

# Mesure de la qualité de l'air embarquée sur des tramways dans le Rhin supérieur Messung der Luftqualität auf Straßenbahnen im Oberrheingebiet



ATMOVISION

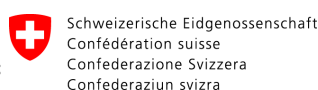
INTERREG V RHIN SUPÉRIEUR - OBERRHEIN



Lufthygieneamt beider Basel



Kanton Basel-Stadt



ETB Eurodistrict Trinational de Bâle  
TEB Trinationaler Eurodistrict Basel



Eurodistrict  
PAMINA



Rheinland-Pfalz  
LANDESAMT FÜR UMWELT

Baden-Württemberg  
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG







ATMO Grand Est  
5 rue de Madrid  
67300 Schiltigheim  
Tél. +33 (0)3 88 19 26 66  
[contact@atmo-grandest.eu](mailto:contact@atmo-grandest.eu)  
[www.atmo-vision.eu](http://www.atmo-vision.eu)

Le projet « Atmo VISION » est cofinancé par l'Union européenne (Fonds européen de développement régional – FEDER) dans le cadre du programme INTERREG V Rhin Supérieur ainsi que par les cantons de Bâle-Ville et Bâle-Campagne et la Confédération suisse (Nouvelle politique régionale - NPR). « Dépasser les frontières : projet après projet » / Das Projekt „Atmo VISION“ wird von der Europäischen Union (Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung – EFRE) im Rahmen des Programms INTERREG V Oberrhein sowie von den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft und dem schweizerischen Bund (Neue Regionalpolitik – NRP) kofinanziert. „Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt“

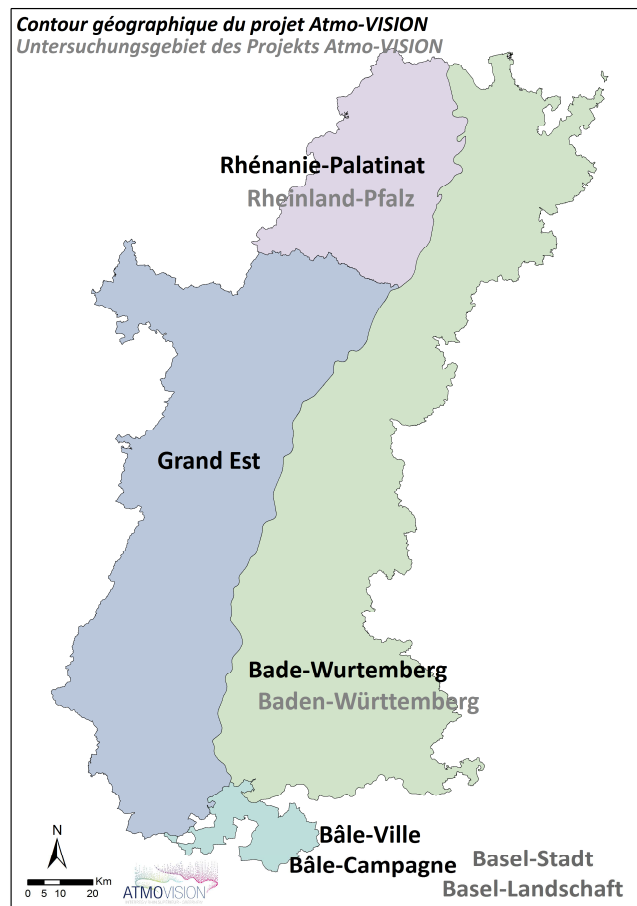
## La zone d'étude d'Atmo-VISION / Das Gebiet Atmo-VISION

La zone d'étude Atmo-VISION comprend l'espace trinational du Rhin supérieur, limitée du côté suisse aux cantons de Bâle-Ville et de Bâle-Campagne.

Au nord, la zone d'étude d'Atmo-VISION se prolonge dans le Pays de Bade et le Palatinat jusqu'à Mannheim et Ludwigshafen, au-delà de l'espace du Rhin supérieur, afin d'inclure des acteurs majeurs en termes de consommations d'énergie et d'émissions de polluants de l'air et gaz à effet de serre.

Das Gebiet für Atmo-VISION umfasst das trinationale Gebiet des Oberrheins, das auf Schweizer Seite auf die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft beschränkt ist.

Im Norden erstreckt sich das Untersuchungsgebiet Atmo-VISION in Baden und in der Pfalz bis nach Mannheim und Ludwigshafen über das trinationale Oberrheingebiet hinaus, um wichtige Akteure beim Energieverbrauch und bei der Emission von Luftschadstoffen und Treibhausgasen mit einzubeziehen.



## Impressum

ATMO Grand Est PROJ-EN-475

Indice 1, 02/11/2020

Edition / Herausgeber

ATMO Grand Est, 5 rue de Madrid, 67300 Schiltigheim

Rédaction / Bearbeitung

ATMO Grand Est et les partenaires d'Atmo-VISION

Mise en page et impression / Layout und Druck

ATMO Grand Est

Impression / Druck

-

Crédits photos / Bildnachweis

ATMO Grand Est, CTS, EMS, David Levêque

## Financement / Finanzierung

D'un budget total d'1,5 M€, ce projet INTERREG V Rhin supérieur est financé pour 3 ans à hauteur de 60% par le FEDER de l'UE et son homologue suisse IKRB et 16% par l'Eurométropole de Strasbourg, la Région Grand Est, l'ADEME et l'Eurodistrict Strasbourg-Ortenau. Les 24% restants sont portés par les opérateurs techniques : ATMO Grand Est, la LUBW, le LHA, FIBOIS Grand Est et EIFER.

Mit einem Gesamtbudget von 1,5 Millionen Euro wird dieses INTERREG V Oberrhein-Projekt für 3 Jahre zu 60% aus dem EFRE der EU und seinem Schweizer Pendant IKRB sowie zu 16% von der Eurometropole Straßburg, der Region Grand Est, der ADEME und dem Eurodistrikt Strasbourg-Ortenau finanziert. Die restlichen 24% werden von den fachlichen Akteuren getragen: ATMO Grand Est, LUBW, LHA, FIBOIS Grand Est und EIFER.

## Le projet Atmo-VISION

Malgré les efforts fournis, les normes fixées en matière de qualité de l'air ne sont pas toujours respectées dans l'espace du Rhin Supérieur. Outre les contentieux qui peuvent en découler avec la Commission Européenne, cela met en danger la santé des personnes qui vivent sur le territoire. Cette problématique nécessite, pour les parties prenantes locales, de mieux comprendre l'origine géographique, sectorielle et énergétique de cette pollution.

Au sein de ce contexte, le groupe d'experts qualité de l'air de la Conférence du Rhin Supérieur a lancé, dans le cadre du programme INTERREG V, ce vaste projet transfrontalier « Atmo-VISION », afin de reconquérir la qualité de l'air à l'échelle de la région du Rhin supérieur. Ce projet s'intéresse à l'ensemble des enjeux transversaux « air-climat-énergie ».

Son objectif principal est de proposer aux institutions et administrations du Rhin supérieur de nouveaux instruments pour diminuer les émissions de polluants de l'atmosphère.

Le projet se concentre principalement sur les missions suivantes :

- Production et mise à disposition de bases de données harmonisées de consommations et productions d'énergie, ainsi que des émissions de polluants à impact sanitaire et des gaz à effet de serre pour l'ensemble du Rhin supérieur
- Mesures de pollution et déploiement expérimental de microcapteurs avec accompagnement des utilisateurs,
- Etude de l'origine sectorielle, géographique et énergétique de la pollution de l'air et modélisation de nouvelles actions visant à diminuer la pollution atmosphérique,
- Développement d'un réseau afin d'apprendre des expériences de chacun pour favoriser l'efficacité des actions et ratifier une charte d'engagement,
- Formation de personnes relais (enseignants, animateurs, agents de collectivités...) qui sensibiliseront les citoyens et plus particulièrement la jeune génération avec les outils pédagogiques issus du projet.

## Das Atmo-VISION Projekt

Trotz vielfältiger Bemühungen werden im Oberrheingebiet die Luftreinhaltegrenzwerte nicht eingehalten. Zusätzlich zu den drohenden Vertragsverletzungsverfahren der Europäischen Kommission, gefährdet dies die Gesundheit der im Gebiet lebenden Menschen. Diese Problematik erfordert, dass die lokalen Beteiligten die geographische, sektorische und energetische Herkunft der Luftbelastung besser verstehen.

Unter diesem Gesichtspunkt hat die Expertengruppe Luftreinhaltung im Rahmen des Programms INTERREG V das Projekt „Atmo-VISION“ ausgearbeitet. Atmo-VISION ist ein umfangreiches grenzüberschreitendes Projekt, welches die Luftqualität in der Region des Oberrheins verbessern möchte. Dieses Projekt beschäftigt sich mit den vernetzten Themen „Luft-Klima-Energie“ im Oberrheingebiet.

Das Ziel des Projekts ist die Bereitstellung neuer Instrumente für Institutionen und Verwaltungen im Oberrheingebiet, um die Luftschadstoffbelastung zu verringern.

