



# La pollution de l'air en hiver

Rapport des mesures dans huit villes Suisses  
en janvier/février 2012

Avec le soutien des



Association Transports  
et Environnement

ATE

Pour une mobilité d'avenir

#### **Impressum**

© ATE, juin 2012

Texte: Fabio Guarneri, Jacques Schiltknecht, Agnes Richard; infographies/illustrations: Agnes Richard, Fabio Guarneri; graphisme: Susanne Troxler; photos: Corinna Stich, Fabio Guarneri; photo page titre: © ATE, Berne, Waisenhausplatz, vue en direction du Bollwerk

# Sommaire

Parcours-test pour mesurer la pollution de l'air par les poussières fines dans huit villes de Suisse .....	4
Présentation de la campagne .....	6
Réalisation technique des mesures, appareils de mesure et technique d'analyse .....	8
Résultats des mesures, présentation graphique .....	9
Lucerne – les résultats .....	10
Bâle – les résultats .....	12
Bienne – les résultats .....	15
Berne – les résultats .....	17
Genève – les résultats .....	19
Lugano – les résultats .....	21
Chiasso – les résultats .....	24
Lausanne – les résultats .....	26
Mesure de la masse particules fines PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> et PM <sub>1</sub> .....	28
Mesures du nombre particules ultrafines PN <300–10 nm .....	30
Effets sur la santé .....	32
Qui se charge de l'addition? .....	32
Effets sur le climat .....	33
Discussion .....	33
Nos propositions .....	34
Littérature .....	35

# Parcours-test pour mesurer la pollution de l'air par les poussières fines dans huit villes de Suisse

## Action commune de l'ATE et de l'Association Médecins en faveur de l'Environnement

Les poussières fines et les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) font partie des polluants contenus dans l'atmosphère les plus dangereux pour la santé. Les fractions respirables des poussières ultrafines en suspension (nanoparticules) peuvent pénétrer dans les poumons par la circulation sanguine et se propager ensuite dans tout le corps; elles proviennent en majeure partie des moteurs diesel. Les filtres à particules et les catalyseurs dénitritifiants peuvent éliminer ces polluants atmosphériques à la source; ils ont été mis à l'épreuve lors de la construction de la NLFA.

De nombreuses études scientifiques, auxquelles la Suisse a apporté une contribution importante, ne laissent aucun doute sur le fait que la pollution atmosphérique doit et peut être réduite. Nous ne sommes pas loin d'y parvenir grâce à des moyens logistiques modernes et reconnus dans le monde entier, et surtout des mesures visant à réduire le trafic et à le rendre plus calme, de nouvelles technologies pour les moteurs (moteurs hybrides, électriques) et grâce à la technologie des filtres à particules qui est développée dans notre pays également.

Depuis des dizaines d'années, les préventologues mettent en garde contre les conséquences nocives de la pollution atmosphérique. Les risques que représentent les poussières fines pour la santé – particulièrement les particules en dessous de  $2,5 \mu\text{m}$  et plus particulièrement encore les nanoparticules inférieures à  $0,1 \mu\text{m}$ , autrement dit  $<100 \text{ nm}$  – augmentent proportionnellement à la charge à laquelle les individus sont exposés.

Les stations de mesure du réseau national d'observation NABEL et les stations de mesure cantonales de la pollution par des poussières fines enregistrent les particules fines dont la taille est inférieure à  $10 \mu\text{m}$  (particulate matter,  $\text{PM}_{10}$ ) et depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2011 les  $\text{PM}_{2,5}$ . Pour compléter ces précieux relevés de données, nous voulons inciter à enregistrer également la **pollution à laquelle le public est exposé au quotidien** lorsqu'il se trouve dans le trafic, par exemple en se rendant au travail, en allant faire les courses, en faisant tout simplement une promenade ou en amenant les enfants à l'école. C'est pourquoi nous nous sommes limités à la pollution par des poussières fines que subit chaque individu. Le développement d'appareils de mesure portatifs a rendu ces analyses possibles, tant pour mesurer la masse que le nombre des particules.

Un parcours-test a été organisé dans huit villes de Suisse cet hiver pour mesurer simultanément les  $\text{PM}_{10}$ , les  $\text{PM}_{2,5}$  et les  $\text{PM}_1$  minute par minute ainsi que le nombre des particules ultrafines inférieures à  $300 \text{ nm}$  seconde par seconde\*; les données mesurées ont immédiatement été transmises avec les données GPS au laboratoire de la Haute Ecole Spécialisée du nord-ouest de la Suisse (les  $\text{NO}_x$ , le bruit et les risques d'accident n'ont pas été pris en compte dans cette étude pilote).

Les images montrent les concentrations de poussières fines que les sujets de recherche ont respirées pendant une promenade à un moment donné «t». Pendant ces essais, nous avons pu constater que les valeurs limites légales des  $\text{PM}_{10}$  ont été dépassées plus d'une fois, mais avant tout que les mesures des poussières ultrafines particulièrement nocives

\* Le miniDISC a été développé par le Dr Martin Fierz à la Haute Ecole Spécialisée du nord-ouest de la Suisse et distribué par Matter Aerosol AG, Dr Markus Kasper.

atteignaient par endroits des valeurs élevées et des valeurs moyennes inquiétantes dans l'ensemble. A chaque fois, nous avons enregistré ces mesures **comme des instantanés**, alors que pour obtenir des résultats exploitables scientifiquement il faudrait concevoir une étude sur le long terme qui serait analysée après avoir répété l'opération de nombreuses fois.

Ces données ne constituent **pas des valeurs de référence** et indiquent à chaque fois la composition de l'air respiré un jour donné le long d'une route avec circulation ou dans une zone piétonne.

Même si les coûts pour équiper le parc complet de véhicules diesel et les moteurs stationnaires diesel avec des filtres à particules ainsi que pour mettre en œuvre une «logistique globale» raisonnable sont très élevés, les études scientifiques prouvent que cet investissement serait extrêmement rentable. Il pourrait (selon des estimations prudentes) avoir un rendement dix fois plus important au moins.

Les dommages de la pollution atmosphérique pour l'économie sont en effet considérables: coûts de la santé, perte de jours de travail ou capacité de services réduite, décès prématurés d'une part, pertes agricoles en termes d'animaux et de plantes d'autre part. Mais ces dommages sont répartis diffusément et n'apparaissent dans aucune statistique. Pensons seulement à la souffrance humaine, qui est tout aussi peu mesurable par des statistiques et dont on ne peut pas, pourtant, s'acquitter.

En outre, pour le PNUE, les poussières fines sont le second facteur climatique le plus important!

Le présent travail a été réalisé par l'ATE Association transports et environnement avec certaines de ses sections avec la collaboration de l'Association Médecins en faveur de l'Environnement et le soutien scientifique et technique de l'institut pour les aérosols et la technologie des senseurs de la Haute Ecole Spécialisée du nord-ouest de la Suisse (Institut für Aerosol und Sensortechnologie der FHNW). Nous remercions les volontaires des sections de l'ATE pour leur engagement par temps de froid et de vent et Madame Agnes Richard tout particulièrement pour l'analyse et la représentation graphique des données ainsi que la FHNW pour nous avoir mis gratuitement à disposition son miniDISC mesurant les poussières ultrafines.

## Présentation de la campagne

Parmi les différents polluants atmosphériques, les particules fines les plus infimes sont particulièrement surnoises. Les particules dont la taille est inférieure à 2,5 µm pénètrent dans l'alvéole pulmonaire et les particules encore plus fines (appelées particules ultrafines ou nanoparticules) parviennent dans les poumons en passant la barrière air-sang pour se propager dans la circulation sanguine. Ces substances cancérogènes nocives peuvent se déposer à la surface des poumons. Même lorsque les quantités quotidiennes sont relativement basses, il ne faut pas oublier qu'elles peuvent être cumulées et que leur effet varie en fonction de la durée de l'exposition, de l'âge, de la prédisposition génétique et de l'importance de la charge. Pour évaluer les risques pour la santé de la pollution atmosphérique, il est donc particulièrement important de réunir des informations qui démontrent **la charge effective au quotidien**. Le parcours-test prouve que nous pouvons réunir ces informations. Pour le moment, il ne s'agit toutefois que d'une «photographie», d'un instantané. Nous voulons ainsi inciter les autorités à perfectionner le monitoring et à prendre davantage de mesures musclées pour protéger notre santé.

L'étude a été menée dans les huit villes de Suisse suivantes: Lucerne, Bâle, Berne, Biel/Bienne, Lausanne, Genève, Lugano et Chiasso. Ces villes prennent en compte les différentes régions linguistiques et les différents contextes urbains.

Les mesures ont été prises pendant les mois de janvier et de février 2012, car pendant les mois d'hiver la pollution par les poussières fines est souvent particulièrement élevée à cause des couches d'inversion. Nous n'avons pas cherché à montrer les situations extrêmes. Il s'agissait davantage de prendre un instantané dans différentes circonstances et à des jours différents. Pour cette raison, les mesures ont été prises par temps ensoleillé, par temps de neige et de froid glacial. En outre, nous n'avons intentionnellement pas choisi les jours pendant lesquels la pollution atmosphérique était très élevée, mais des dates fixées à l'avance, indépendamment de l'intensité des immissions. Les circonstances dans lesquelles les mesures ont été enregistrées ne permettent pas de faire une comparaison entre les différentes villes, ce qui n'était pas non plus notre objectif. Des rues avec une forte circulation et des zones piétonnes ont été empruntées selon les trajets que les citadins parcourent normalement pour se rendre au travail ou à leurs loisirs. Les heures des mesures ont été réparties sur la journée complète, de sorte que les mesures ne reflètent pas uniquement la situation aux moments où la circulation est particulièrement intense à cause du trafic pendulaire.

# Qu’entend-on par particules de poussières fines?

La définition

Par poussières fines on désigne les particules dont la taille est inférieure à 10 µm de diamètre et qui sont en suspension dans l’atmosphère. Les particules supérieures à 10 µm sont déjà filtrées par le nez. Différentes distinctions sont faites concernant la taille, par exemple les poussières fines pénétrant dans les poumons qui peuvent être inhalées (particulate matter <10 µm désignées comme PM<sub>10</sub>), les poussières fines pénétrant dans l’alvéole (<2,5 µm, PM<sub>2,5</sub>) et les particules ultrafines (ou nanoparticules, diamètre <100 nm PM<sub>0,1</sub>). On mesure normalement les deux grandeurs PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, ainsi que la concentration de la masse des particules, qui ne doit pas dépasser une valeur moyenne journalière de 50 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub> (valeur limite d’immission en Suisse). Jusqu’à présent, la Suisse n’a fixé aucune valeur limite pour les PM<sub>2,5</sub>, et en Europe la valeur limite de la moyenne annuelle est de 20 µg/m<sup>3</sup>. L’OMS propose des moyennes annuelles de 10 µg/m<sup>3</sup> et des valeurs maximales journalières de 25 µg/m<sup>3</sup>.\*

Toutefois, la concentration en nombre de particules ultrafines est une autre grandeur très révélatrice pour la santé pour les raisons déjà expliquées qui n’a pas été réglementée à ce jour.

Les particules de poussières fines proviennent de sources différentes d’origine naturelle et anthropique (p. ex. suie, poussières d’abrasion, matières géologiques et biologiques, etc.) et sont très variées dans leur composition.

