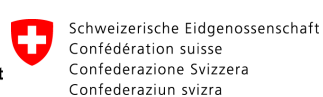


# Origine géographique, sectorielle et énergétique de la pollution de l'air dans le Rhin supérieur

## Geographische, sektorielle und energetische Herkunft der Luftbelastung im Oberrheingebiet

# ATMOVISION

INTERREG V RHIN SUPÉRIEUR - OBERRHEIN



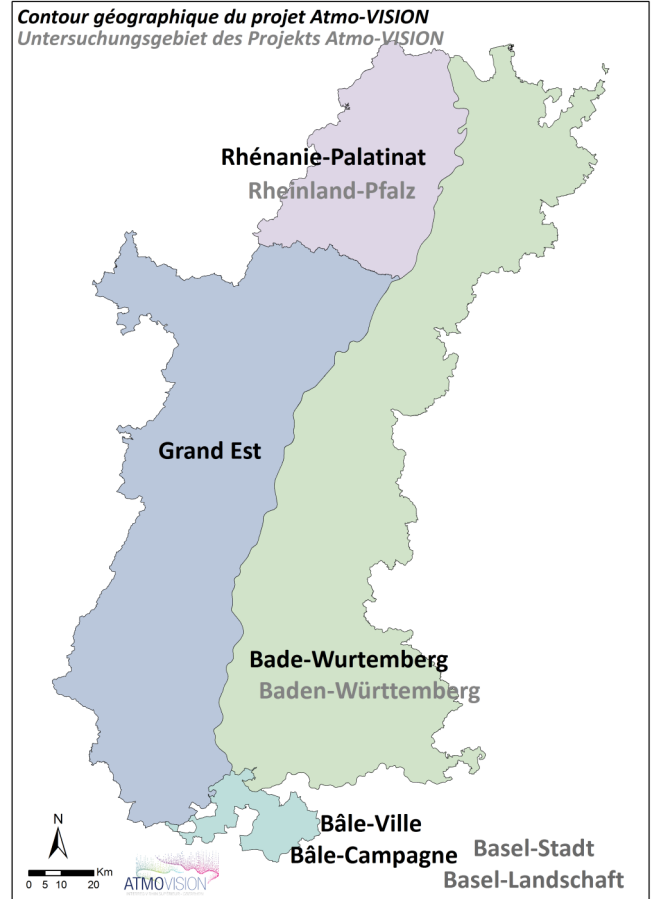
## La zone d'étude d'Atmo-VISION / Das Gebiet Atmo-VISION

La zone d'étude Atmo-VISION comprend l'espace trinational du Rhin supérieur, et se limite 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-508  
 Indice 1, 31/01/2021

Edition / Herausgeber  
 ATMO Grand Est, 5 rue de Madrid, 67300 Schiltigheim

Rédaction / Bearbeitung  
 ATMO Grand Est, LUBW et les partenaires d'Atmo-VISION

Mise en page / Layout  
 ATMO Grand Est

Impression / Druck  
 OBR

Crédits photos / Bildnachweis  
 ATMO Grand Est, LUBW, couverture photo Maria Krasnova (Unsplash QV5R6dJVp9g)

## 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 Eurodistrict 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.

Dans 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 géographique, sectorielle 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 CE MODÈLE DE SOURCE APPORTIONMENT POUR LE RHIN SUPÉRIEUR ?

Souvent les état des lieux et les plans actions de qualité de l'air se basent sur les émissions, faute de disposer d'une attribution des sources en termes de concentrations, qui nécessiterait une importante expertise technique de l'ensemble de la chaîne émissions et modélisation, ainsi que de coûteux moyens informatiques. Or les conclusions à tirer ne sont pas les mêmes (impact de sources issues d'une autre zone géographique, ou impact de sources primaires sur des composés secondaires). Le projet a permis de réaliser ce travail d'ampleur d'identification des sources et de mettre en place les outils et l'expertise.

Si l'on prenait un volume d'air quelque part dans le Rhin supérieur, d'où proviendraient les polluants qu'il contient ? Voici la question à laquelle le source apportement permet d'apporter des éléments de réponse.

En raison des phénomènes physico-chimiques et des transports en jeu dans l'atmosphère, la contribution d'une source en terme de concentration est différente de sa contribution en termes d'émissions.

Que ce soit par la mesure ou via des outils de modélisation, le source apportement permet d'établir un lien entre les sources d'émissions de polluant, et leur niveau de concentration dans l'air en un endroit donné.

Connaître l'origine sectorielle ou géographique de la pollution est essentiel pour cibler correctement les leviers et permettre à un plan d'actions visant une amélioration de la qualité de l'air d'être efficace.