Das Projekt hat folgende Schwerpunkte:

- Erstellung und Bereitstellung von harmonisierten Daten zum Energieverbrauch, zur Energieerzeugung sowie zu den Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen für das gesamte Oberrheingebiet,
- Messung der Luftbelastung, experimenteller Einsatz von Mikrosensoren und fachliche Betreuung der Anwender,
- Modellierung zur Bestimmung der sektoriellen, geographischen und energetischen Herkunft der Luftbelastung (Ursachenanalyse) sowie Modellierung von neuen Maßnahmen zur Verringerung der Luftbelastung,
- Aufbau eines Netzwerkes, um „Voneinander zu lernen“ und eine Charta zu erstellen, die die Umsetzung der Maßnahmen unterstützen soll,
- Ausbildung von Kontaktpersonen (Erzieher, Lehrer, Ansprechpartner der Gebietskörperschaften,...), die die Bürger, besonders die jüngere Generation, anhand der erarbeiteten pädagogischen Materialien sensibilisieren sollen.



## POURQUOI UNE MESURE SUR TRAMWAY PAR MICROCAPTEUR ?

Les mesures de qualité en mobilité permettent de connaître la qualité de l'air en un nombre infini de points le long d'une trajectoire, certes de façon temporaire pour chaque point, mais sans avoir à équiper une multitude de sites mesurant en continu.

De telles mesures sont réalisées à bord de différents véhicules (exemples de projets avec véhicules Google Street View à Londres ou Amsterdam), avions (exemple de l'avion suisse MetAir), ou dispositifs en mouvements tels que des sondes (Météo France), et même des montgolfières (exemple du Ballon de Paris). Des particuliers peuvent aussi mesurer à pied ou à vélo avec des microcapteurs (Visionair dans le cadre d'Atmo-VISION, Ambasad'Air à Rennes, etc.).

Ici, la mesure sur tram et par microcapteur, est investie pour :

- Observer la qualité de l'air et son évolution et la qualité de sa mesure lors d'un déplacement sur tram.
- Identifier les avantages et les inconvénients, le potentiel et les risques de la mesure de qualité de l'air grâce à un tramway (trajectoire aller-retour constante, perturbations potentielles de la mesure propres à cet environnement de mesure).
- Evaluer la perspective d'affiner les analyses actuelles en modélisant/cartographiant les résultats obtenus avec le tramway (perspectives à moyen/long terme).

## WARUM FINDEN MESSUNGEN MIT MIKROSENSOREN AUF STRASSENBAHNEN STATT ?

Mobile Messungen ermöglichen es die Luftqualität an unterschiedlichen Orten zu bestimmen, wenn auch nur vorübergehend für jeden Punkt, aber ohne eine Vielzahl von kontinuierlich messenden Messstationen einsetzen zu müssen.

Solche Messungen werden an Bord verschiedener Fahrzeuge (Beispiele von Projekten mit Google Street View-Fahrzeugen in London oder Amsterdam), Flugzeuge (Beispiel des Schweizer Flugzeugs MetAir) oder beweglicher Geräte wie Sonden (Météo France) und sogar Heißluftballons (Beispiel des Pariser Ballons) durchgeführt. Privatpersonen können auch zu Fuß oder auf dem Fahrrad mit Mikrosensoren (Visionair als Teil von Atmo-VISION, Ambasad'Air in Rennes usw.) messen.

In diesem Projekt wurden Mikrosensoren auf Straßenbahnen installiert für :

- Beobachtung der Luftbelastung und ihre Entwicklung, sowie die Qualität der Messung selbst, wenn die Straßenbahn fährt.
- Identifizierung der Vor- und Nachteile, des Potenzials und der Risiken der Luftqualitätsmessung mit einer Straßenbahn (konstante Hin- und Rückfahrt, potenzielle Messstörungen, die spezifisch für diese Messumgebung sind).
- Beurteilung der Aussichten auf eine Verfeinerung der aktuellen Analysen durch Modellierung/Kartierung der erzielten Ergebnisse (mittel-/langfristige Perspektiven).





## Contraintes techniques

Embarquer des instruments de mesure sur un tramway soulève de nombreuses difficultés du fait des contraintes que représentent ce mode de transport, mettant à rude épreuve les capteurs, notamment à cause des vibrations. Ces contraintes ont été soulevées par la Compagnie des Transports Strasbourgeois (CTS). Les sources potentielles pouvant entraîner un dysfonctionnement des microcapteurs ont été identifiées :

- maîtrise de impact de la fluide en mobilité, et transfert des données en mouvement.
- génération de suie par le pantographe du tramway qui peut endommager ou boucher l'entrée d'air du microcapteur.
- alimentation électrique non stabilisée du tramway sur lequel est branché le microcapteur, pouvant entraîner son dysfonctionnement ou sa détérioration.
- présence de champ électromagnétique pouvant influencer la mesure et le transfert des données.
- étanchéité des microcapteurs par rapport aux conditions météorologiques lors de la circulation des rames et à leur lavage quotidien (au rouleaux et jets d'eau haute pression).
- la zone de prise d'air afin de s'assurer de prélever l'air ambiant extérieur et non pas l'air présent dans un compartiment mal ventilé, non représentatif de l'air ambiant (sous un capot par exemple).
- assurance liée à la dégradation du microcapteur et/ou de la rame de tramway (du fait d'un risque électrique, d'un risque de chute).

Ces différentes contraintes ont été abordées avec les fournisseurs de microcapteurs, permettant d'orienter notre choix vers un seul microcapteur : l'AtmoTrack.



## Technische Herausforderung

Der Einbau von Messgeräten auf einer Straßenbahn wirft aufgrund der gegebenen Verhältnisse dieses Verkehrsmittels viele Schwierigkeiten auf, die die Sensoren vor allem wegen der Vibrationen auf die Probe stellen. Diese Einschränkungen wurden von der Compagnie des Transports Strasbourgeois (CTS) angesprochen. Die potenziellen Ursachen, die zu einer Fehlfunktion der Mikrosensoren führen könnten, sind identifiziert worden:

- Beherrschung der Auswirkung der Fahrbewegung, sowie bei der Übertragung von Daten während des Fahrens.
- Erzeugung von Ruß durch den Stromabnehmer der Straßenbahn, der den Lufteinlass des Mikrosensors beschädigen oder blockieren kann.
- Unstabile Stromversorgung der Straßenbahn, an die der Mikrosensor angeschlossen ist, was zu einer Fehlfunktion oder Verschlechterung des Mikrosensors führen kann.
- Das Vorhandensein eines elektromagnetischen Feldes, das die Messung und den Datentransfer beeinflussen kann.
- Abdichtung der Mikrosensoren in Bezug auf die Witterungsbedingungen während der Fahrt der Züge und ihrer täglichen Reinigung (mit Bürsten und Wasserstrahlen unter Hochdruck).
- Der Bereich des Lufteinlasses, um sicherzustellen, dass die Luft aus der äußeren Umgebungsluft und nicht aus einem schlecht belüfteten Raum entnommen wird, der nicht repräsentativ für die Umgebungsluft ist (z. B. unter einer Haube).
- Versicherung im Schadensfall im Zusammenhang mit der Beeinträchtigung des Mikrosensors und/oder der Straßenbahn (aufgrund eines elektrischen Risikos, und eines Sturzrisikos).

Diese verschiedenen Punkte wurden mit den Lieferanten von Mikrosensoren erörtert, so dass die Wahl auf einen einzigen Mikrosensor fiel: den AtmoTrack.

**Information :** Les paramètres mesurés sont les particules fines  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  et  $PM_{10}$ , provenant de multiples sources : trafic routier, activités industrielles, agriculture, chauffage résidentiel ou bien érosion des sols, feux de biomasse. Par leur petite taille, elles peuvent pénétrer profondément dans les voies respiratoires, jusqu'aux et leurs effets sont présents à court et long terme, allant d'une inflammation respiratoire à la survenue de maladies respiratoires selon la durée d'exposition.

## L'AtmoTrack

L'AtmoTrack, produit de la société XLII Factory, est un dispositif créé pour la mesure de la qualité de l'air en mobilité, notamment pour une fixation sur un véhicule tel une voiture, un utilitaire, un bus ou encore un vélo.

Ce microcapteur permet de mesurer les particules fines présentes dans l'air. Il dispose également d'un système de géolocalisation intégré, les données de localisation et de mesures étant transmises par 3G en temps réel. Ces caractéristiques techniques permettent à l'AtmoTrack de suivre l'évolution de la qualité de l'air au cours d'un déplacement.

L'AtmoTrack prend des mesures toutes les secondes, mais les données remontées sont réintégréées sur un pas de temps de 10 secondes. Les particules ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  et  $PM_{10}$ ) sont mesurées grâce à un compteur optique de particules. En mobilité et pour une vitesse inférieure à 80 km/h, le sens de circulation n'a pas d'impact sur le flux d'air entrant dans le capteur, l'entrée se faisant à 360°.

### Avantages de l'AtmoTrack :

- Microcapteur développé pour mesurer en mobilité,
- Equipement conçu pour résister aux conditions extrêmes de l'opération : météorologiques, contraintes ferroviaires, etc.,
- Faible encombrement (taille, poids),
- Justesse des mesures de particules.

## Der AtmoTrack

Der AtmoTrack, ein Produkt der XLII Factory, ist ein Gerät zur Messung der Luftqualität während der Fahrt, insbesondere zur Befestigung an einem Fahrzeug, wie z.B. einem Auto, Nutzfahrzeug, Bus oder Fahrrad.

Dieser Mikrosensor ermöglicht die Messung der in der Luft vorhandenen feinen Partikel. Er verfügt auch über ein integriertes Geolokalisierungssystem, wobei die Standort- und Messdaten in Echtzeit per 3G übertragen werden. Diese technischen Merkmale ermöglichen dem AtmoTrack, die Entwicklung der Luftqualität während einer Fahrt zu verfolgen.

