 33-43.

---

### *À propos de l'auteur*

#### **Jürg Thudium**

Oekoscience Institute, Werkstrasse 2, 7000 Chur (Switzerland).

---

### *Droits d'auteur*

© Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine

---

### *Résumés*

Les conséquences du trafic routier, en termes de nuisances sonores et de qualité de l'air, ont été analysées et comparées pour quatre vallées de transit alpin (Fréjus, Mont Blanc, Gotthard et Brenner) durant l'année 2004. Au regard du trafic alpin dans son ensemble, des disparités considérables apparaissent entre les vallées étudiées, mais également à l'intérieur de ces mêmes vallées. Les immissions (concentration de polluants) produites par unité d'émission du trafic routier sont deux à trois fois plus élevées dans ces vallées alpines qu'en plaine. Ceci s'explique principalement par la topographie et le climat particuliers de ces vallées. À de nombreux points d'observation, les seuils d'immission ont été dépassés. Les vallées sont également affectées durement par la pollution sonore. « L'effet amphithéâtre » transporte le bruit à des altitudes supérieures, qui n'auraient pas été exposées à autant d'irradiation acoustique si la source de nuisances était située à égale distance, mais dans un « paysage ouvert ». De plus, la protection contre le bruit qui se réfléchit sur les pentes est malaisée. En résumé, toutes les vallées de transit étudiées peuvent être considérées comme des régions sensibles.

The environmental consequences of road transport with regard to air and noise in the transit valleys of Fréjus, Mont-Blanc, Gotthard, and Brenner have been analysed and compared with each other for the year 2004. In respect of the share of transport passing through the Alps in transport as a whole, there are in part considerable differences between the valleys under investigation as well as within the individual valleys. The air pollution produced per emission unit of road transport is two to three times higher than in the open country, mainly because of the topography and the climate. At numerous monitoring points, the thresholds for the air pollution were exceeded. With regard to noise, the valleys are affected equally bad: The "amphitheatre effect" carries the noise to the higher reaches that would not be exposed to so much acoustic irradiation if the source of noise was situated at the same distance in the open country; furthermore, protection from the noise reflected by the slope is difficult. In aggregate, all transit valleys under investigation can be considered as sensitive regions.

### *Entrées d'index*

**Mots clés** : émissions de nuisances sonores, qualité de l'air, transit alpin, vallée de transit

**Keywords** : air hygiene, air pollution, alpine transit valleys, noise pollution

**Lieux** : Aoste, Brenner, Fréjus, Gotthard, Gotthard, Mont-Blanc, Piémont, Suisse, Tessin, Tyrol

**Notes de la rédaction** Traduit de l'anglais par Guillaume Prudent