Les particules les plus grossières proviennent principalement de la poussière soulevée et l’abrasion par le trafic routier, de l’agriculture, du chauffage domestique, des tempêtes et du volcanisme. Les particules plus fines proviennent le plus souvent des processus de combustion de l’industrie et avant tout du trafic, mais également de l’abrasion. Les nanoparticules de suie des fumées d’échappement diesel transportent des oxydes métalliques provenant de l’abrasion du moteur ainsi que des additifs et en plus des substances cancérogènes absorbées sur leur surface, et sont de ce fait particulièrement novices.

Contrairement à la concentration de PM<sub>10</sub>, qui est souvent relativement régulière dans un plus vaste secteur, la concentration en nombre de particules ultrafines peut rapidement changer. Le parcours-test à travers les différentes villes offre la possibilité de prendre un instantané de situations limitées dans le temps. Toutefois, pour obtenir une image caractéristique, qui représente une moyenne sur une grande période, des mesures plus longues et prises de manière répétitive sont nécessaires.

\* «Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide», OMS, 2006.

## Réalisation technique des mesures, appareils de mesure et technique d'analyse

Pendant plusieurs parcours à Bâle, à Berne, à Biel/Bienne, à Chiasso, à Genève, à Lausanne, à Lugano et à Lucerne deux appareils de mesure mobiles différents ont été emportés, l'un servant à mesurer la concentration en nombre des particules ultrafines et l'autre à mesurer les concentrations de la masse des PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>. Des observations particulières, comme la situation générale du trafic, la grandeur des rues, les embouteillages ainsi que les véhicules qui croisent et les passants (p. ex. motos, bus, chasse-neige, fumeur, etc.) ont été notées.

L'appareil de mesure miniDISC a été développé à l'institut pour les aérosols et la technologie des senseurs de la FHNW. Il mesure la concentration en nombre de particules sur une plage de concentration de 10<sup>3</sup> à 10<sup>6</sup> particules/cm<sup>3</sup> et le diamètre moyen des particules sur une plage de 10 à 300 nm avec une résolution temporelle d'une seconde.\*

Parallèlement, un PersonalDustMonit a été employé pendant le parcours, qui mesure les concentrations de la masse des PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub> avec une résolution d'une minute.

Ces deux instruments prennent en permanence des mesures des particules en suspension dans l'atmosphère et enregistrent les résultats de ces mesures. La méthode de mesure du Personal Dust Monit est celle du Laser Scattering; cet instrument permet de mesurer les particules de poussières fines dans l'atmosphère et de les enregistrer selon leur taille. Les concentrations que l'on peut enregistrer varient entre 1 et 1000 microgrammes par mètre cube (µg/m<sup>3</sup>). La méthode de mesure (Laser Scattering) donne une valeur immédiate qui est remesurée en permanence (minute par minute) et enregistre la concentration des particules fines dans l'atmosphère ainsi que leur taille.\*\* (Il faut être conscient que les mesures basées sur des méthodes optiques sont sujettes à des imprécisions notables et que de ce fait la comparaison avec les données des stations NABEL est difficile, étant donné que celles-ci reposent sur des méthodes plus fiables.)

Les mesures en temps réel de la pollution effective par des poussières fines ont été prises selon la classification «OCCUPATIONAL» (UNI-EN 481).

\* [www.fierz.ch/minidisc/](http://www.fierz.ch/minidisc/)

\*\* [www.conteng.it/Bollettini/PersonalDustMonit\\_En.pdf](http://www.conteng.it/Bollettini/PersonalDustMonit_En.pdf)

## Résultats des mesures, présentation graphique

La réalisation

Les résultats des différents parcours sont des «instantanés» de chaque lieu un jour donné d'une saison donnée. Selon la saison, la météo (précipitations, vitesse du vent, température), l'heure (heure de pointe ou trafic calme) et le jour de la semaine ou le week-end, les concentrations existantes peuvent énormément varier.

Les mesures ont été prises pendant la période de froid au début du mois de février, qui tranchait beaucoup avec les températures plutôt douces en comparaison du mois de janvier. Mi-février, les températures sont à nouveau remontées et à partir du 24 février, des températures atteignant presque les 20 degrés ont même été mesurées au sud du Tessin. De février à début mars, le temps était très ensoleillé, chaud et extrêmement sec, le niveau des précipitations n'a dépassé dans aucune station de mesure les 50 % des quantités habituelles. Dans de telles conditions météorologiques, il faut s'attendre à une accumulation par endroits de la pollution par des poussières fines dans l'atmosphère.\*

Les instantanés obtenus révèlent, malgré les différentes conditions météorologiques, les tendances générales: dans les rues principales et particulièrement aux carrefours, les usagers de la route sont exposés à des concentrations de particules fines bien plus élevées; des événements isolés comme le passage d'une seule moto peuvent faire grimper très haut et rapidement la concentration en nombre de particules ultrafines (voir image 11). Pour qu'elles soient parlantes, ces mesures ont été représentées par une courbe rouge sur une photo satellite de Google Earth en projetant la concentration en nombre de particules (les lignes grises de la grille garantissent une meilleure présentation).

Les mesures de la concentration en nombre de particules prises avec le miniDISC dans les huit villes de Suisse sélectionnées ont permis de calculer une valeur moyenne de 25 000 particules/cm<sup>3</sup> (pour une taille moyenne des particules de 34,64 nm). Des valeurs élevées ont été mesurées le soir, et plus basses en début d'après-midi, ce qui correspond aux fluctuations du volume du trafic.

\* Source bulletin météorologique Météo Suisse

## Lucerne – les résultats

Les mesures ont été prises le 1<sup>er</sup> février 2012 pendant deux parcours effectués tous les deux au centre-ville, l'un le matin et l'autre l'après-midi. Des rues principales avec beaucoup de circulation mais également des piétons (p. ex. la Pilatusstrasse), des ruelles résidentielles et les larges zones piétonnes du centre-ville ont été empruntées.

Ce jour-là, le ciel était nuageux, de légères chutes de neige isolées tombaient par moments et la température était d'environ -3°C. La station de mesure de Luzern-Moosstrasse a enregistré pendant les heures où nos mesures ont été prises des valeurs moyennes de 44,1 µg/m<sup>3</sup> le matin et de 44,2 µg/m<sup>3</sup> en début d'après-midi. La valeur moyenne journalière était de 47,2 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub>.

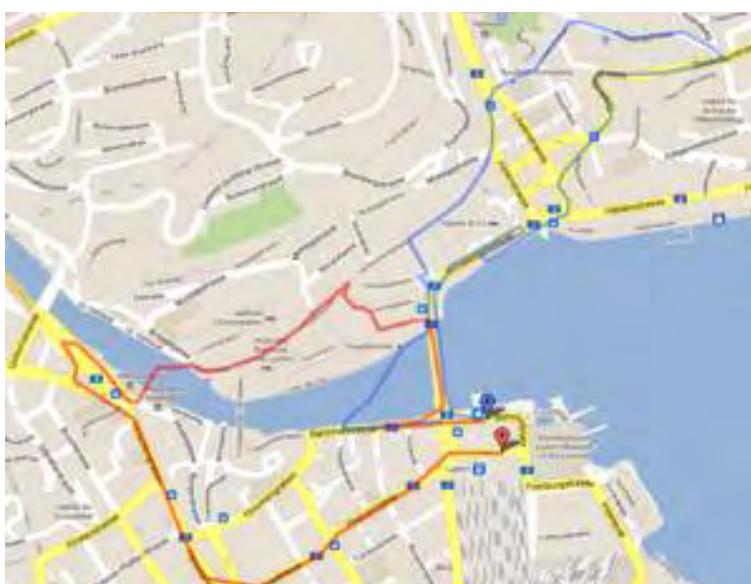


Image 1: parcours-test dans la ville de Lucerne

Ligne rouge: parcours effectué le matin; ligne bleu: parcours effectué l'après-midi

Carte: Google Map

### Mesures de la masse particules fines PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

Les deux images suivantes représentant les mesures des particules fines montrent des niveaux de base élevés pour les PM<sub>2,5</sub> et les PM<sub>1</sub>. La valeur moyenne se situe dans les deux cas au-dessus de 30 µg/m<sup>3</sup>. Les valeurs sont également relativement élevées pour les PM<sub>10</sub>, en particulier le long des rues avec beaucoup de circulation. Les valeurs les plus hautes (autour des 80 µg/m<sup>3</sup>) ont été mesurées le long de la rue Hirschengraben, à l'entrée du tunnel permettant d'accéder à l'autoroute et sur le quai Schweizerhofquai. Dans les larges zones piétonnes ainsi que dans les rues résidentielles situées sur les hauteurs de la ville les valeurs variaient entre 40 et 50 µg/m<sup>3</sup>.

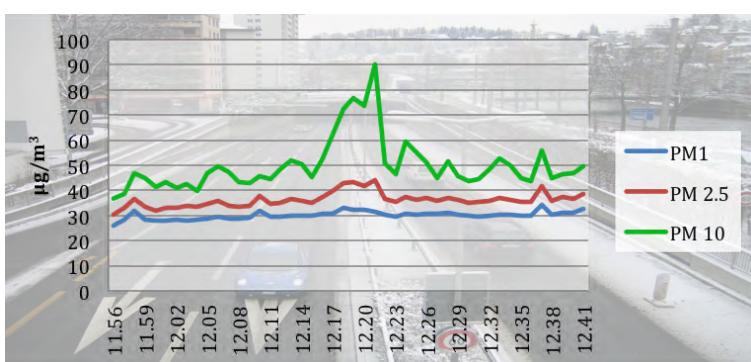


Image 2: mesures PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

Parcours du matin

Photo arrière-plan: ATE



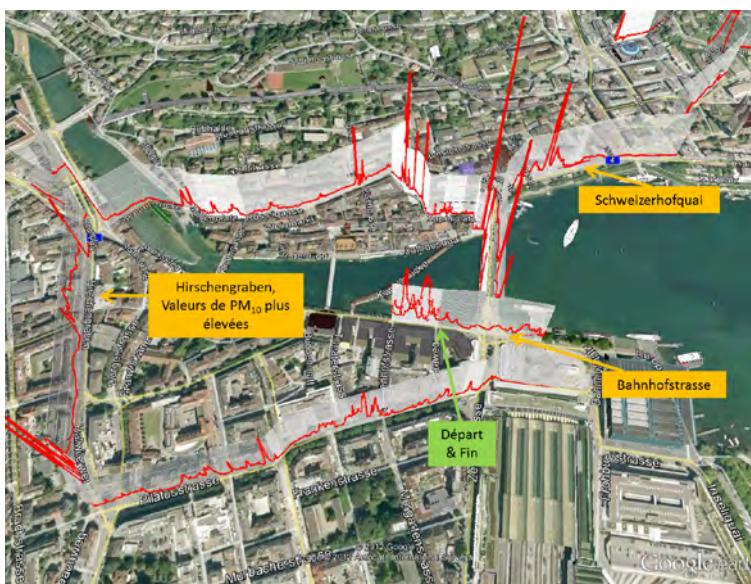
**Image 3: mesures  
 $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  et  $\text{PM}_1$**

#### Parcours de l'après-midi

Photo arrière-plan: ATE

#### Mesures du nombre particules ultrafines PN < 300–10 nm

La concentration en nombre de particules ultrafines était la plus élevée sur la place Pilatusplatz avec quelques pics momentanés et une concentration élevée constante a pu être observée le long de la rue Hirschengraben. Des fluctuations qui variaient très rapidement dans le temps prouvent que la charge due au trafic était élevée par moments, car il y avait soit des embouteillages aux carrefours et aux feux, soit des véhicules isolés qui provoquaient de fortes émissions. Dans la rue Hirschengraben, la concentration était uniformément élevée, ce qui s'explique par le trafic constant à l'entrée du tunnel. A proximité de la gare, sur le pont Seebrücke, ainsi que le long du quai Schweizerhofquai, les concentrations en nombre de particules étaient également bien plus élevées que dans les rues résidentielles empruntées par la suite.