Der AtmoTrack nimmt jede Sekunde eine Messung vor. Die Daten werden über 10-Sekunden gemittelt.

Partikel ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  und  $PM_{10}$ ) werden mit einem optischen Partikelzähler gemessen. Während der Fahrt und bei Geschwindigkeiten unter 80 km/h hat die Fahrtrichtung keinen Einfluss auf den in den Sensor eintretenden Luftstrom, da der Einlass 360° beträgt.

### Vorteile des AtmoTracks:

- Mikrosensor für mobile Messungen entwickelt,
- Ausrüstung, die für die extremen Bedingungen des Einsatzes ausgelegt ist: meteorologische, bahntechnische Umstände, usw.,
- Geringer Platzbedarf (Größe, Gewicht),
- Genauigkeit der Partikelmessungen.

**Information:** Die gemessenen Parameter sind Feinstaub  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  und  $PM_{10}$ , die aus verschiedenen Quellen stammen: Straßenverkehr, Industrietätigkeiten, Landwirtschaft, Wohnraumheizung oder Bodenerosion, Biomassebrände. Aufgrund ihrer geringen Größe können sie tief in die Atemwege eindringen, und ihre Auswirkungen sind kurz- und langfristig vorhanden und reichen je nach Dauer der Exposition von Entzündungen der Atemwege bis zum Auftreten von Atemwegserkrankungen.





## Organisation sur les tramways

Les rames de tramways ne sont pas destinées à circuler sur une ligne dédiée (en dehors de ceux de la ligne D), et les rames circulent dans les deux sens.

Afin d'obtenir des mesures tous les jours sur la période complète de roulage des tramways (de 4h30 à 0h30 du lundi au samedi et de 5h30 à 0h30 les dimanches et jours fériés), 5 rames de tramways ont dû être équipées chacune d'un microcapteur AtmoTrack.

Ce dispositif a permis d'assurer des mesures tous les jours sur la ligne D, et sur une autre ligne aléatoire (A ou D) pouvant changer d'un jour à l'autre.

Le choix des rames a été réalisé en collaboration avec la CTS afin d'équiper, si possible, des rames sortant de maintenance et n'ayant pas besoin de retourner en maintenance pendant la période de mesures (ou au minimum).

Nous remercions la CTS pour sa disponibilité et pour le soutien dans la mise en œuvre de cette opération.

## Mesure parallèle sur station de référence

Deux microcapteurs AtmoTrack ont également été installés sur des stations de mesure fixes d'ATMO Grand Est (station Srasbourg Est) et de la LUBW (station Kehl) afin de comparer les données avec celles des équipements de mesure de référence.

Ce dispositif complémentaire a permis d'évaluer les corrélations et la justesse des mesures de l'AtmoTrack dans les conditions atmosphériques spécifiques à la période de l'opération (météorologie, niveaux de pollution de l'air, ...).

## Die Messkampagne

Die Straßenbahnen sind für den Betrieb auf mehreren Linien vorgesehen (mit Ausnahme der Linie D), und die Straßenbahnen fahren in beide Richtungen.

Um während der gesamten Fahrzeit der Straßenbahnen (Montag bis Samstag von 4.30 Uhr bis 0.30 Uhr und an Sonn- und Feiertagen von 5.30 Uhr bis 0.30 Uhr) täglich Messungen zu erhalten, wurden 5 Straßenbahnen mit einem AtmoTrack-Mikrosensor ausgestattet.

Mit dieser Installation war es möglich, jeden Tag Messungen auf der Linie D und auf einer anderen zufälligen Linie (A oder D) durchzuführen.

Die Auswahl der Bahnen wurde in Zusammenarbeit mit dem CTS getroffen. Es wurden Bahnen ausgewählt, für die keine oder nur eine minimale Instandhaltung während der Aktion erforderlich war.

Wir danken der CTS an dieser Stelle herzlich für ihre Bereitschaft unser Projekt zu unterstützen.

## Parallele Messung auf einer Referenzstation

Zwei AtmoTrack-Mikrosensoren wurden auch an Messstationen von ATMO Grand Est (Station Strasbourg Est) und LUBW (Station Kehl) installiert, um die gewonnenen Daten mit den Daten der Referenzmessgeräten zu vergleichen.

Diese zusätzliche Installation ermöglichte es, die Korrelationen und die Genauigkeit der AtmoTrack-Messungen unter den atmosphärischen Bedingungen, die für die Dauer des Betriebs auftragen (Meteorologie, Luftverschmutzung, ...) zu bestimmen.



Photo : Les intervenants d'ATMO Grand Est et de la CTS fixent et connectent l'AtmoTrack à la rame de tramway  
Bild: Mitarbeiter von ATMO Grand Est und CTS bauen den AtmoTrack auf die Straßenbahn.

## Positionnement des AtmoTracks sur les rames

A Strasbourg, trois générations de tramways circulent sur les différentes lignes. Les trois générations ont des agencements différents pouvant modifier le choix de l'emplacement du microcapteur d'un tramway à l'autre.

Les rames de la ligne D sont les plus récentes et ne circulent que sur cette ligne car elles sont adaptées à la réglementation allemande pour pouvoir circuler à Kehl.

Néanmoins, au vu du nombre de rames, certaines sont amenées à circuler sur la ligne A.

Préalablement à l'opération, une phase d'essai a été organisée en collaboration avec la CTS afin de déterminer l'emplacement idéal du microcapteur sur la rame, valider le schéma d'alimentation de l'AtmoTrack mais également pour s'assurer de la cohérence des données mesurées.



Trois emplacements sur la rame ont été identifiés et testés, pour lesquels des adaptations (mécaniques, électriques) ont été nécessaires. C'est la position 01 qui a été retenue pour l'opération.

## Lage der AtmoTracks auf den Zügen

In Straßburg verkehren auf den verschiedenen Linien drei Generationen von Straßenbahnen. Die drei Generationen haben unterschiedliche Layouts, die die Einbringung des Mikrosensors auf der Straßenbahn bestimmen.

Die Straßenbahnen der Linie D sind die neuesten und verkehren nur auf dieser Linie, weil sie an die deutschen Vorschriften angepasst sind, um in Kehl fahren zu können.

Angeichts der Anzahl werden einige der Züge auch auf der Linie A eingesetzt.

Vor dem Betrieb wurde in Zusammenarbeit mit dem CTS eine Testphase organisiert, um die ideale Position des Mikrosensors auf den Straßenbahnen zu bestimmen, das Stromversorgungsdiagramm des AtmoTrack zu validieren, und um die Plausibilität der gemessenen Daten sicherzustellen.

Es wurden drei Bereiche auf dem Dach der Bahn identifiziert und getestet, für die Anpassungen (mechanisch, elektrisch) erforderlich waren. Für die Messkampagne wurde die Position 01 gewählt.





## Niveaux de particules observés

Les concentrations moyennes journalières en particules fines  $PM_{10}$  relevées sur l'agglomération strasbourgeoise entre le 1<sup>er</sup> mars et le 10 avril (période de l'opération tramway) ont été très variables, fluctuant entre 10 et 20  $\mu g/m^3$  sur les 18 premiers jours puis enregistrant une augmentation importante des concentrations avec un pic de pollution observé le 24 mars 2019.

Le seuil d'information et de recommandations de 50  $\mu g/m^3$  a alors été dépassé sur les stations influencées par le trafic routier (Strasbourg Clemenceau, Strasbourg A35) mais également sur les stations de fond urbain, distantes des sources d'émission (Strasbourg Robertsau, Strasbourg Neudorf).

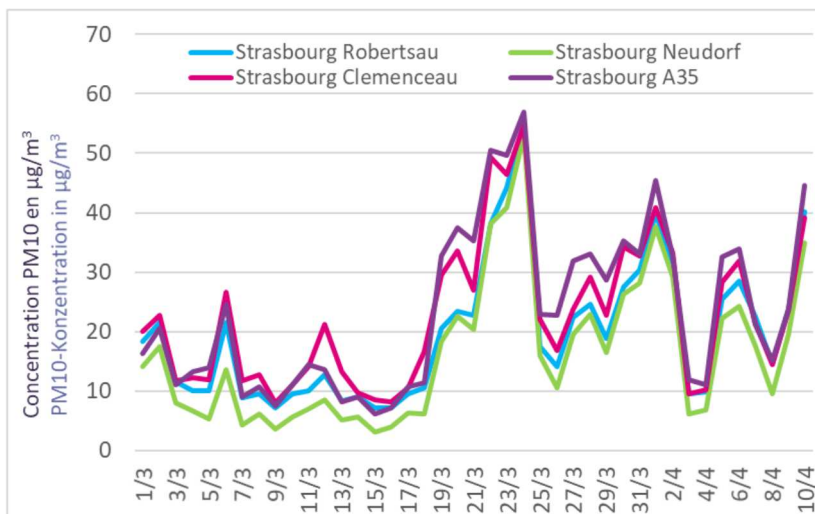
Cet épisode de pollution a touché plus largement la région Grand Est et a été anticipé sur certains départements avec déclenchement d'une procédure d'information et de recommandations sur les départements du Haut-Rhin, de la Meuse, Meurthe-et-Moselle et la Moselle.