## WARUM DIESES MODELL FÜR URSACHENANALYSEN FÜR DEN OBERRHEIN?

Die Analyse der Luftqualität und die Aktionspläne werden meistens anhand der Emissionen bewertet, da eine Quellenzuordnung für die Konzentrationen häufig fehlt. Die Quellenzuordnung setzt erhebliche Fachkenntnisse in der gesamten Kette von Emissionen und Modellierung sowie hohe IT-Ressourcen voraus. Die Schlussfolgerungen aus diesen beiden Vorgehensweisen sind jedoch nicht dieselben (Einfluss von Quellen aus einem anderen geographischen Gebiet oder Einfluss von Primärquellen auf Sekundärverbindungen). Das Projekt ermöglichte es, diese umfangreichen Arbeiten der Quellenzuordnung durchzuführen und die Werkzeuge und das Know-how aufzubauen.

Wenn irgendwo am Oberrhein eine Luftmenge betrachtet wird, woher kommen die festgestellten Schadstoffe? Dies ist die Frage, die von der Quellenzuordnung beantwortet wird. Aufgrund der physikalisch-chemischen Prozesse und der Transportvorgänge, die in der Atmosphäre stattfinden, unterscheiden sich die Beiträge einer Quelle bei der Quellenzuordnung im Gegensatz zu einer Analyse nur mit den Emissionen.

Ob durch Messungen oder durch Modellierungsinstrumente, die Quellenzuordnung ermöglicht es, eine Verbindung zwischen den Quellen von Schadstoffemissionen und dem Konzentrationsniveau in der Luft an einem bestimmten Ort herzustellen. Die Kenntnis der geographischen oder sektoriellen Herkunft von Schadstoffen, ist von wesentlicher Bedeutung, um Maßnahmen richtig anzuvisieren und die Wirksamkeit eines Aktionsplans zur Verbesserung der Luftqualität sicherzustellen.

## Le modèle CAMx : l'origine de la pollution

CAMx (Comprehensive Air Quality Model with Extensions) est un modèle de chimie-transport atmosphérique développé par RAMBOLL ENVIRON, permettant d'évaluer les niveaux de concentration en polluants de l'échelle locale jusqu'à l'échelle continentale avec une résolution kilométrique.

L'aspect innovant de CAMx réside dans ses capacités à évaluer la contribution relative de secteurs d'activité (industrie, résidentiel, transport etc.), sources d'énergie (essence, diesel, bois etc.) et/ou zones géographiques (communes, régions, pays etc.) aux concentrations de polluants, pour peu que les émissions de chaque source aient été fournies séparément en entrée du modèle.

Il s'agit de la méthode PSAT (Particulate Source Apportionment Technology) qui utilise des traceurs réactifs permettant de suivre les particules primaires, les précurseurs gazeux de particules secondaires et également les particules secondaires une fois formées tout au long des processus physico-chimique en jeu.

L'intérêt de cette méthode est d'avoir une conservation des concentrations entre les concentrations de la simulation de référence et la somme des contributions des secteurs étudiés. Elle permet également un gain important en termes de temps de calculs puisque les concentrations et les contributions sont évaluées en une seule simulation.

Selon le même principe, le source apportionment a également été appliqué au dioxyde d'azote et à l'ozone dans le cadre de ce projet.

## Das CAMx-Modell: Ursache der Luftbelastung

CAMx (Comprehensive Air Quality Model with Extensions) ist ein von RAMBOLL ENVIRON entwickeltes atmosphärisch-chemisches Transportmodell, mit dem Schadstoffkonzentrationen von der lokalen bis zur kontinentalen Skala mit Kilometrauflösung bewertet werden können.

Der innovative Aspekt von CAMx liegt in seiner Fähigkeit, den relativen Beitrag von Aktivitätssektoren (Industrie, Wohnen, Verkehr usw.), Energiequellen (Öl, Benzin, Holz usw.) oder geographischen Gebieten (Gemeinden, Regionen, Länder usw.) zur Schadstoffkonzentration zu bewerten, vorausgesetzt, dass die Emissionen von jeder Quelle separat als Input für das Modell bereitgestellt werden.

Dabei handelt es sich um die PSAT-Methode (Particulate Source Apportionment Technology), bei der reaktive Tracer verwendet werden, um Primärpartikel, gasförmige Vorläufer von Sekundärpartikeln und auch Sekundärpartikel, die sich während der beteiligten physikalisch-chemischen Prozesse einmal gebildet haben, zu verfolgen.