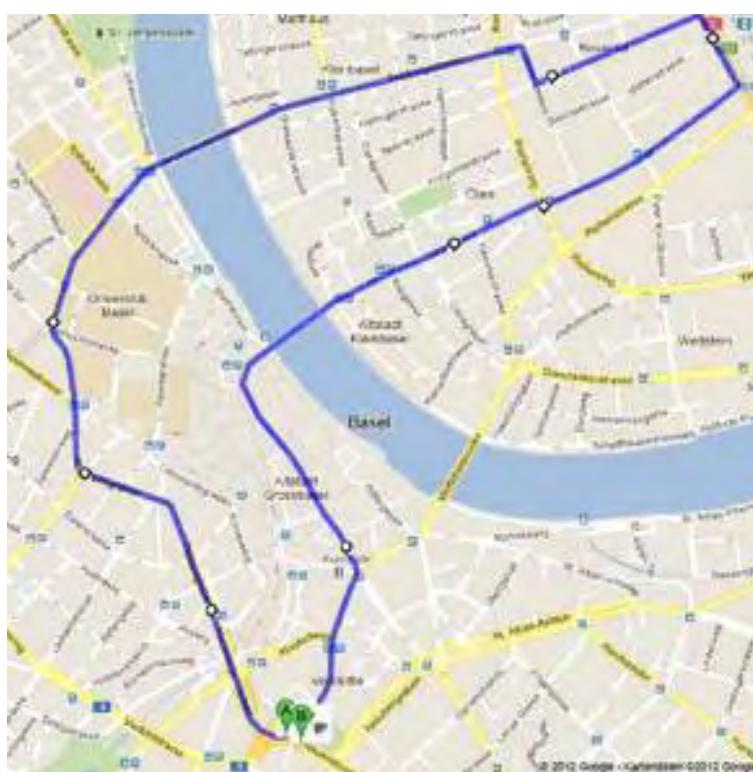
**Image 4: mesures PN  
(concentration  
en nombre), Lucerne,  
le 1<sup>er</sup> février 2012**

Concentration en  
nombre de particules  
(courbe rouge)  
et série temporelle  
(grille grise)

Photo arrière-plan: Google Earth

## Bâle – les résultats

A Bâle, les mesures ont été prises le 2 février 2012. Le parcours effectué entre 11h30 et 14h00 traversait le centre-ville et passait par des rues avec beaucoup de circulation et par des rues plus calmes, c'est-à-dire des rues résidentielles et des zones piétonnes. Les mesures ont eu lieu alors que la neige tombait légèrement et que des rafales de vent soufflaient momentanément par une température d'environ  $-5^{\circ}\text{C}$ . La station de mesure NABEL Basel-Binnigenwiesen a enregistré pendant le temps du parcours des valeurs de  $39,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>10</sub>, alors que la valeur moyenne journalière était de  $41,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La station de mesure cantonale de Basel-St. Johannsplatz a enregistré une valeur moyenne journalière de  $40,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Image 5: parcours-test dans la ville de Bâle**

Carte: Google Map

### Mesures de la masse particules fines PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

Les données que nous avons relevées pour la pollution par des poussières fines (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>) pendant le parcours-test dans la ville correspondent à des valeurs relativement élevées pour les PM<sub>1</sub> et les PM<sub>2,5</sub>, avec des valeurs moyennes de 28,7 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>1</sub> et de 38,6 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2,5</sub>. Dans les deux cas, les concentrations ne sont jamais descendues en dessous de 20 µg/m<sup>3</sup>. Une valeur moyenne de 53,8 µg/m<sup>3</sup> a été enregistrée pour les PM<sub>10</sub>, avec un pic à 99,1 µg/m<sup>3</sup> et une valeur minimale de 37,3 µg/m<sup>3</sup>. Les valeurs les plus élevées ont été mesurées le long du viaduc Heuwaage et à un carrefour avec beaucoup de circulation, alors que les valeurs moins élevées ont été enregistrées dans les rues résidentielles avec moins de circulation.

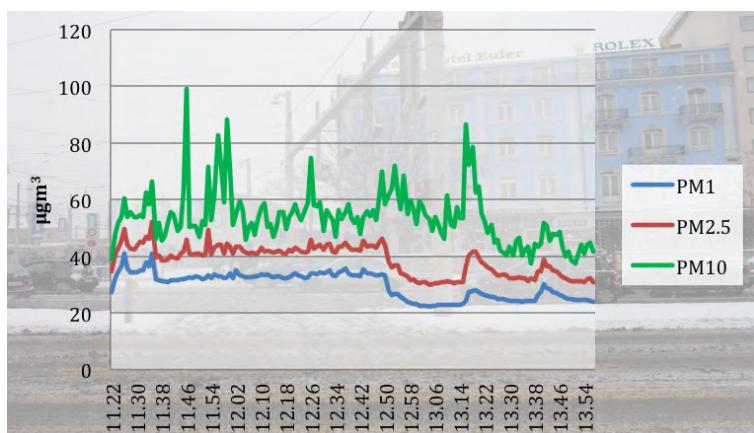


Image 6: mesures PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

Photo arrière-plan: ATE

### Mesures du nombre particules ultrafines PN <300–10 nm

Des valeurs très élevées ont également été enregistrées le long du viaduc Heuwaage pour la concentration en nombre de particules ultrafines. Des événements isolés, comme le passage d'un chasse-neige, d'un bus ou d'un fumeur, ont également provoqué de fortes fluctuations. À Bâle également, des concentrations beaucoup moins élevées ont été enregistrées dans les rues résidentielles, alors que les concentrations étaient à nouveau plus élevées à proximité de la gare Badischer Bahnhof.

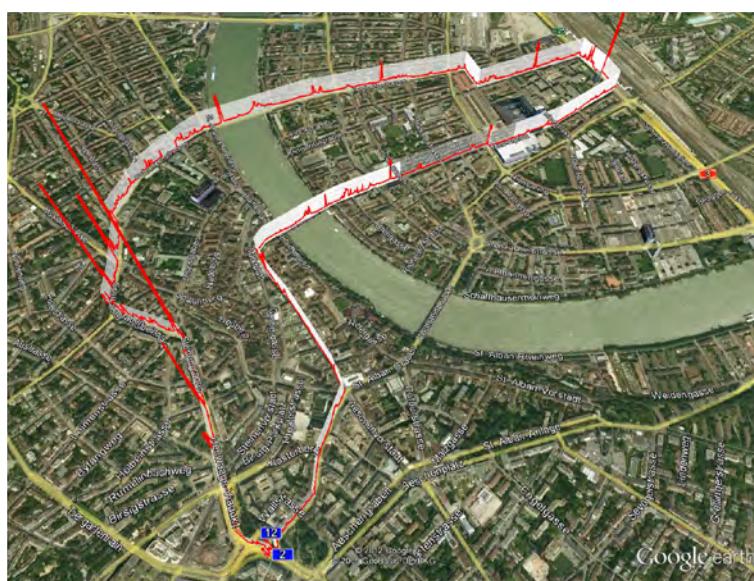
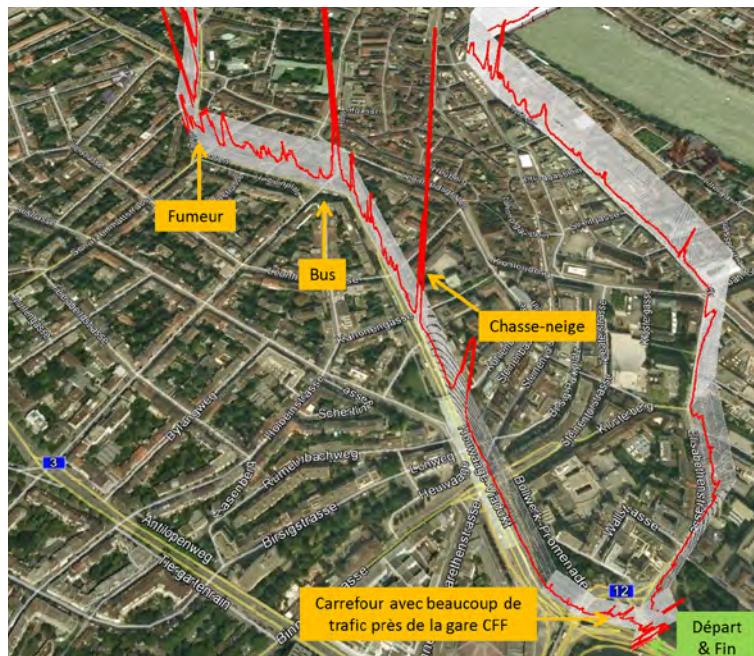


Image 7: mesures PN (concentration en nombre), Bâle, le 2 février 2012

Concentration en nombre de particules (courbe rouge) et série temporelle (grille grise)

Diagramme photo Google Earth

Evaluation  
des mesures  
des huit villes



**Image 8: zoom sur le parcours-test à Bâle**

Départ à la gare CFF et observations à l'aide du protocole

Photo arrière-plan: Google Earth

## Bienne – les résultats

A Bienne, les mesures ont été prises le 3 février 2012 à midi. La journée était ensoleillée et un fort vent d'ouest soufflait par une température d'environ -7°C.

Dans cette ville également, le parcours traversait le centre-ville. Les mesures ont été prises vers midi. La valeur moyenne était de  $25,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>2,5</sub>, avec un pic à  $49,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La valeur moyenne était de  $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>1</sub> et de  $73,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>10</sub>. Les valeurs les plus élevées ont été mesurées aux carrefours avec beaucoup de circulation – dont des camions – ainsi qu'à un rond-point de la rue Zukunftstrasse.

Evaluation  
des mesures  
des huit villes



**Image 9: parcours-test dans la ville de Bienne**

Carte: Google Map

### Mesures de la masse particules fines PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

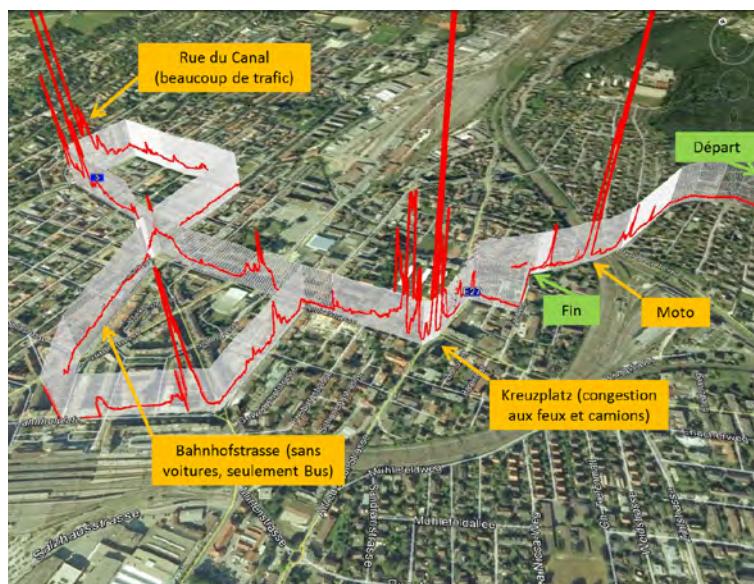


**Image 10: mesures à Bienne PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>**

Photo arrière-plan: ATE

### Mesures du nombre particules ultrafines PN <300–10 nm

L'image 11 présente la concentration en nombre de particules ultrafines. Le parcours a débuté par la droite dans des rues résidentielles calmes (Beundenweg, Mösligquartier). Après avoir traversé les voies, une moto a été observée, ce qui se voit très clairement sur le diagramme de la concentration en nombre de particules. Aux carrefours, aux ronds-points et dans les rues avec beaucoup de circulation, des augmentations significatives ont également été constatées. Le long de la Rue de la Gâre, qui est uniquement fréquentée par des bus munis de filtres à particules, les concentrations sont nettement inférieures.