## Gemessene Feinstaubbelastung

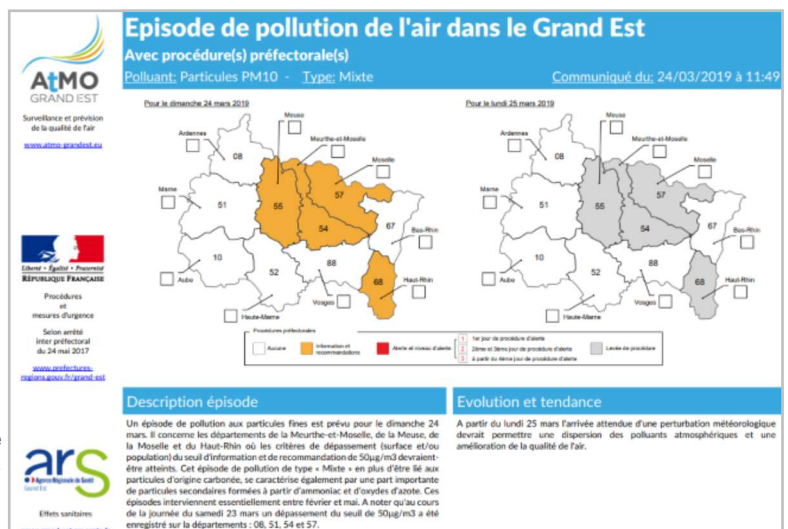
Die zwischen dem 1. März und dem 10. April 2019 (Zeitraum des Straßenbahnbetriebs) im Großraum Straßburg täglich gemessenen  $PM_{10}$ -Partikelkonzentrationen schwankten in den ersten 18 Tagen zwischen 10 und 20  $\mu g/m^3$ . Anschließend wurde ein signifikanter Anstieg der Konzentration mit der am 24. März 2019 höchsten Belastung beobachtet.

Die Informations- und Empfehlungsschwelle von 50  $\mu g/m^3$  wurde dabei an Stationen überschritten, die vom Straßenverkehr beeinflusst sind (Straßburg Clemenceau, Straßburg A35), aber auch an städtischen Hintergrundstationen, die von Emissionsquellen entfernt liegen (Straßburg Robertsau, Straßburg Neudorf).

Diese Episode mit hoher Belastung betraf die Region Grand Est in größerem Umfang und hatte die Einleitung eines Informations- und Empfehlungsverfahrens für die Départements Haut-Rhin, Meuse, Meurthe-et-Moselle und Moselle in Erwartung hoher Schadstoffwerte zur Folge.



Evolution des concentrations moyennes journalières de  $PM_{10}$  dans l'agglomération de Strasbourg du 1<sup>er</sup> mars au 10 avril 2019 / Verlauf der täglichen  $PM_{10}$ -Partikelkonzentrationen im Ballungsraum Straßburg zwischen 1. März und 10. April 2019



Communiqué de presse du 24 mars 2019 lors de l'épisode de pollution aux particules fines / Pressemitteilung des 24. März 2019 während der Feinstaub-Belastungsepisode

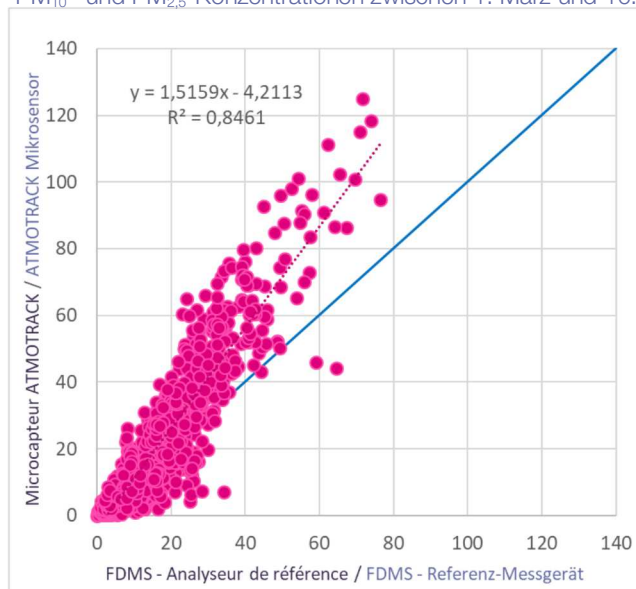


## Corrélation avec le réseau de mesure de référence

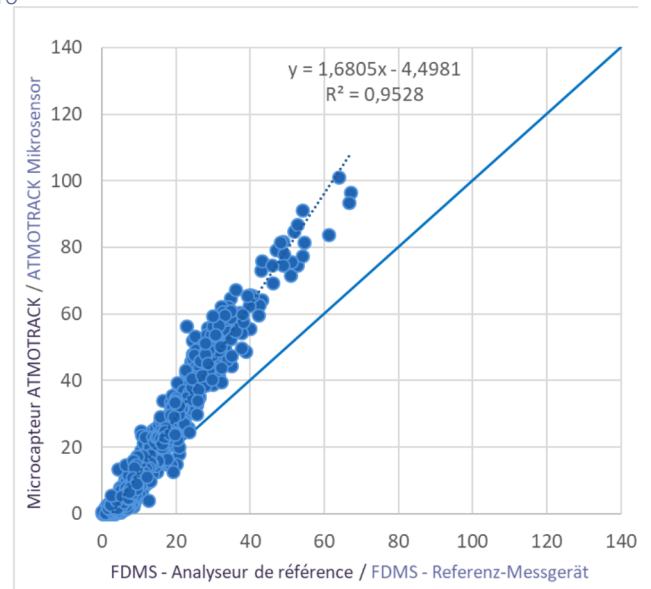
Les mesures comparatives réalisées sur stations fixes durant l'opération tramway ont montré de bonnes corrélations entre les mesures de particules AtmoTrack et les équipements de référence (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>).

Les mesures des Atmotracks sur les trams ont également été comparées aux données modélisées chaque jour sur cette période pour la veille (qui sont corrigées sur l'agglomération par un facteur déterminé avec les mesures réelles du réseau, voir page 18). Les mesures des Atmotracks sont légèrement mieux corrélées avec les valeurs aux stations que les valeurs modélisées corrigées (voir graphique page 18), ce qui montre le potentiel des mesures Atmotracks pour améliorer les modélisations brutes.

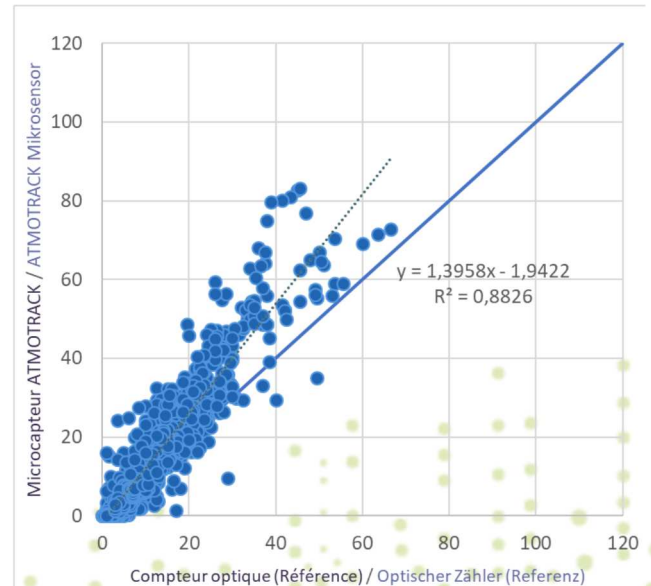
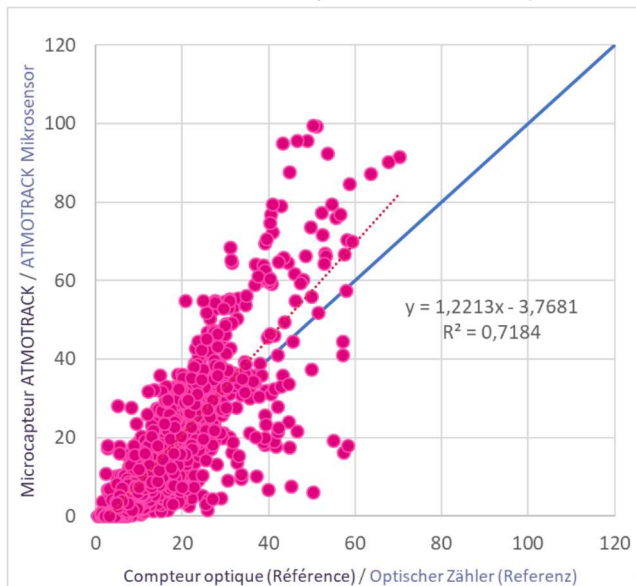
Concentrations horaires de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> mesurées par AtmoTrack et par analyseur de référence à Strasbourg Est et à Kehl Hafen du 1er mars au 10 avril 2019 / Mit AtmoTrack und an den Referenzstationen Strasbourg Est und Kehl gemessene stündliche PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen zwischen 1. März und 10. April 2019



Particules PM<sub>10</sub> / Feinstaub PM<sub>10</sub>



Particules PM<sub>2,5</sub> / Feinstaub PM<sub>2,5</sub>



# Résultats

Les cartes présentées dans la suite du document montrent l'évolution des moyennes journalières de concentrations relevées entre le 20 et le 26 mars par les AtmoTracks embarqués sur les rames de tramway, en comparaison des sorties des modèles de qualité de l'air utilisés à ATMO Grand Est\* (représentation des indices de qualité de l'air relatif aux particules fines PM<sub>10</sub> spatialisés sur l'agglomération strasbourgeoise).