Der Vorteil dieser Methode besteht in der Massenerhaltung der Konzentrationen der Referenzsimulation und der Summe der Beiträge der untersuchten Sektoren. Sie ermöglicht auch einen erheblichen Zeitgewinn bei der Berechnung, da die Konzentrationen und Beiträge in einer einzigen Simulation ausgewertet werden.

Nach dem gleichen Prinzip wurde bei diesem Projekt die Quellenzuordnung auch auf Stickstoffdioxid und Ozon angewandt.

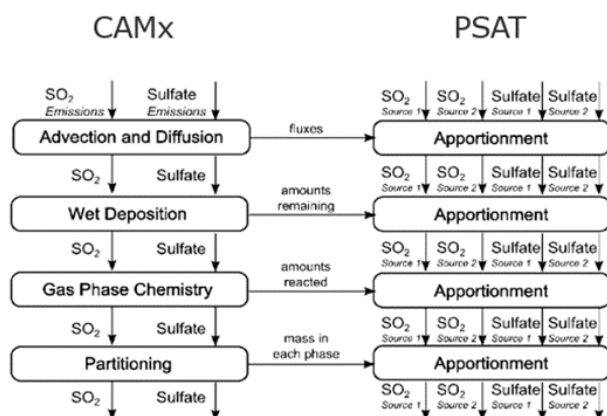


Illustration du suivi des espèces chimiques via le module PSAT de CAMx (source RAMBOLL) / Illustration der Überwachung chemischer Spezies über das CAMx PSAT-Modul (Quelle RAMBOLL)

## Interprétation des résultats

Sur une période et un territoire donnés, l'étude décompose la concentration moyenne d'un polluant en une somme de contributions, distinguées selon l'origine géographique, sectorielle et énergétique du polluant et de ses précurseurs.

Les résultats portent sur des concentrations de fond, c'est-à-dire relatives à une exposition moyenne à la pollution atmosphérique, à distance de l'influence directe de sources d'émissions.

Les travaux ont porté sur une sélection de 6 périodes de l'année 2018. Les résultats de 5 épisodes sont présentés ici. Les résultats sont des moyennes sur chaque période et ne sont donc pas représentatifs d'une situation annuelle.

Par ailleurs, il est important de garder à l'esprit que ces résultats sont issus d'outils de modélisation avec des incertitudes associées. Une prudence s'impose donc dans l'exploitation de ces premiers résultats de source apportionnement sur le Rhin Supérieur.

## Auswertung der Ergebnisse

Über einen bestimmten Zeitraum und ein bestimmtes Gebiet wird die durchschnittliche Konzentration eines Schadstoffs in eine Summe von Beiträgen aufgeschlüsselt, die nach der geografischen, sektoralen und energetischen Herkunft des Schadstoffs und seiner Vorläufer unterschieden werden.

Die Ergebnisse beziehen sich auf die Hintergrundkonzentrationen, d.h. die durchschnittliche Luftbelastung, abseits des direkten Einflusses von Emissionsquellen.

Die Arbeit konzentrierte sich auf eine Auswahl von 6 Zeiträumen im Jahr 2018. Die Ergebnisse von 5 Zeiträumen werden hier vorgestellt. Die Ergebnisse sind Durchschnittswerte über jeden Zeitraum und daher nicht repräsentativ für eine jährliche Situation.

Darüber hinaus ist es wichtig zu bedenken, dass diese Ergebnisse von Modellierungswerkzeugen mit entsprechenden Unsicherheiten abgeleitet sind. Dies ist bei der Verwendung dieser ersten Ergebnisse vom Oberrhein zu beachten.

### Les 5 périodes étudiées

Compte tenu des fortes ressources informatiques nécessaires pour réaliser les calculs de source apportionnement, 5 épisodes de pollution ont été investigués plutôt que l'ensemble de l'année 2018 :

- Période 1 : épisode de particules fines du 07/02/2018 au 09/02/2018, en lien avec des émissions locales liées à la combustion (chauffage, trafic) et des conditions météorologiques stables.
- Période 2 : épisode d'ozone du 24/07/2018 au 27/07/2018, en lien avec un fort rayonnement solaire agissant sur des composés primaires issus des activités humaines.
- Période 3 : épisode d'ozone du 02/08/2018 au 06/08/2018, en lien avec un fort rayonnement solaire agissant sur des composés primaires issus des activités humaines.
- Période 4 : épisode de particules fines du 18/10/2018 au 21/10/2018, en lien avec l'apparition de composés secondaires suite à des épandages agricoles entre autres.
- Période 5 : épisode de particules fines du 22/11/2018 au 23/11/2018, en lien avec des émissions locales liées à la combustion et des conditions météorologiques stables.