**Image 11: mesures  
PN (concentration  
en nombre), Bienne,  
le 3 mars 2012**

Concentration en  
nombre de particules  
(courbe rouge)  
et série temporelle  
(grille grise); obser-  
vations complé-  
mentaires à l'aide  
du protocole

Photo arrière-plan: Google Earth

## Berne – les résultats

Evaluation  
des mesures  
des huit villes

Les mesures ont été prises le 15 février 2012 entre 9h45 et 11h00. Le temps était variable, le soleil alternait avec de légères chutes de neige. La température était d'environ zéro degré et il y avait du vent.

La station de mesure NABEL de Bern-Bollwerk\* a enregistré pendant les heures du parcours une valeur moyenne de  $15,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>10</sub>, alors que la valeur moyenne journalière était de  $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

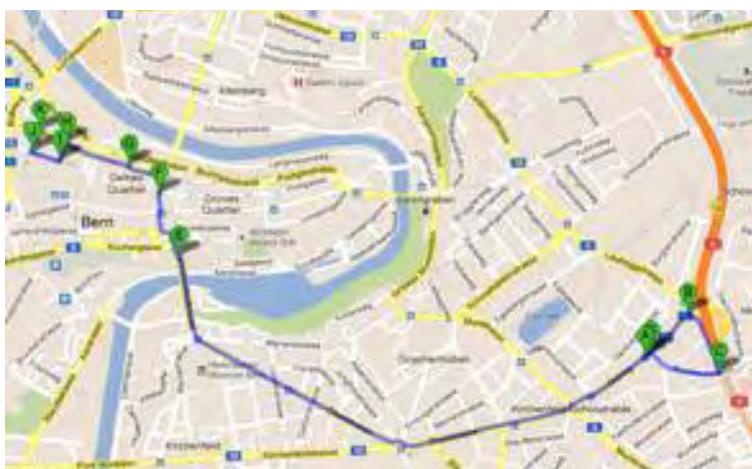


Image 12: parcours-test dans la ville de Berne

Carte: Google Map

### Mesures de la masse particules fines PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

La valeur moyenne que nous avons mesurée pour les PM<sub>2,5</sub> était également relativement basse avec  $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , comme celle des PM<sub>1</sub> qui était de  $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Une valeur moyenne de  $21,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été mesurée pour les PM<sub>10</sub>, avec une valeur minimale de  $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et une valeur maximale de  $276,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le long de la rue Sonnenhofweg, de Ostring en direction de la rue Buchserstrasse, sur le tronçon qui mène à l'autoroute.

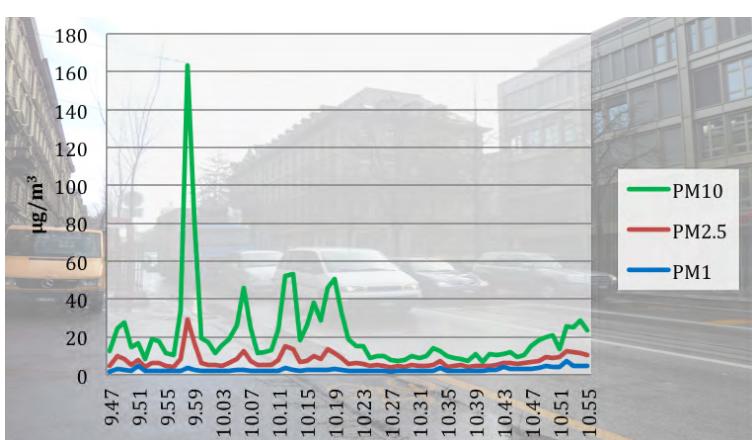


Image 13: mesures PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

Photo arrière-plan: ATE

\* La station se trouve à proximité immédiate de la gare (Bollwerk).

### Mesures du nombre particules ultrafines PN <300–10 nm

La concentration en nombre de particules ultrafines était de loin la plus élevée sur la place Thunplatz. Cette valeur s'explique ici par les émissions des véhicules qui faisaient la file aux feux. Les valeurs mesurées le long de la rue Sonnenhofweg étaient tout aussi élevées, mais les autres valeurs mesurées à Berne étaient relativement basses.



**Image 14: mesures PN (concentration en nombre), Berne, le 15 février 2012**

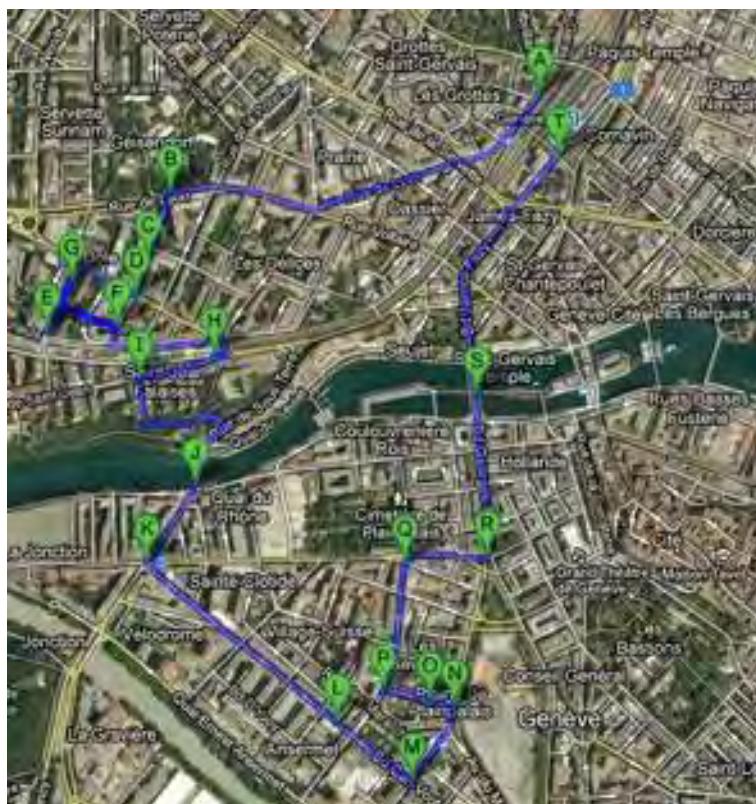
Concentration en nombre de particules (courbe rouge) et série temporelle (grille grise)

Photo arrière-plan: Google Earth

## Genève – les résultats

A Genève, les mesures ont été prises le 6 février 2012 entre 9h30 et 12h30 par temps ensoleillé avec un vent léger. Les stations de mesure des PM<sub>10</sub> du canton de Genève situées en ville (Sainte-Clotilde et Wilson) ont enregistré des valeurs moyennes journalières de 44 µg/m<sup>3</sup> et de 35 µg/m<sup>3</sup>.

Evaluation  
des mesures  
des huit villes

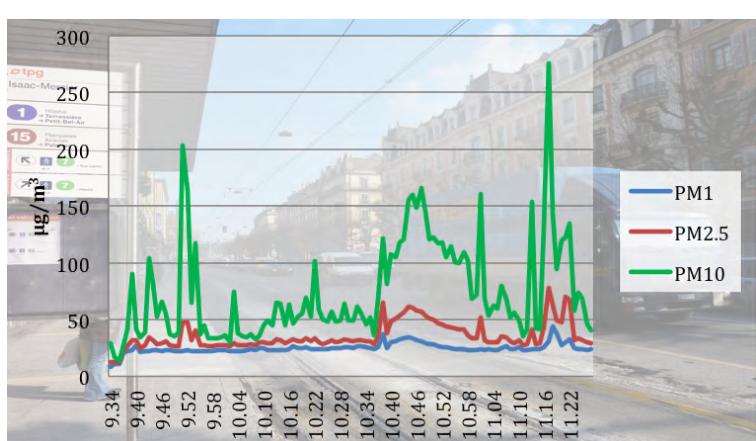


**Image 15: parcours-test dans la ville de Genève**

Photo arrière-plan: Google Earth

### Mesures de la masse particules fines PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

Les valeurs moyennes que nous avons mesurées étaient de 35,6 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2,5</sub> et de 24,8 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>1</sub>. La valeur moyenne était de 74,4 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub>, la valeur minimale étant de 13,6 µg/m<sup>3</sup> et la valeur maximale de 276,1 µg/m<sup>3</sup>. Cette dernière valeur a été mesurée dans la rue du Temple, une rue où la circulation est relativement intense.

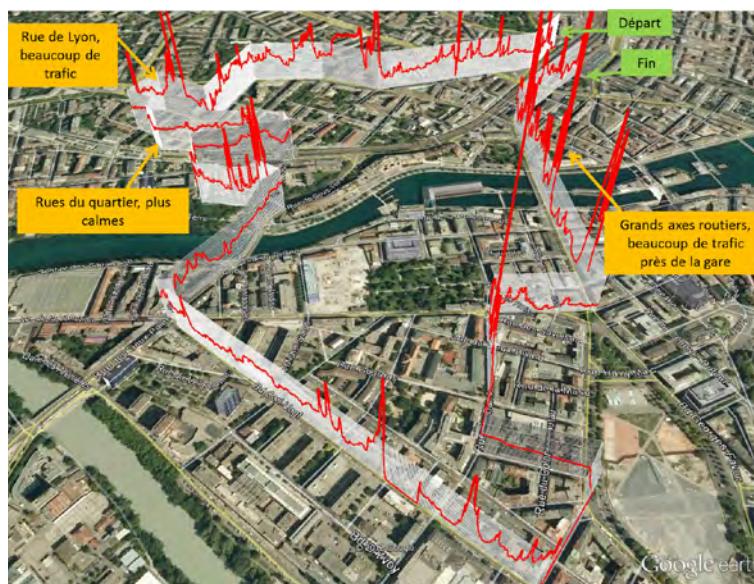


**Image 16: mesures PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>**

Photo arrière-plan: ATE

### Mesures du nombre particules ultrafines PN <300–10 nm

Les plus fortes concentrations de particules ultrafines ont été mesurées le long du boulevard George-Favon et James-Fazy sur le chemin du retour en direction de la gare Cornavin, et de fortes concentrations ont également été mesurées au début de l'itinéraire le long de la rue de Lyon et particulièrement sur la place des Charmilles. Des valeurs moins élevées ont été mesurées dans les rues résidentielles, et également le long du boulevard Carl-Vogt.