Sur la période du 20 au 26 mars 2019, les données de mesure issues du réseau de capteurs AtmoTrack présentent une dynamique d'un jour à l'autre comparable à celle observée par les modèles de qualité de l'air d'ATMO Grand Est. Ce réseau de capteur mobile a bien évalué l'évolution des concentrations sur cette épisode de pollution avec détection du pic le 24 mars.

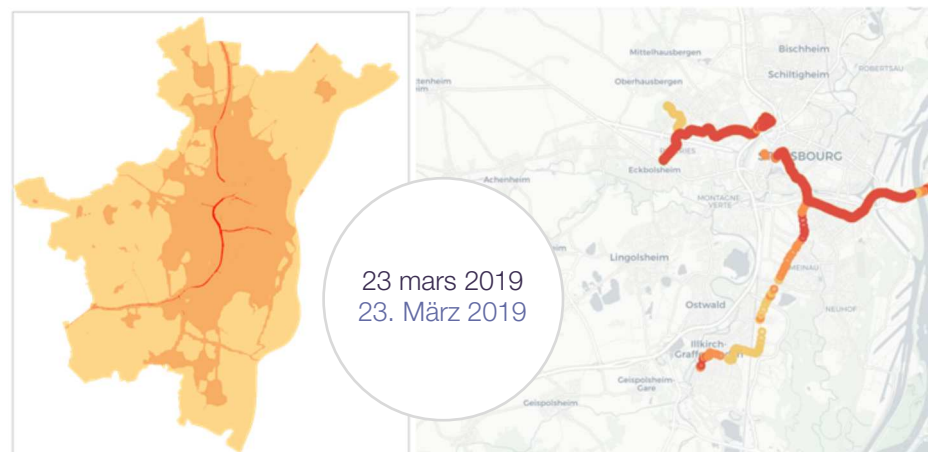
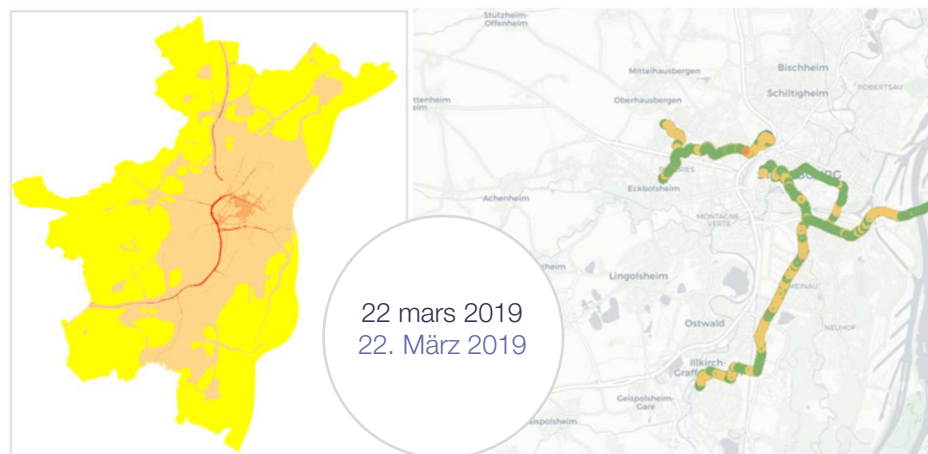
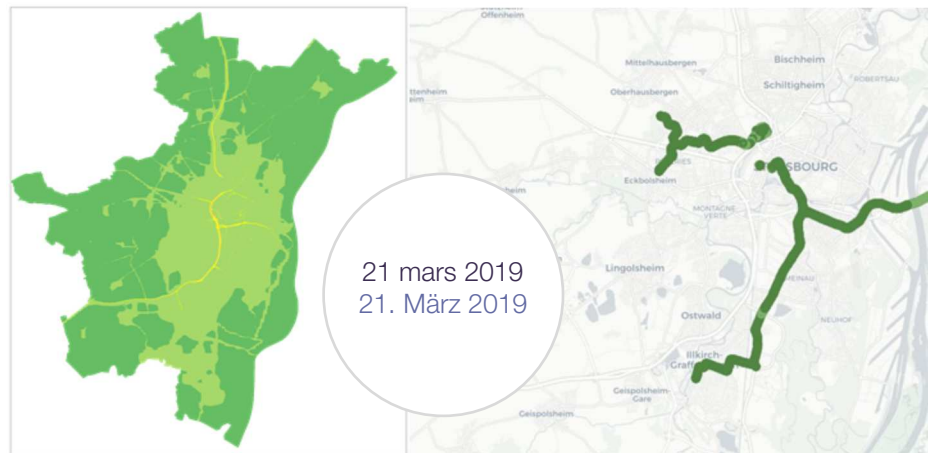
## Ergebnisse

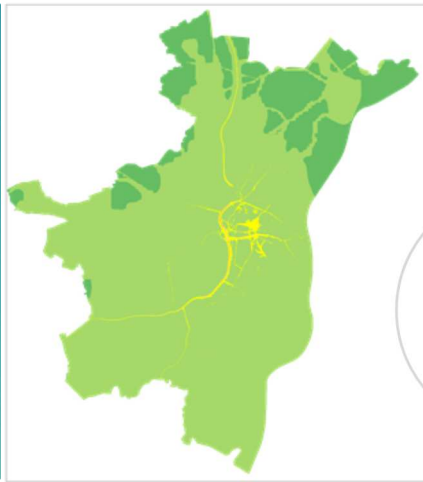
Die im Weiteren vorgestellten Karten zeigen die Entwicklung der täglichen Konzentrationswerte, die zwischen dem 20. und 26. März von den AtmoTracks an Bord der Straßenbahnzüge aufgezeichnet wurden, im Vergleich zu den Ergebnissen der im Rahmen von ATMO Grand Est\* verwendeten Modelle zur Vorhersage der Luftqualität (hier Darstellung der täglichen Luftqualitätsindizes in Bezug auf PM<sub>10</sub>-Partikel dargestellt über den Großraum Straßburg).

Über den Zeitraum vom 20. bis 26. März 2019 zeigen die Messdaten des AtmoTrack-Sensornetzes eine Veränderung von Tag zu Tag, die mit der von den Luftqualitätsmodellen von ATMO Grand Est beobachteten vergleichbar ist. Dieses mobile Sensornetz hat die Entwicklung der Konzentrationen während dieser Verschmutzungsepisode mit dem Hochwert am 24. März gut wiedergegeben.

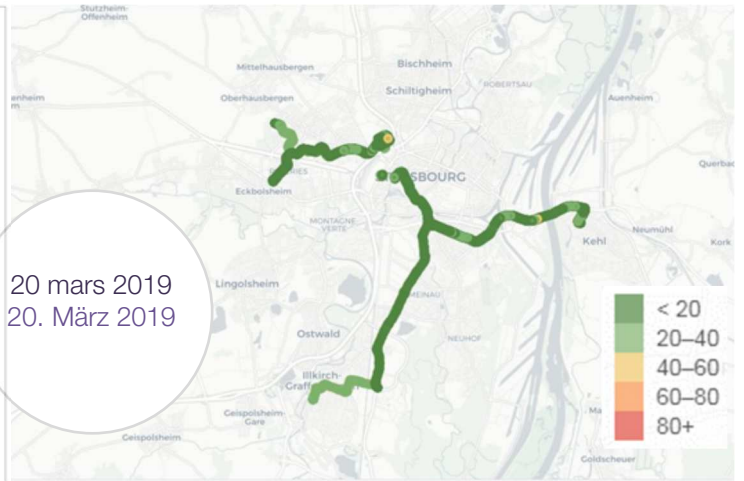
\* ATMO Grand Est utilise la plateforme de modélisation Prévision'air (modèle ADMS Urban) qui permet de prévoir les concentrations de différents polluants pour une agglomération toute entière. Ainsi, il est possible de déterminer de manière fine l'exposition des populations dans les zones les plus densément peuplées.

\* ATMO Grand Est verwendet die Modellierungsplattform Prévision'air (ADMS Urban model), die es ermöglicht, die Konzentrationen verschiedener Schadstoffe für eine ganze Agglomeration vorherzusagen. Dadurch ist es möglich, die Exposition der Bevölkerung in den am dichtesten besiedelten Gebieten zu bestimmen.