### Die 5 untersuchten Zeiträume

Aufgrund der hohen Computerressourcen, die für die Durchführung von Berechnungen der Quellenzuordnung erforderlich sind, wurden 5 Zeiträume mit erhöhter Belastung und nicht das gesamte Jahr 2018 untersucht:

- Zeitraum 1: Feinstaub-Episode von 07/02/2018 bis 09/02/2018, die mit lokalen verbrennungsbedingten Emissionen (Heizung, Verkehr) und stabilen meteorologischen Bedingungen verbunden war.
- Zeitraum 2: Ozon-Episode vom 24/07/2018 bis 27/07/2018, mit starker Sonneneinstrahlung, die auf primäre Verbindungen einwirkt, die durch menschliche Aktivitäten entstehen.
- Zeitraum 3: Ozon-Episode von 02/08/2018 bis 06/08/2018, in Verbindung mit starker Sonneneinstrahlung, die auf primäre Verbindungen einwirkt, die aus menschlichen Aktivitäten resultieren.
- Zeitraum 4: Feinstaub-Episode vom 18/10/2018 bis 21/10/2018, in Verbindung mit dem Auftreten von sekundären Verbindungen u. a. nach landwirtschaftlicher Gülleausbringung.
- Zeitraum 5: Feinstaub-Episode vom 22/11/2018 bis 23/11/2018 in Verbindung mit lokalen Emissionen von Verbrennungsprodukten und stabilen meteorologischen Bedingungen.

## Les secteurs d'activité et sources d'énergie

Ce sont 21 combinaisons secteur d'activité/source d'énergie qui ont pu être suivies dans CAMx : 5 secteurs d'activité (résidentiel tertiaire / énergie, industrie et déchets / agriculture / trafic routier / autres transports) associés aux sources d'énergie majoritairement rencontrées pour chaque secteur (fioul, gaz, bois, énergies renouvelables, sans énergie). Pour le détail, se reporter au tableau ci-dessous.

## Aktivitätssektoren und Energiequellen

Es sind 21 Sektor-/Energiequellen-Kombinationen, die in CAMx beobachtet werden konnten: 5 Aktivitätssektoren (Haushalte und Dienstleistungen / Energie, Industrie und Abfallbehandlung / Landwirtschaft / Straßenverkehr / Offroad-Verkehr), die mit den am häufigsten angetroffenen Energiequellen (Heizöl, Gas, Holz, erneuerbare Energien, keine Energie) verbunden sind. Einzelheiten sind in der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

Secteur / Sektor		Source d'énergie / Energiequelle
Biotiques / Biogen		
Résidentiel tertiaire / Haushalte und Dienstleistungen		Hors combustion / Ohne Verbrennung
		Fioul / Öleinsatz
		Gaz / Gaseinsatz
		Bois / Holzeinsatz
		Autres énergies / Weitere Energieeinsätze
Energie, industrie et déchets / Energie, Industrie und Abfallbehandlung		Hors combustion / Ohne Verbrennung
		Energies non renouvelables / Nicht erneuerbare Energien
		Energies renouvelables / Erneuerbare Energien
Agriculture / Landwirtschaft		Combustion / Verbrennung
		Elevage / Tierhaltung
		Cultures – Travail de la terre / Anbau – Bodenarbeiten
		Fertilisation des Cultures / Düngereinsatz
		Autres émissions / Weitere Emissionen
Trafic routier / Straßenverkehr		Poids lourds / Schwere Nutzfahrzeuge
		Véhicules utilitaires légers / Leichte Nutzfahrzeuge
		Véhicules légers et 2 roues / PKW und Zweiräder
		Autres transports / Übriger Verkehr (Offroad, Nonroad)

Liste des secteurs d'activité et sources d'énergie distingués dans l'étude, et code couleur utilisé par la suite dans les résultats par origine sectorielle et énergétique. / Liste der in der Studie unterschiedenen Aktivitätssektoren und Energiequellen und Farbcode, der später in den Ergebnissen nach Sektor und Energieherkunft verwendet wird.