**Image 17: mesures  
PN (concentration  
en nombre), Genève,  
le 26 février 2012**

Concentration en  
nombre de particules  
(courbe rouge)  
et série temporelle  
(grille grise)

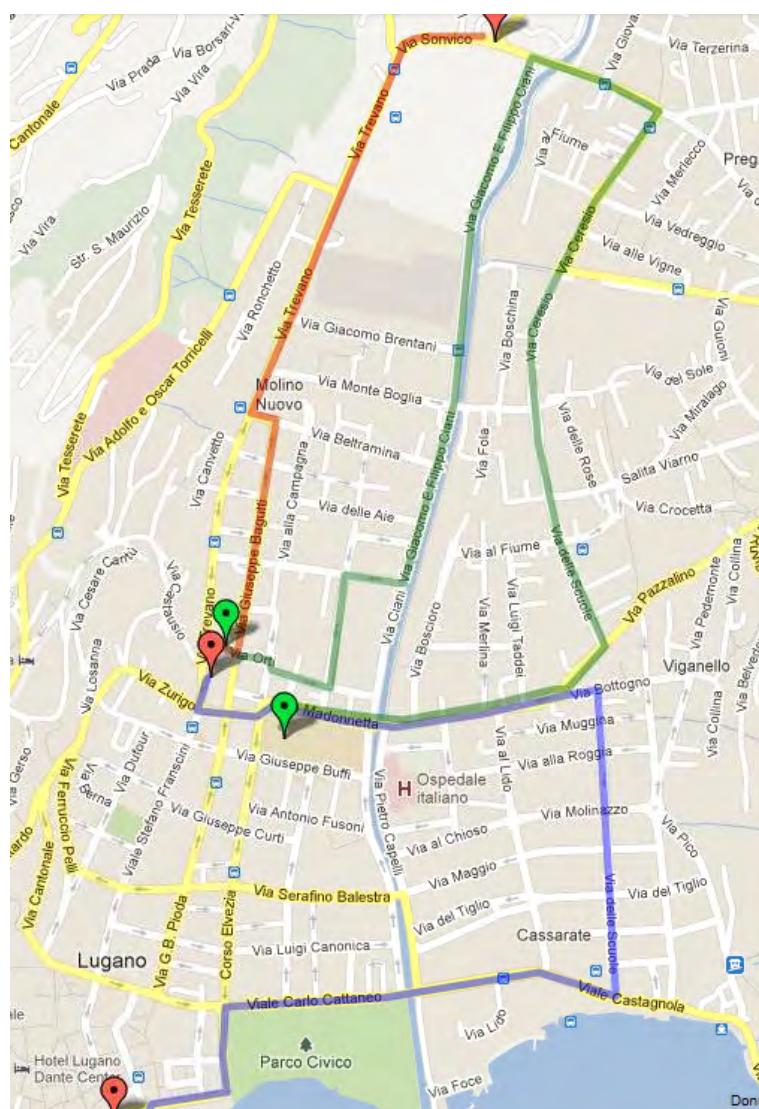
Photo arrière-plan: Google Earth

## Lugano – les résultats

A Lugano, le parcours-test a eu lieu sur trois jours, ce qui nous a permis de prendre différents instantanés dans la même ville. Ainsi, davantage d'informations ont été réunies sur la charge quotidienne à laquelle ont été exposés les sujets de recherche. Les mesures ont été prises les 26, 27 et 28 février 2012. Les mesures prises le 27 février 2012 sont détaillées ci-dessous.

La journée du 27 février 2012 était ensoleillée et il y avait un peu de vent. La température dépassait les 10° C. Au cours de la journée, trois parcours avec des caractéristiques différentes ont été effectués. Le matin, le parcours partait de la place Piazza Molino Nuovo et empruntait des rues avec beaucoup de circulation, puis des rues plus calmes jusqu'au centre-ville qui se situe au bord du lac. La station de mesure NABEL\* a enregistré pendant les heures du test une valeur moyenne de 26,7 µg/m<sup>3</sup> pour la charge en PM<sub>10</sub> ainsi qu'une valeur moyenne journalière de 10 µg/m<sup>3</sup>. Il y avait donc peu de pollution dans l'air ce jour-là.

Evaluation  
des mesures  
des huit villes



**Image 18: parcours-test à Lugano le 27 février 2012**

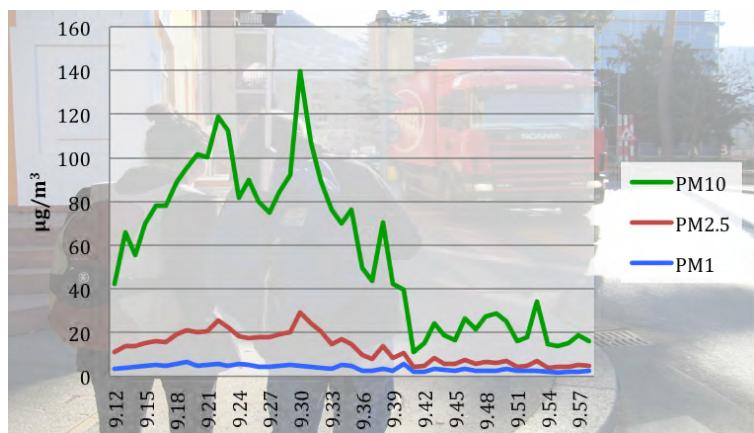
Ligne bleu: la route du matin; ligne vert: le circuit de l'après-midi; ligne rouge: le trajet du soir

Carte: Google Map

\* La station de mesure est située sur le terrain de l'Université de la Suisse italienne, au centre de Lugano.

### Mesures de la masse particules fines PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

Pendant le parcours-test de l'après-midi, une valeur moyenne de 12,7 µg/m<sup>3</sup> a été mesurée pour les PM<sub>2,5</sub>, alors qu'elle était de 3,8 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>1</sub>. Une valeur moyenne de 57 µg/m<sup>3</sup> a été mesurée pour les PM<sub>10</sub>, avec des valeurs de plus de 100 µg/m<sup>3</sup> par moments le long de la rue Via Madonneta jusqu'à la rue Via alla Chiesa, des rues avec relativement beaucoup de circulation.

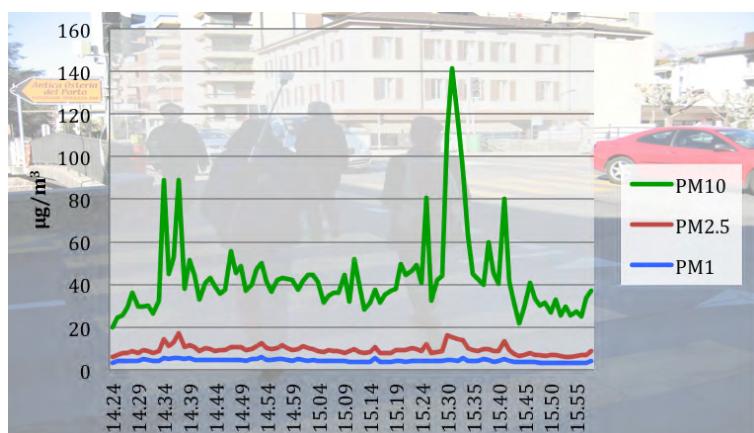


**Image 19: mesures PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub> le 27 février 2012 à Lugano, le matin**

Photo arrière-plan: ATE

En début d'après-midi, un parcours-test a été effectué depuis le parc de l'université en direction de Viganello, Pregassona Bassa jusqu'au stade et la place Piazza Molino Nuovo. Les quartiers de la ville très résidentiels, où on trouve des écoles, des maisons de retraite mais également beaucoup de circulation ont été traversés. La station de mesure NABEL a enregistré pendant ce laps de temps une valeur moyenne de 10,2 µg/m<sup>3</sup>.

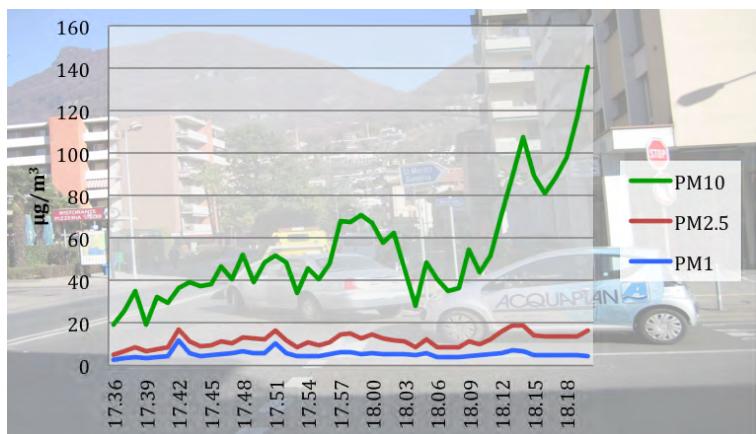
La valeur moyenne était de 9,3 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2,5</sub>, alors qu'elle était de 4,2 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>1</sub>. La valeur moyenne se montait à 43,4 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub>. Les valeurs les plus élevées situées autour des 140 µg/m<sup>3</sup> ont été mesurées à proximité d'un chantier et ont été vraisemblablement provoquées par les travaux (poussières soulevées par les travaux éventuellement). Les deux pics à 89 µg/m<sup>3</sup> au départ ont été enregistrés le long de la rue Via la Santa, une rue avec un volume de trafic moyen à fort flanquée de bâtiments.



**Image 20: mesures PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub> le 27 février 2012 à Lugano, en début d'après-midi**

Photo arrière-plan: ATE

Le parcours-test du soir traversait le quartier Molino Nuovo, parcourait les rues Via Bagutti et Via Trevano, la route la plus importante au nord menant au Molino Nuovo. Pendant le temps des mesures, la station de mesure NABEL a enregistré une valeur moyenne de  $10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La valeur moyenne était de  $11,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>2,5</sub>, et de  $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>1</sub>, alors que la valeur moyenne était de  $54,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>10</sub>. Les valeurs élevées pour les PM<sub>10</sub> ont été mesurées vers le stade, le long de la rue Via Sonvico, près de l'arrêt de bus «Resega». L'important volume de trafic qui comptait plusieurs camions pourrait être une des causes de ces valeurs élevées.

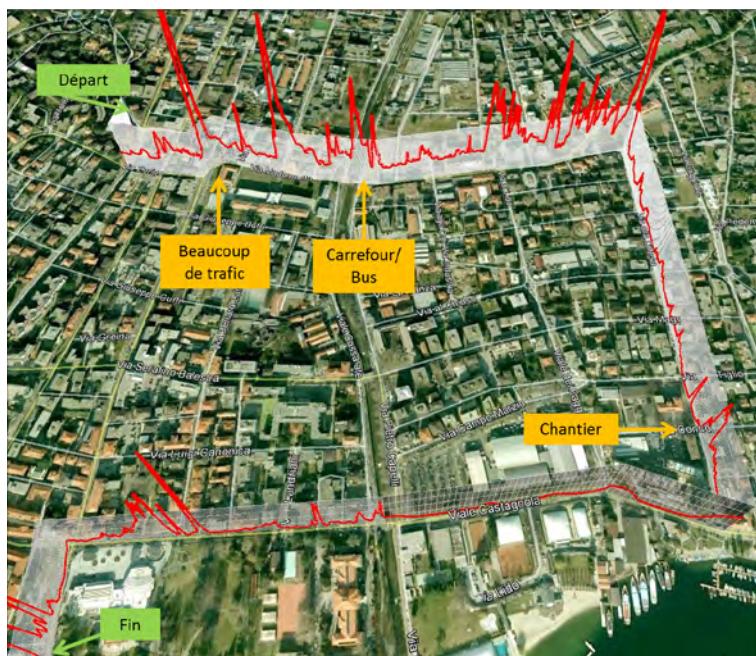


**Image 21: mesures PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub> le 27 février 2012 à Lugano, en fin d'après-midi**

Photo arrière-plan: ATE

### Mesures du nombre particules ultrafines PN <300–10 nm

La concentration en nombre de particules ultrafines à Lugano le 27 février 2012 était la plus élevée le long de la rue Via Madonetta et particulièrement en direction de la rue Via Bottogno. Le long des rues Via alla Chiesa et Viale Castagnola les concentrations étaient à l'inverse moins élevées. A proximité du lac, quelques pics élevés ont été observés, qui peuvent peut-être s'expliquer par la présence de véhicules isolés.