20 mars 2019  
20. März 2019

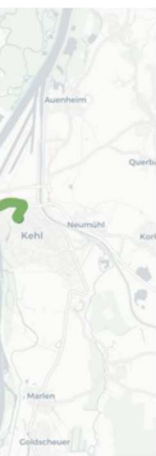
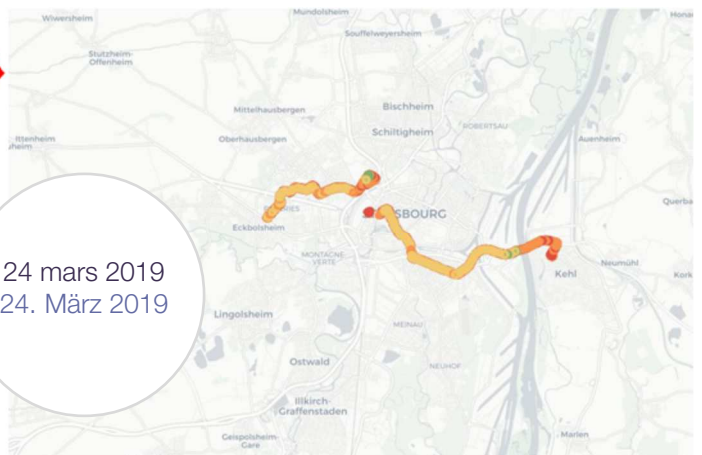


Modélisation / Modellierung

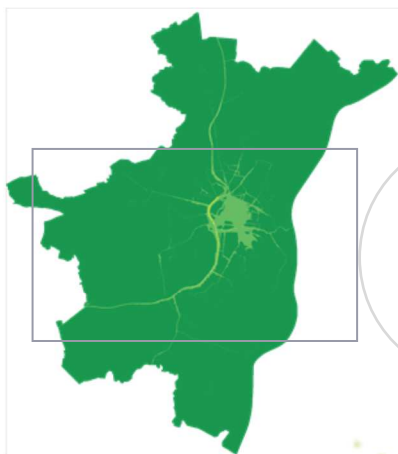
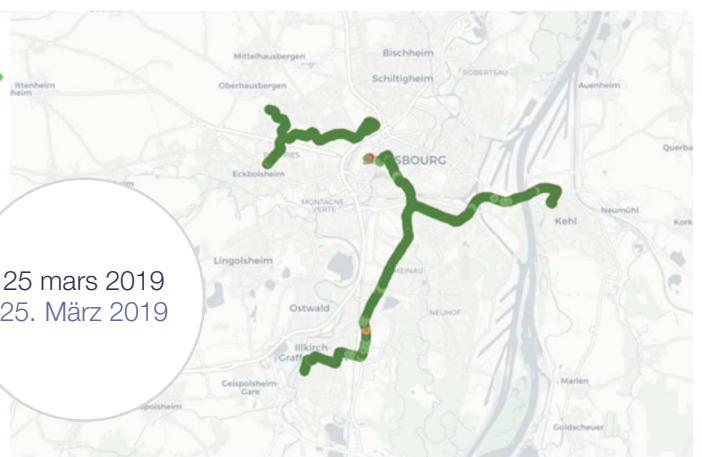
Mesures sur tram / Messungen auf den Trams



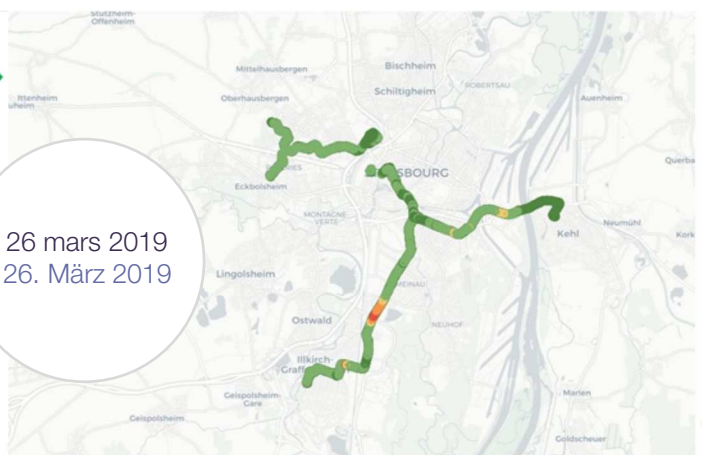
24 mars 2019  
24. März 2019



25 mars 2019  
25. März 2019



26 mars 2019  
26. März 2019





## Opération à Bâle

En coopération avec le Basler Verkehrs-Betriebe (BVB), le Bureau d'hygiène de l'air des deux Bâle (LHA) a équipé cinq tramways du même type de microcapteurs qu'à Strasbourg. Parallèlement aux mesures du tram, le LHA a équipé deux stations de mesure permanentes à Bâle de microcapteurs pour les mesures de référence.

La campagne de mesures à Bâle a débuté fin 2019 et s'est terminée en mars 2020, car la pollution par les poussières fines est généralement plus élevée en hiver qu'en été.

Le but de ce projet était de surveiller la qualité de l'air pendant les trajets en tramway pour voir si les mesures peuvent affiner et étendre les analyses actuelles de l'air de la ville de Bâle. En même temps, l'utilisation de microcapteurs pour les mesures mobiles pourrait être testée et les avantages et inconvénients de la nouvelle technologie de mesure pourraient être déterminés.

Dès le début, le projet a suscité un grand intérêt médiatique à Bâle et démontre le besoin de la population d'en savoir plus sur la qualité de l'air locale.

## Aktion in Basel

In Zusammenarbeit mit den Basler Verkehrs-Betrieben (BVB) wurden durch das Lufthygieneamt beider Basel (LHA) fünf Tramzüge mit dem gleichen Mikrosensoren-Typ ausgerüstet, wie in Straßburg. Parallel zu den Trammessungen bestückte das LHA zwei permanente Messstationen in Basel mit Mikrosensoren für Referenzmessungen.

Die Messkampagne in Basel startete Ende 2019 und endete im März 2020, da in der Winterzeit die Feinstaubbelastung in der Regel höher ist als in den Sommermonaten.

Ziel dieses Projektes war die Beobachtung der Luftqualität während den Tramfahrten um zu prüfen, ob die Messungen aktuelle Luftanalysen der Stadt Basel verfeinern und erweitern können. Gleichzeitig konnte der Einsatz von Mikrosensoren für mobile Messungen getestet und Vor- und Nachteile der neuen Messtechnik konnten ermittelt werden.

Das Projekt stiess bereits zu Beginn auf reges mediales Interesse in Basel und zeigt das Bedürfnis der Bevölkerung, mehr über die Luftqualität vor Ort zu erfahren.

Tram Flexity à Bâle, source Basler Verkehrsbetriebe / Flexity –Tram in Basel Quelle : Basler Verkehrsbetriebe



## Messkonzept in Basel

Les lignes du réseau des BVB ne couvrent pas seulement la ville de Bâle et certaines zones de la région de Bâle-Campagne. Elles traversent également les frontières vers la France et l'Allemagne avec des lignes de tramway, reliant les communes frontalières de St. Louis (F) et de Weil am Rhein (D) au réseau de Bâle.

Le tramway de type "Flexity" du BVB a été choisi pour l'installation des capteurs car ce type de tramway traverse les frontières vers St. Louis et Weil am Rhein.

Cela a permis d'effectuer des mesures transfrontalières de qualité de l'air dans la région de Bâle.



Les capteurs ont été fixés à une boîte à bornes sur le toit des trams Flexity dans la zone arrière.

Nous profitons de cette occasion pour remercier le BVB pour sa volonté de soutenir activement cette action.

## Messkonzept in Basel

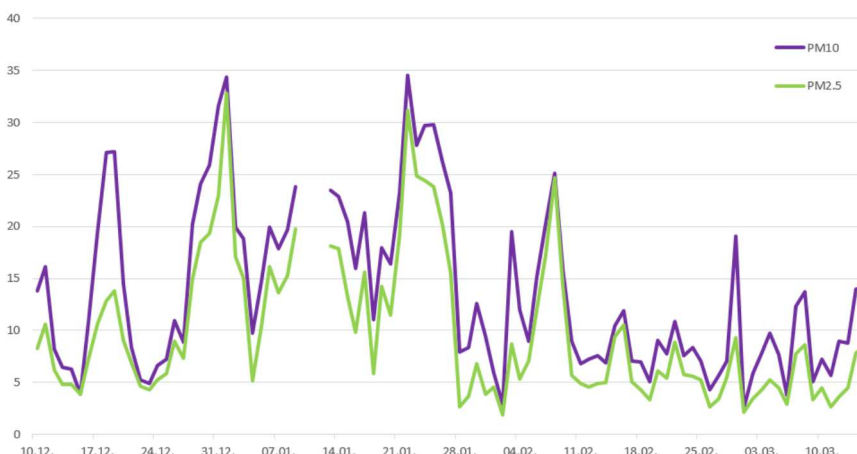
Das Liniennetz der BVB erstreckt sich nicht nur auf die Stadt Basel und Teilen von Basel-Land, sondern fährt jeweils mit einer Tramlinie über die Grenzen von Frankreich und Deutschland und verbindet somit die angrenzenden Gemeinden St. Louis (F) und Weil am Rhein (D) mit dem Basler Liniennetz.

Der Tramtyp „Flexity“ der BVB wurde für den Einbau der Sensoren ausgewählt, weil dieser Tramtyp mehrheitlich über die Grenzen nach St. Louis und Weil am Rhein fährt.

Somit wurden grenzüberschreitende Luftmessungen in der Region Basel ermöglicht.

Die Sensoren wurden auf dem Dach der Flexity-Trams im hinteren Bereich an einem Klemmkasten befestigt.

Wir danken den BVB an dieser Stelle herzlich für ihre Bereitschaft unser Projekt tatkräftig zu unterstützen.



Evolution des concentrations moyennes journalières de  $PM_{10}$  et  $PM_{2.5}$  à la station Bale St. Johann du 10 décembre 2019 au 15 mars 2020 / Verlauf der täglichen Partikelkonzentrationen  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  an der Station Basel St. Johann zwischen dem 10. Dezember 2019 und 15. März 2020



## Résultats à Bâle

Les niveaux de particules ont changé régulièrement à grande échelle pendant la période de mesure, ce qui montre, outre l'influence des sources d'émission (par exemple, le trafic, le chauffage), la forte influence des conditions météorologiques (par exemple, les inversions thermiques hivernales).

Les cartes produites montrent la grande variabilité temporelle et spatiale des niveaux de particules fines, ainsi que les différentes concentrations de particules le long des cinq lignes de tramway parcourues.

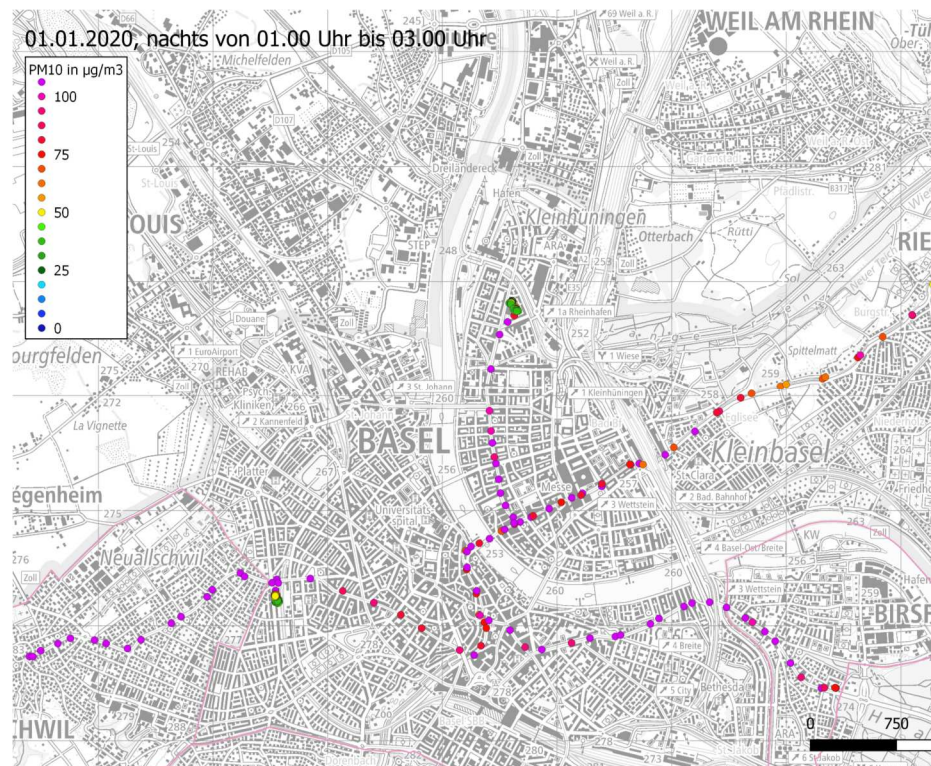
L'exploitation des données des cinq capteurs équipant les tramways a été effectuée au moyen du logiciel QGIS 3.10, qui permet de visualiser graphiquement des aperçus journaliers ainsi que des heures individuelles.

## Resultate in Basel

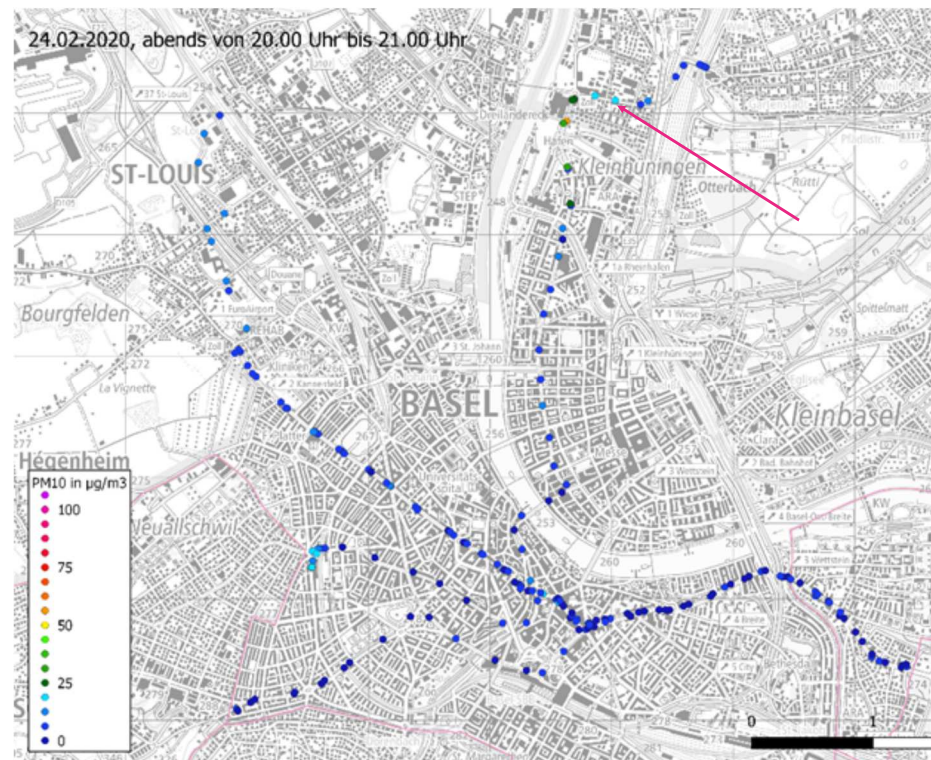
Die Belastung an Feinstaub veränderte sich während des Messzeitraumes regelmässig grossräumig, was nebst den Emissionsquellen (z.B. Verkehr, Heizungen) den starken Einfluss der Wetterverhältnisse (z.B. winterliche Inversionslagen) aufzeigt.

Die erstellten Karten zeigen grosse zeitliche und räumliche Variabilität der Feinstaubwerte, sowie die unterschiedlichen Feinstaubkonzentrationen entlang der fünf befahrenen Tramlinien.

Die Datenauswertung der fünf Tramsensoren geschah mittels QGIS 3.10, mit welchem ganze Tagesübersichten sowie einzelne Stunden grafisch dargestellt werden können.



Les valeurs les plus élevées de  $PM_{10}$  ont été mesurées à la veille du Nouvel An. Les fines particules de poussière ont connu alors de fortes concentrations car elles n'étaient ni lavées ni diluées ou emportées par le vent. / Höchsten gemessenen  $PM_{10}$ -Werte in der Silvesternacht. Die Feinstaubpartikel bleiben in der Silvesternacht in hoher Konzentration in der Luft, da sie weder ausgewaschen noch durch den Wind verdünnt und weggetragen werden.

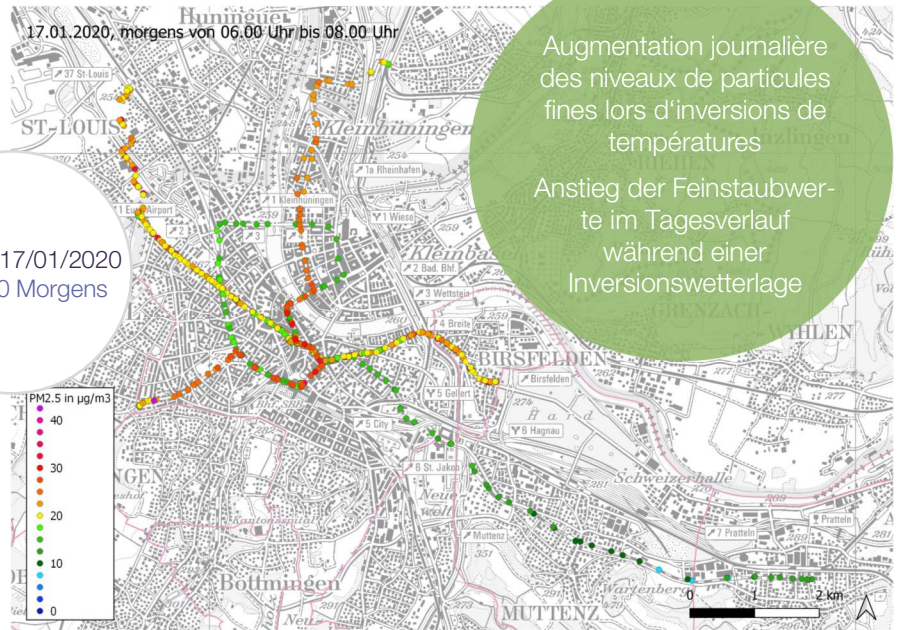


La plupart des jours durant l'expérience, la pollution aux particules fines  $PM_{10}$  et  $PM_{2.5}$  était à un niveau très faible. Cependant, pendant la période de mesure, deux points chauds ont été remarqués, qui sont devenus visibles de manière récurrente : les deux postes frontières de Weil am Rhein et de St. Louis. Au cour du soir montré sur la carte ci-dessus, le poste frontière de Weil am Rhein est particulièrement remarquable, ce qui pourrait être dû à un embouteillage. / An den meisten Tagen während der Messreihe lagen die Feinstaubbelastungen von  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  auf einem sehr tiefen Niveau. Während der Messperiode fallen jedoch zwei Hotspots auf, die immer einmal wieder sichtbar wurden: Die beiden Grenzübergänge nach Weil am Rhein und St. Louis. An diesem Abend ist besonders derjenige nach Weil am Rhein auffällig. Dies könnte auf einen Verkehrsstau zurückzuführen sein.