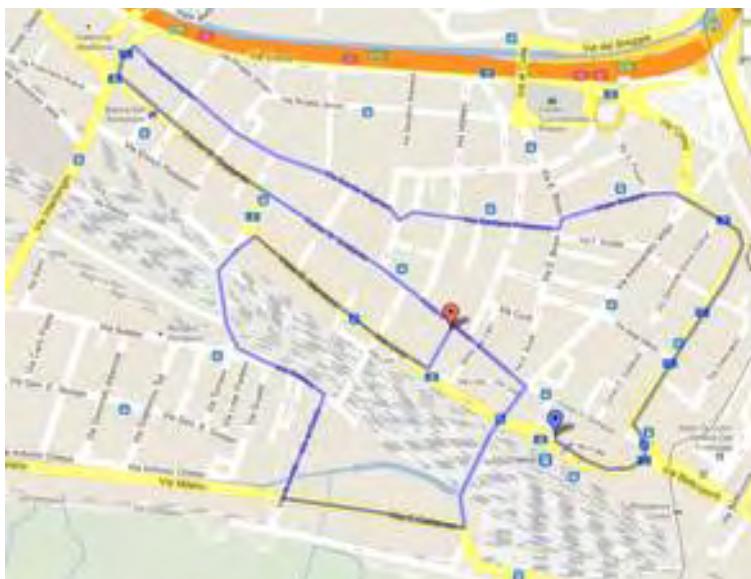
**Image 22: mesures PN (concentration en nombre), Lugano, le 27 février 2012**

Selon le protocole concentration en nombre de particules (courbe rouge) et série temporelle (grille grise)

Photo arrière-plan: Google Earth

## Chiasso – les résultats

L'après-midi du 28 février 2012, le parcours effectué dans la commune frontalière de Chiasso traversait les quartiers de la ville avec beaucoup de circulation, les zones piétonnes ainsi que le quartier densément peuplé de la rue Via Soldini.



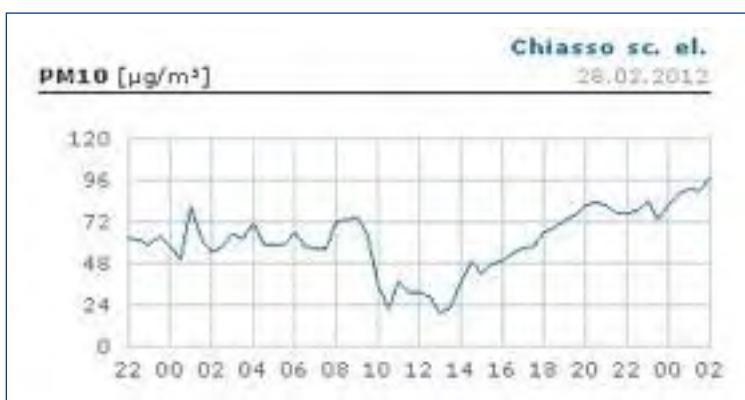
**Image 23:** parcours-test dans la ville de Chiasso

Carte: Google Map

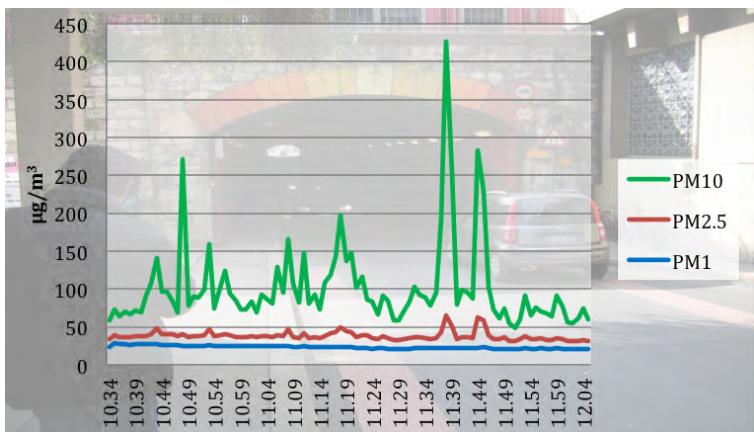
### Mesures de la masse particules fines PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

A Chiasso le 28 février 2012, la station de mesure du réseau cantonal, située sur la place de l'école près d'une rue avec beaucoup de trafic, a mesuré les valeurs présentées à l'image 24. Pendant la période au cours de laquelle le parcours a été réalisé (entre 9h00 et 12h00), la valeur moyenne de PM<sub>10</sub> était au-dessous de 70 µg/m<sup>3</sup>.

Les valeurs moyennes que nous avons mesurées étaient de 37,9 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>2,5</sub> et de 23,1 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>1</sub>. Pour les PM<sub>10</sub>, la valeur moyenne était 100,8 µg/m<sup>3</sup> avec une valeur maximale de 426,5 µg/m<sup>3</sup>. Cette dernière valeur a été mesurée dans le tunnel routier et piéton de la rue Luigi Favre. Ce tunnel doit être régulièrement parcouru par les piétons pour se rendre dans des quartiers au-delà du chemin de fer depuis le centre de la ville.



**Image 24:** mesures particules fines de la station de mesure cantonale de Chiasso (PM<sub>10</sub>)



**Image 25: mesures PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>**

Photo arrière-plan: ATE

### Mesures du nombre particules ultrafines PN <300–10 nm

A Chiasso, les concentrations en nombre de particules les plus élevées ont été observées à la rue Viale Ten. Col. Giuseppe Galli. De fortes concentrations ont également été mesurées dans le tunnel de la rue Via Rampa sous les voies du train. Dans les zones piétonnes et dans les rues avec moins de circulation les concentrations étaient à l'inverse significativement plus basses.



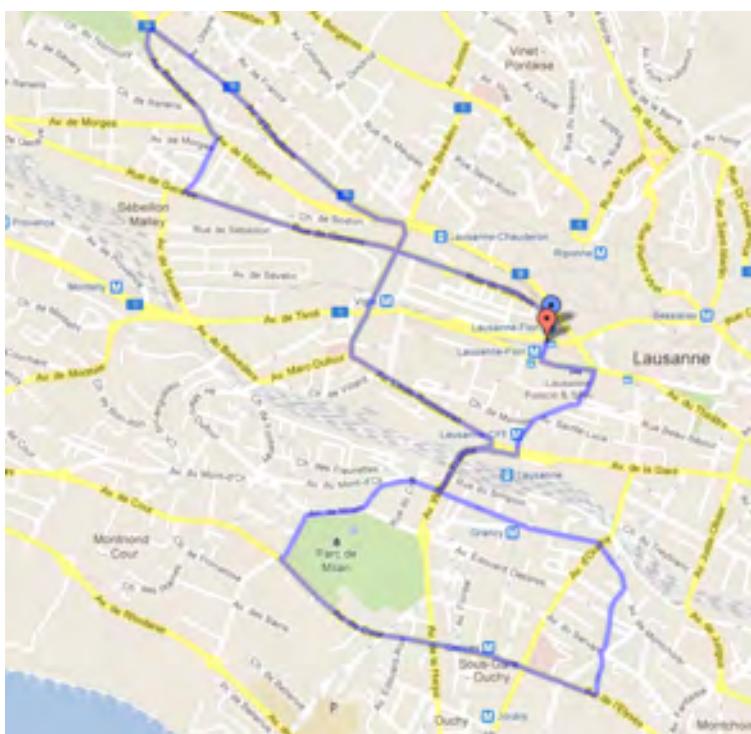
**Image 26: mesures PN (concentration en nombre), Chiasso, le 28 février 2012**

Concentration en nombre de particules (courbe rouge)  
et série temporelle (grille grise)

Photo arrière-plan: Google Earth

## Lausanne – les résultats

Le 29 février 2012, un dernier parcours-test a été organisé dans les rues du centre-ville de Lausanne. La journée était ensoleillée, il n'y avait pas de vent et la température se situait autour des 12° C. Le parcours a eu lieu entre 12h30 et 15h00. Des rues avec un volume de trafic important ont été empruntées ainsi que les zones piétonnes du centre. Pendant les mesures, le volume du trafic n'était pas particulièrement important dans les rues principales. La station de mesure NABEL de Lausanne-César-Roux\* a enregistré une valeur moyenne journalière de 36 µg/m<sup>3</sup> pour les PM<sub>10</sub>. Pendant le temps du parcours, entre 12h00 et 15h00, des valeurs se situant autour des 36,6 µg/m<sup>3</sup> ont été enregistrées.



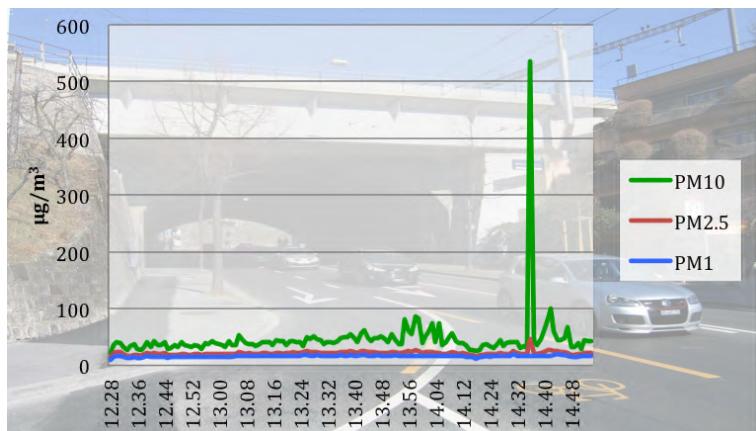
**Image 27: parcours-test dans la ville de Lausanne**

Carte: Google Map

\* La station est installée au cœur de Lausanne, dans le sous-sol du centre «Bibliomedia Suisse» situé à proximité immédiate d'une route de transit local légèrement pentue (environ 30000 véhicules par jour).

## Mesures de la masse particules fines PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

Les valeurs moyennes que nous avons mesurées étaient de  $21,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>2,5</sub> et de  $16,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM<sub>1</sub>. Une valeur moyenne de  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été enregistrée pour les PM<sub>10</sub>, avec un pic à  $545 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Des travaux de nettoyage dans la rue, qui font s'envoler les poussières, sont à l'origine de la pollution. Les valeurs d'environ  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mesurées à l'avenue de Cour s'expliquent par les travaux qui se déroulaient à proximité.

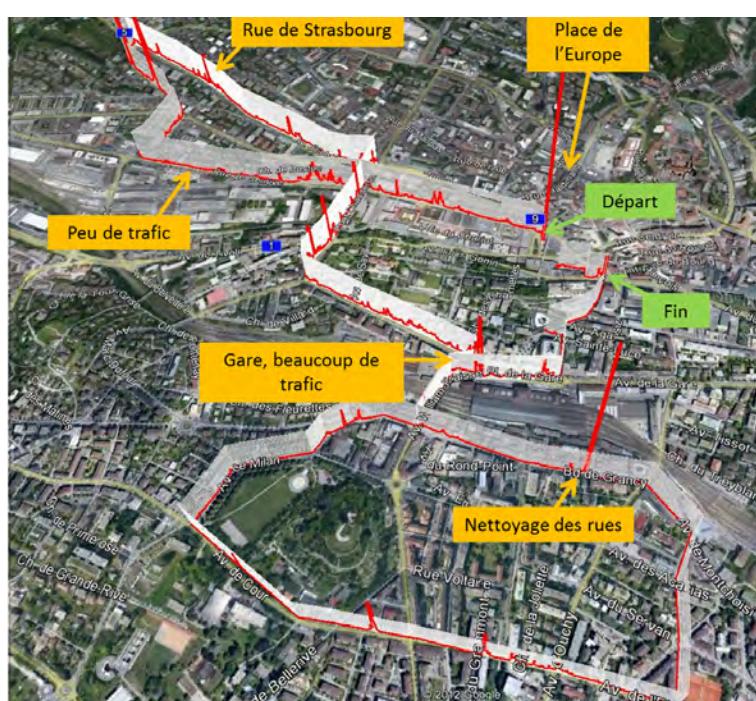


## Image 28: mesures PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

Photo arrière-plan: ATE

## Mesures du nombre particules ultrafines PN <300-10 nm

Les données relatives aux particules ultrafines indiquent la variation la plus importante au début du parcours sur la place de l'Europe. Un seul ou quelques véhicules isolés sont probablement à l'origine de cette variation très limitée dans le temps. Le parcours empruntait tout d'abord des rues calmes avec peu de circulation, puis davantage de circulation a de nouveau été observée ainsi que plusieurs véhicules arrêtés à un feu rouge au carrefour avec la rue de Strasbourg. A la gare, un grand volume de trafic a également été enregistré et les travaux de nettoyage dans la rue ont à nouveau influencé les mesures des particules ultrafines.