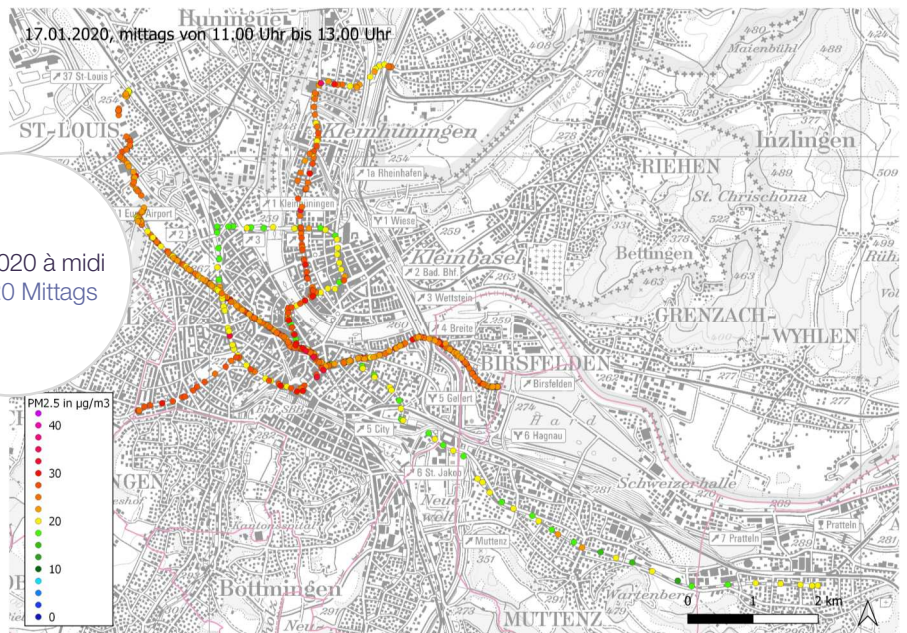




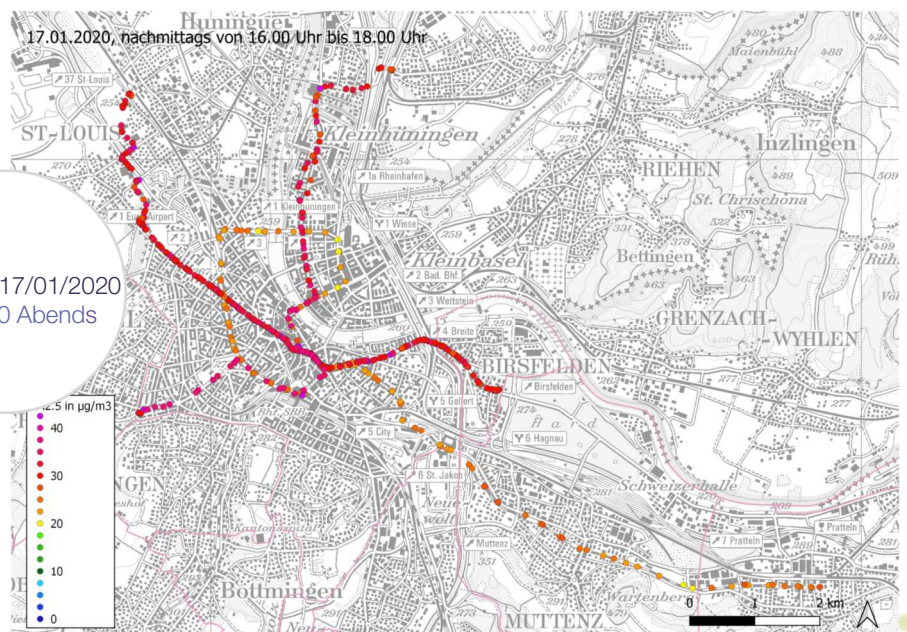
Matin du 17/01/2020  
17.01.20 Mornings



17/01/2020 à midi  
17.01.20 Mittags



Soirée du 17/01/2020  
17.01.20 Abends





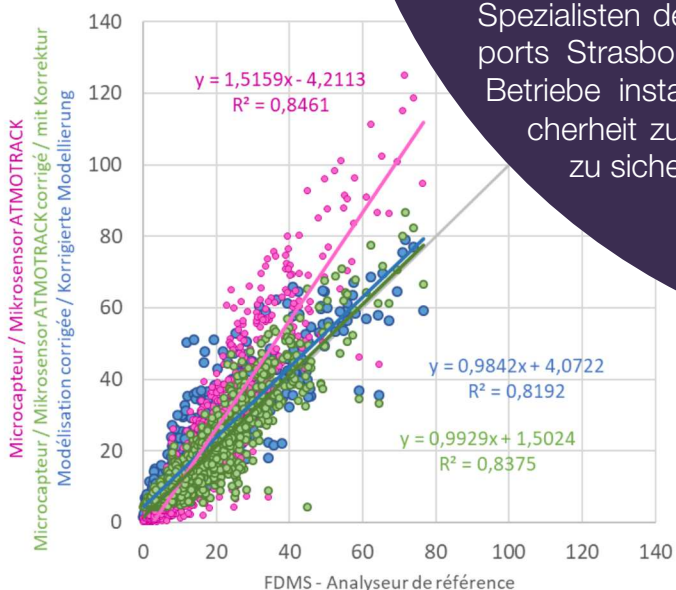
## AVANTAGES VORTEILE

Il y a un intérêt de disposer de ces données en mobilité et en temps réel : elles peuvent compléter dans l'espace les données des stations fixes, et elles peuvent compléter dans le temps les informations des cartes journalières et horaires de modélisation.

Es besteht Interesse, diese mobil erfassten Daten in Echtzeit verfügbar zu haben : Sie können die Daten von dauerhaft betriebenen Messstationen räumlich ergänzen. Diese Daten können auch die Informationen in den modellierten Karten (tägliche und stündliche Darstellung) ergänzen.

## MESURER SUR DES TRAMS MESSUNGEN AUF STRASSENBAHNEN

- L'expérience a permis d'identifier puis surmonter tous les défis techniques à surmonter pour effectuer une mesure sur une rame de tramway : fixation, alimentation électrique, résistance aux intempéries et au lavage, influence de la rame elle-même sur les concentrations en particules fine. ☺
- Le dispositif a été étudié en lien étroit entre les spécialistes d'ATMO Grand Est et de la Compagnie des Transports Strasbourgeois et du LHA et de la Basler Verkehrs-Betriebe. Cela a également nécessité un travail sur la façon de garantir la sécurité et d'assurer le dispositif contre tout dommage. ☺
- Das Experiment meisterte alle technischen Herausforderungen, die für die Durchführung einer Messung an einer Straßenbahn erforderlich waren: Befestigung, Stromversorgung, Witterungs- und Waschbeständigkeit, Einfluss des Zuges selbst auf die Konzentrationen von Feinstaub. ☺
- Das System wurde daher in enger Zusammenarbeit zwischen Spezialisten der ATMO Grand Est und der Compagnie des Transports Strasbourgeois bzw. des LHA und der Basler Verkehrs-Betriebe installiert. Dies erforderte auch Arbeiten, um die Sicherheit zu gewährleisten und das System gegen Schäden zu sichern. ☺



Corrélation horaire entre les données PM<sub>10</sub> de l'AtmoTrack et du FDMS et entre la modélisation et le FDMS. Station Strasbourg Est, unité : µg/m<sup>3</sup>. / Korrelation der Feinstaub PM<sub>10</sub>-Daten (stündliche Werte) zwischen dem AtmoTrack und dem FDMS sowie zwischen der Modellierung und dem FDMS. Station Strasbourg Est, Einheit: µg/m<sup>3</sup>.

# APPORTS D'ATMO-VISION CONCERNANT LES MESURES PAR MICROCAPTEURS SUR DES TRAMWAYS

## BEITRÄGE VON ATMO-VISION ZU DEN KENNTNISSEN ÜBER MESSUNGEN MIT MIKROSENSOREN AUF STRASSENBAHNEN

### ATMOTRACKS ET MODÉLISATION ATMOTRACKS UND MODELLIERUNG

- Les données des Atmotracks ont été comparées aux données modélisées à haute résolution. Il s'avère que, après application d'un facteur correctif, les mesures des capteurs sur le terrain peuvent être de légèrement meilleure qualité que les données modélisées à haute résolution, même lorsque celles-ci ont été corrigées en moyenne sur l'agglomération avec les mesures réelles.
- Les modélisations conservent quant à elles l'avantage de produire des cartographies à haute résolution sur l'ensemble d'une zone géographique, là où les capteurs apportent une information ponctuelle.
- Die Atmotrack-Daten wurden mit den hochauflösenden modellierten Daten verglichen. Es wurde festgestellt, dass nach Anwendung eines Korrekturfaktors mobile Sensordaten teilweise eine bessere Qualität haben als die hochauflösenden modellierten Daten - selbst wenn diese Daten mit einem Korrekturfaktor ermittelt aus den Messungen an den Messstationen über die Agglomeration korrigiert werden.

### APPLICATIONS POSSIBLES MÖGLICHE ANWENDUNGEN

- Des cartographies issues de modélisation pourraient intégrer les mesures par Atmotracks sur les tramways et être ainsi améliorées avec des valeurs plus proches des mesures.
- Les données mesurées ou issues de combinaisons entre mesures et modélisation pourraient donner lieu à des affichages auprès du grand public dans un objectif de sensibilisation.
- Die aus der Modellierung resultierenden Karten könnten die Atmotrack-Messungen an Straßenbahnen integrieren und so mit Messwerten verbessert werden.
- Gemessene Daten oder Daten aus Kombination von Messung und Modellierung könnten der breiten Öffentlichkeit zur Bewusstseinsbildung angezeigt werden.
- Die Modellierung hingegen behält den Vorteil, hochauflösende Karten über ein ganzes geographisches Gebiet zu erstellen, für das die Sensoren nur punktuelle Informationen liefern.