**Image 29: mesures  
PN (concentration en  
nombre), Lausanne,  
le 29 février 2012**

Concentration en  
nombre de particules  
(courbe rouge)  
et série temporelle  
(grille grise)

Photo arrière-plan: Google Earth

## Mesure de la masse particules fines PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>

D'une manière générale, on constate que, pour les PM<sub>10</sub>, les valeurs mesurées pendant nos parcours se situent à chaque fois en dessus des valeurs moyennes mesurées par les stations de mesure. Même les jours où les valeurs limites n'ont pas été dépassées, il faut s'attendre à des valeurs moyennes et des pics élevés le long des rues avec un important volume de trafic. En fonction du parcours effectué quotidiennement, les piétons peuvent être exposés à une charge en poussières fines plus élevée que celle indiquée par les stations de mesure. Les pics sont provoqués par des chantiers et des travaux de nettoyage dans les rues, mais il convient de préciser que les poussières soulevées dans ces cas-là sont moins nocives que celles provenant du trafic. Les «instantanés» que nous avons pris pendant nos parcours montrent également que, pour les PM<sub>2,5</sub>, les valeurs moyennes dans nos villes sont relativement élevées et se situent souvent en dessus de 20 µg/m<sup>3</sup>. L'Organisation mondiale de la Santé recommande une valeur moyenne journalière de 25 µg/m<sup>3</sup> comme valeur limite. Il faut bien noter que le genre de mesures effectuées dans ce contexte et avec cette technique enregistre des concentrations aussi bien du nombre et de la masse (PM<sub>10</sub>) soumises à de fortes variations qui sont limitées localement et dans le temps.

Ainsi, le nombre de particules peut atteindre des valeurs très élevées p. ex. au passage de certains véhicules à forte émission de particules. D'autre part, de fortes augmentations locales de PM<sub>10</sub> correspondent sans doute à des nuages de poussière soulevés par le trafic ou par des travaux de chantier.

Ces déviations massives ne peuvent donc pas être mises en relation avec les données de la concentration PM<sub>10</sub> qui sont relevées à une hauteur plus élevée et correspondent à la moyenne d'une longue durée de mesure.

**Tableau 1: valeurs médianes, maxima et minima de la charge en PM<sub>10</sub> dans les différentes villes**

Lieu	Date	Heure	Moyenne (µg/m <sup>3</sup> )	Minimum (µg/m <sup>3</sup> )	Maximum (µg/m <sup>3</sup> )
Lugano	26. 1. 2012	Début d'après-midi	55,0	23,8	203,4
Lucerne 1	1. 2. 2012	Avant midi	49,9	36,8	90,3
Lucerne 2	1. 2. 2012	Midi	49,9	35,6	82,2
Lucerne 3	1. 2. 2012	Début de soirée	50,2	38,1	99,1
Bâle	2. 2. 2012	Avant midi	53,8	37,3	99,1
Bienna	3. 2. 2012	Avant midi	73,5	16,5	301,7
Genève	6. 2. 2012	Matin	74,4	13,6	276,1
Berne	15. 2. 2012	Matin	21,5	6,6	163,5
Lugano 1	27. 2. 2012	Matin	57,0	11,1	139,8
Lugano 2	27. 2. 2012	Début d'après-midi	43,4	19,7	141,7
Lugano 3	27. 2. 2012	Début de soirée	54,9	19,2	140,5
Chiasso	28. 2. 2012	Avant midi	100,8	48,5	426,7
Lugano 1	28. 2. 2012	Début d'après-midi	76,8	45,3	221,4
Lugano 2	28. 2. 2012	Début de soirée	113,1	50,8	232,9
Lausanne	29. 2. 2012	Midi	46,0	21,9	535

**Tableau 2: valeurs médianes, maxima et minima de la charge en PM<sub>2,5</sub> dans les différentes villes**

Analyse générale  
des données

Lieu	Date	Heure	Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Minimum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maximum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Lugano	26.1.2012	Début d'après-midi	22,0	12,9	34,0
Lucerne 1	1.2.2012	Avant midi	36,2	30,4	44,1
Lucerne 2	1.2.2012	Midi	34,8	25,8	42,6
Lucerne 3	1.2.2012	Début de soirée	38,0	32,9	65,5
Bâle	2.2.2012	Avant midi	38,6	29,9	43,2
Bienna	3.2.2012	Avant midi	25,9	8,1	49,3
Genève	6.2.2012	Matin	35,6	12,1	77,6
Berne	15.2.2012	Matin	7,3	3,8	29,0
Lugano 1	27.2.2012	Matin	12,7	3,8	29,2
Lugano 2	27.2.2012	Début d'après-midi	9,3	5,9	16,9
Lugano 3	27.2.2012	Début de soirée	11,8	5,1	18,8
Chiasso	28.2.2012	Avant midi	37,9	31,2	64,5
Lugano 1	28.2.2012	Début d'après-midi	34,8	26,3	43,5
Lugano 2	28.2.2012	Début de soirée	43,4	29,8	64,5
Lausanne	29.2.2012	Midi	21,5	13,3	46,5

**Tableau 3: valeurs médianes, maxima et minima de la charge en PM<sub>1</sub> dans les différentes villes**

Lieu	Date	Heure	Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Minimum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maximum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Lugano	26.1.2012	Début d'après-midi	13,5	9,6	18,5
Lucerne 1	1.2.2012	Avant midi	30,1	26,0	34,3
Lucerne 2	1.2.2012	Midi	28,5	21,8	31,1
Lucerne 3	1.2.2012	Début de soirée	29,1	18,4	31,9
Bâle	2.2.2012	Avant midi	29,7	22,2	41,1
Bienna	3.2.2012	Avant midi	16,5	5,2	22,3
Genève	6.2.2012	Matin	24,8	8,4	24,8
Berne	15.2.2012	Matin	2,6	1,6	7,3
Lugano 1	27.2.2012	Matin	3,8	1,7	6,4
Lugano 2	27.2.2012	Début d'après-midi	4,2	3,1	5,8
Lugano 3	27.2.2012	Début de soirée	5,3	2,7	11,8
Chiasso	28.2.2012	Avant midi	23,1	20,3	28,7
Lugano 1	28.2.2012	Début d'après-midi	22,9	17,8	27,7
Lugano 2	28.2.2012	Début de soirée	26,1	20,4	32,0
Lausanne	29.2.2012	Midi	16,1	9,7	19,9

## Mesures du nombre particules ultrafines PN <300–10 nm

**Tableau 4: concentrations en nombre de particules/cm<sup>3</sup> médianes, minimales et maximales mesurées avec le miniDISC**

Lieu	Date	Heure	Médian ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Minimum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maximum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Lugano 4	26. 1. 2012	Début d'après-midi	19384	6971	966 500
Lucerne 1	1. 2. 2012	Avant midi	18244	1298	615 463
Lucerne 2	1. 2. 2012	Midi	20135	1 181	372 970
Bâle	2. 2. 2012	Avant midi	30 102	602	933 822
Bienne	3. 2. 2012	Avant midi	25 398	1 376	978 634
Genève	6. 2. 2012	Matin	<b>62 969</b>	703	930 338
Berne	15. 2. 2012	Matin	<b>7 894</b>	251	785 500
Lugano 1	27. 2. 2012	Matin	<b>38 066</b>	4 102	991 732
Lugano 2	27. 2. 2012	Début d'après-midi	<b>13 515</b>	7 413	927 946
Lugano 3	27. 2. 2012	Début de soirée	17 591	11 670	297 226
Chiasso	28. 2. 2012	Avant midi	20 106	7 472	951 790
Lugano 1	28. 2. 2012	Début d'après-midi	24 308	9 087	970 787
Lugano 2	28. 2. 2012	Début de soirée	<b>42 924</b>	15 193	970 375
Lausanne	29. 2. 2012	Midi	<b>13 479</b>	1 300	778 741

A chaque fois, on a calculé les valeurs médianes, car (comme on peut le voir dans les colonnes des minima et des maxima) des résultats très élevés et très bas peuvent être mesurés pendant de courts instants, qui fausseraient le résultat moyen. Les mesures les plus élevées sont en rouge, tandis que les mesures les moins élevées sont en bleu clair.

Les concentrations en nombre de particules mesurées avec le miniDISC se situent en moyenne à 25 000 particules/cm<sup>3</sup> (14 valeurs médianes). A noter que les concentrations les plus élevées ont été enregistrées en début de soirée et les plus basses en début d'après-midi, comme on pourrait l'imaginer si l'on considère le volume de trafic habituel. Sur les huit villes, c'est à Berne, à Lausanne et à Lugano que les valeurs les plus basses ont été mesurées. A Genève, où l'on ne dispose que d'une valeur médiane, la concentration de 63 000 particules/cm<sup>3</sup> est la plus élevée des villes où l'on a pris des mesures, ce qui vient probablement du fait que les mesures ont été prises le matin et que les effets de l'heure de pointe se faisaient encore sentir. Comme pour les mesures des PM, des pics très élevés ont été constatés à certains endroits lors des mesures de la concentration en nombre de particules, ce qui s'explique par la présence de véhicules isolés et de situations particulières liées au trafic (embouteillage, feu rouge). Les effets de l'heure de pointe sont également visibles.

La taille moyenne des particules se situait entre 34 et 64 nm, le diamètre le plus grand ayant été mesuré à Lugano et le plus petit à Genève (vraisemblablement à cause des petites particules provenant des processus de combustion qui sont plus nombreuses).

**Tableau 5: taille des particules médianes, minimales et maximales mesurées en nm avec le miniDISC**

Analyse générale  
des données

Lieu	Date	Heure	Médian ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Minimum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maximum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Lugano 4	26. 1. 2012	Début d'après-midi	54,1	17,5	106,9
Lucerne 1	1. 2. 2012	Avant midi	55	11,8	198,9
Lucerne 2	1. 2. 2012	Midi	51,1	10	175,3
Bâle	2. 2. 2012	Avant midi	50,6	10	298,5
Bienna	3. 2. 2012	Avant midi	45,6	15,5	165,2
Genève	6. 2. 2012	Matin	34,5	10	154,5
Berne	15. 2. 2012	Matin	37,5	10	294
Lugano 1	27. 2. 2012	Matin	36,9	12,4	97,6
Lugano 2	27. 2. 2012	Début d'après-midi	45,1	10,1	97,3
Lugano 3	27. 2. 2012	Début de soirée	41,9	28,3	60,3
Chiasso	28. 2. 2012	Avant midi	55,8	15,4	133,5
Lugano 1	28. 2. 2012	Début d'après-midi	49,7	13,2	235,5
Lugano 2	28. 2. 2012	Début de soirée	44,4	13,4	81,2
Lausanne	29. 2. 2012	Midi	54,8	10	200,5

A chaque fois, on a calculé la valeur médiane, car (comme on peut le voir dans les colonnes des minima et des maxima) des résultats très élevés et très bas peuvent être mesurés pendant de courts instants, qui fausseraient le résultat moyen. Les mesures les plus élevées sont en rouge, tandis que les mesures les moins élevées sont en bleu clair.

## Effets sur la santé

De nombreuses études épidémiologiques et expérimentales démontrent depuis des décennies que les immissions provenant du trafic routier peuvent avoir des effets négatifs sur la santé, en particulier pour les personnes qui se trouvent à proximité de rues avec beaucoup de circulation. Les enfants, les personnes âgées, les malades chroniques, p. ex. les diabétiques, les malades du cœur et des poumons sont les plus touchés. La fraction de particules PM<sub>2,5</sub> pénétrant dans les bronches et les alvéoles est en corrélation avec des inflammations chroniques, de l'asthme et des cancers, et peut par ce fait nuire à l'organisme en général.

Ces dernières années, les effets des effluents diesel sur le cœur et la circulation sanguine sont devenus une préoccupation de premier ordre. Les études des effets biologiques démontrent que ce sont en premier lieu les particules ultrafines, dix à 1000 fois plus infimes qui en sont la cause. Ces particules transgressent les parois alvéolaires (500 millions d'alvéoles, superficie totale 500 m<sup>2</sup>). Les parois sont extrêmement fines avec quelques nm d'épaisseur. Une fois dans la circulation sanguine, elles sont disséminées dans les différents organes, où elles peuvent provoquer des micro-inflammations chroniques. Ces tout petits foyers d'inflammation provoquent des «réactions en chaîne», qui favorisent les infarctus, le diabète et d'autres troubles et peuvent être la cause de cancer dans différents organes ou constituer un terrain favorable à la maladie. A la surface, les particules infimes peuvent introduire des ions métalliques ou des substances cancérogènes dans l'organisme, ce qui ne fait qu'augmenter leurs effets nocifs.

En analysant les mécanismes biologiques, l'Institut d'Anatomie de l'Université de Berne (prof. Gehr) a mené des recherches novatrices et a démontré que les particules ultrafines peuvent même affecter le matériel génétique dans le noyau cellulaire.

**De par la loi, les substances cancérogènes doivent être évitées en se rapportant à l'état le plus actuel de la technique.** On constate que cet objectif est déjà réalisable: les particules de suie (comme les particules de métal provenant de l'abrasion, des additifs et du revêtement du catalyseur, qui sont également très toxiques) sont éliminées par les filtres à particules modernes à plus de 99 % indépendamment de la taille des particules! La souffrance que cette technologie permettrait d'éliminer n'est malheureusement pas chiffrable.

## Qui se charge de l'addition?

Il ne semble pas superflu de faire les comptes: les investissements nécessaires pour mettre aux normes et remplacer les véhicules vétustes représenteraient une fraction (env. de 1/10 à 1/20, selon les estimations prudentes) des coûts économiques qui sont dilapidés au vrai sens du terme aujourd'hui, car les filtres actuels sont abordables et nécessitent presque aucun entretien. Souvent, on oublie de prendre en compte les pertes dans l'élevage des animaux et dans les récoltes, tout comme les effets sur le climat.

La technologie des filtres à particules est un atout majeur pour que la Suisse soit concurrentielle à l'échelle internationale, tant en matière de recherche que de production. De nombreuses places de travail ont pu être créées. L'image de la Suisse en tant que modèle dans la technologie environnementale est aussi en jeu, car nous sommes en retard dans la mise en œuvre de la législation. Tout le monde peut être gagnant, alors pourquoi hésiter?

La réduction des émissions de poussières fines provenant des processus de combustion est la contribution la meilleur marché et la plus efficace pour promouvoir la santé tout en freinant le réchauffement climatique. Les particules de suie, qui absorbent la chaleur du soleil, accélèrent la fonte des calottes polaires et des glaciers en particulier. Or réduire les rejets de suie aurait déjà un effet positif après quelques mois.

## Discussion

Des études scientifiques sont menées en Suisse depuis des décennies pour contenir à la source les substances polluantes émises dans l'air. La technologie des filtres à particules et les méthodes de mesure ont été développées à l'EPF de Zurich et dans les hautes écoles spécialisées de Bienne et du nord-ouest de la Suisse jusqu'à ce qu'elles soient prêtes à être mises sur le marché. Ces technologies ont été testées à de nombreux endroits et mises à l'épreuve lors de la construction de la NLFA: l'effet du filtre a fonctionné à plus de 99%! Dans nos universités, des travaux novateurs ont également été réalisés pour examiner les effets sur la santé d'un point de vue épidémiologique et expérimental et comprendre leurs mécanismes biologiques. On doit beaucoup dans ce domaine au réseau de mesures NABEL, à l'étude SAPALDIA, aux recherches de l'Institut d'Anatomie de l'Université de Berne, ou celui de l'Institut Adolphe Merkle de l'Université de Fribourg et à l'EMPA.

Aujourd'hui, la technologie développée ici est exportée dans d'autres pays et récemment même en Chine. La politique menée par la Suisse en matière de protection de l'air a longtemps été montrée en exemple à l'étranger, mais la Suisse risque de perdre son avantage. Nous avons effectivement perdu du terrain dans la mise en œuvre à l'échelon politique...!

La Suisse occupe la première position parmi tous les pays européens pour imposer des mesures musclées. Les responsables politiques sont avant tout des parents et sont de ce fait personnellement concernés par la pollution de l'air. Nous comprenons donc toujours plus difficilement le comportement hésitant constaté aujourd'hui; souvent les liens de cause à effet sont ignorés et des solutions partielles sont proposées sans conviction. L'argent des impôts est donc gaspillé, car les coûts cumulés engendrés par la pollution de l'air sont plus élevés que ce que l'on croit! On accepte en outre que la place économique suisse soit affaiblie et que son image en pâtit. Le Conseil fédéral a adopté en 2006 un plan d'action contre les poussières fines et a défini quatre mesures: des filtres à particules pour tous les moteurs diesel, des normes de qualité pour les chauffages à bois, une valeur limite plus sévère pour les substances polluantes sur la place de travail (valeurs MAK) dans l'industrie et le commerce, davantage d'engagement au niveau international. Qu'en est-il aujourd'hui?

## Nos propositions

Sur la base des données réunies dans le cadre de cette campagne d'information et de sensibilisation, ainsi que des nombreuses études disponibles et analyses scientifiques, le moment est venu selon nous de soumettre les propositions suivantes aux autorités cantonales et fédérales compétentes:

1. Prendre davantage de mesures pour enregistrer l'exposition des individus à la pollution atmosphérique dans leur vie quotidienne, en particulier dans les villes et dans les lieux sensibles. Ces mesures doivent venir compléter les données enregistrées par les stations de mesure. Il s'agit de prendre des mesures différencierées et d'établir une cartographie de la pollution atmosphérique dans les zones pertinentes en dépassant le champ des stations de mesure.
2. Publier périodiquement les coûts pour la santé et l'économie (jusqu'à présent externalisés).
3. Mesurer systématiquement la charge en PM<sub>2,5</sub> et fixer une valeur limite inscrite dans la loi.
4. Enregistrer également la charge en nanoparticules et fixer une valeur limite pour l'exposition des individus.
5. Rendre obligatoires les filtres à particules pour tous les véhicules diesel et les autres moteurs qui émettent des nanoparticules ainsi que pour les installations stationnaires. Un monitoring est nécessaire.
6. Prendre exemple par l'étranger où les zones environnementales ont permis d'améliorer la qualité de l'air des centres urbains (comme le prouve l'efficacité de la zone environnementale LEZ à Berlin et dans beaucoup d'autres villes en Allemagne mais également en Grande-Bretagne).

- Brandt, S., Perez, L., Kunzli, N., Lurmann, F., and McConnell, R.: Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities, *Eur Respir J* 01578-2011; published ahead of print, doi: 10.1183/09031936.00157811, 2012.
- Breitner, S., Liu, L., Cyrys, J., Bruske, I., Franck, U., Schlink, U., Leitte, A. M., Herbarth, O., Wiedensohler, A., Wehner, B., Hu, M., Pan, X.-C., Wichmann, H.-E., and Peters, A.: Submicrometer particulate air pollution and cardiovascular mortality in Beijing, China, *Science of the Total Environment* 409, 5196–5204, 2011.
- Drew Shindell et al.: Simultaneous Mitigating Near-Term Climate change and Improving Human Health and Food Security, *Science* Vol. 335, 183–189, 2012.
- Fierz, M., Houle, C., Steigmeier, P., and Burtscher, H.: Design, Calibration and Field Performance of Miniature Diffusion Size Classifier, *Aerosol Science and Technology*, 45, 1–10, 2010.
- Fierz, M., Keller, A., and Burtscher, H.: Charge-based personal aerosol samplers, *Inhalation Toxicology*, 21 (S1), 30–34, 2009.
- Franck, U., Odeh, S., Wiedensohler, A., Wehner, B., and Herbarth, O.: The effect of particle size on cardiovascular disorders—The smaller the worse, *Science of the Total Environment* 409, 4217–4221, 2011.
- Franck, U., Herbarth, O., et al.: Respiratory effects of indoor Particles in young children are size dependent *Science of the Total Environment* 409, 1621–1631, 2011.
- Gehr, P., Bachofen, M., and Weibel, E. R.: The normal human lung: ultrastructure and morphometric estimation of diffusion capacity. *Respir. Physiol.* 32, 121–140, 1978.
- Geiser, M., Rothen-Rutishauser, B. M., Kapp, N., Schurch, S., Kreyling, W., Schulz, H., Semmler, M., Im Hof, V., Heyder, J., and Gehr, P.: Ultrafine particles cross cellular membranes by non-phagocytic mechanisms in lungs and in cultured cells. *Environ. Health Perspect.* 113: 1555–1560, 2005.
- Nel, A., Xia, T., Madler, L., and Li, N.: Toxic Potential of Materials at the Nanolevel, *Science* 3 February, 311, 5761, 622–627, 2006.
- Oberdorster, G., Oberdorster, E., Oberdorster, J.: Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles, *Environ Health Perspect*, 113 (7): 823–839, 2005.
- Rothen-Rutishauser, B., Schurch, S., and Gehr, P.: Interaction of particles with membranes. In: *The toxicology of particles*. Eds. Ken Donaldson and Paul Borm. Taylor & Francis Group, LLC, CRC Press, Bocaraton, pp. 139–160, 2007.
- Schwartz, J., and Neas, L.: Fine particles are more strongly associated than coarse particles with acute respiratory health effects in schoolchildren, *Epidemiology*; 11 (1): 6–10, 2000.
- Semmler, M., Seitz, J., Erbe, F., Mayere, P., Heyder, J., Oberdorster, G., and Kreyling, W. G.: Long-term clearance kinetics of inhaled ultrafine insoluble iridium particles form the rat lung, including transient translocation into secondary organs. *Inhal. Toxicol.* 16: 453–459, 2004.

**Editeur**

ATE Association transports et environnement  
Aarbergergasse 61  
Case postale 8676  
3001 Berne  
Tél. 0848 611 613 (tarif normal)  
[www.ate.ch](http://www.ate.ch)  
[www.pm10.ch](http://www.pm10.ch)

Association Transports  
et Environnement

**ATE**

Pour une mobilité d'avenir