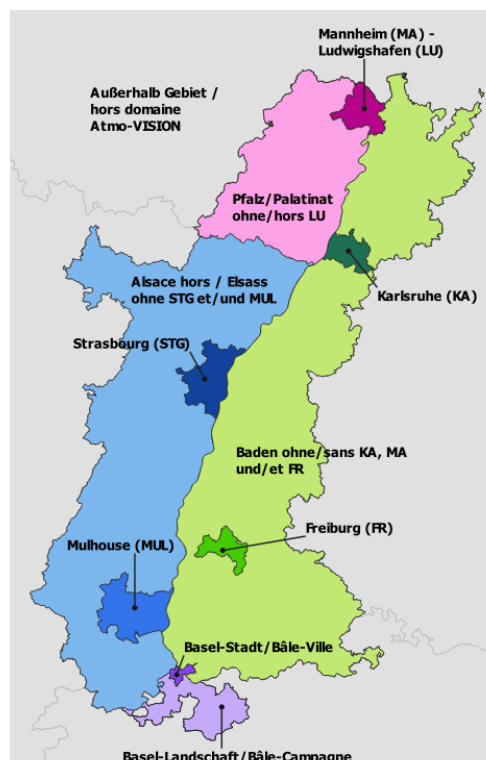
## Les zones géographiques

Ce sont 11 zones géographiques qui ont pu être distinguées afin d'établir leurs contributions respectives aux concentrations lors des épisodes de pollution.

Il s'agit de 6 territoires d'agglomération (Mannheim-Ludwigshafen, Karlsruhe, Strasbourg, Fribourg, Mulhouse, Bâle-Ville), 4 territoires mixtes rural/urbain (reste de la Rhénanie, reste de l'Alsace, reste du Bade Wurtemberg et Bâle-Campagne) ainsi que 1 zone correspondant à l'extérieur du Rhin Supérieur.

## Die geographischen Gebiete

Es sind 11 geographische Gebiete, die unterschieden wurden, um ihren jeweiligen Beitrag zu den Konzentrationen während der Zeiträume mit erhöhter Belastung zu ermitteln. Dabei handelt es sich um 6 Agglomerationsgebiete (Mannheim-Ludwigshafen, Karlsruhe, Straßburg, Freiburg, Mülhausen, Basel-Stadt), 4 gemischte ländliche/städtische Gebiete (übriges Rheinland, übriges Baden-Württemberg und Basel-Land) sowie 1 entsprechendes Gebiet außerhalb des Oberrheins.



Zones géographiques retenues dans l'étude / Geographische Gebiete, die in die Studie einbezogen wurden

## Le dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est émis principalement par les véhicules et les installations de combustion.

A forte concentration, le dioxyde d'azote est un gaz toxique et irritant pour les yeux et les voies respiratoires.

Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires. Par ailleurs, il participe à la formation de l'ozone troposphérique, dont il est un des précurseurs.

## Stickstoffdioxid

Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) wird hauptsächlich von Fahrzeugen und Verbrennungsanlagen ausgestoßen.

Bei hohen Konzentrationen ist Stickstoffdioxid ein giftiges Gas, das die Augen und die Atemwege reizt.

Bei Asthmatikern erhöht Stickstoffdioxid die Häufigkeit und Schwere der Anfälle. Bei Kindern fördert es Lungeninfektionen. Stickstoffdioxid trägt auch zur Bildung von bodennahem Ozon bei, dessen Vorläufer es ist.

## Origine géographique du dioxyde d'azote

Les résultats issus des simulations CAMx sur les périodes d'étude mettent en évidence une variabilité spatiale et temporelle de l'origine géographique du NO<sub>2</sub>.

### Un polluant majoritairement émis dans le Rhin Supérieur

Les activités du Rhin Supérieur lui-même ont contribué majoritairement aux niveaux de pollution en NO<sub>2</sub> lors des périodes étudiées, notamment le long de la vallée du Rhin. Seules exceptions, les territoires montagneux et périphérique du Rhin Supérieur plus influencés par les imports de pollution, sur des niveaux de concentration à la fois généralement plus faibles. Par exemple sur Bâle-Ville, le NO<sub>2</sub> simulé provient à 78% du Rhin Supérieur en moyenne sur les périodes étudiées.

### Au sein du Rhin Supérieur, un polluant émis localement

L'analyse de l'origine du polluant par zone géographique montre l'influence exercée par chacun des 10 territoires étudiés dans le Rhin Supérieur sur les territoires voisins.

## Geographische Herkunft des Stickstoffdioxids

Die Ergebnisse der CAMx-Simulationen zu ausgewählten Episoden zeigen eine räumliche und zeitliche Variabilität in der geographischen Herkunft von NO<sub>2</sub>.

### Ein Schadstoff, der hauptsächlich im Oberrhein emittiert wird

Die Aktivitäten am Oberrhein selbst trugen am meisten zu den NO<sub>2</sub>-Belastungen während der Episoden bei, insbesondere entlang des Rheintals. Die einzigen Ausnahmen sind die Gebirgs- und Randgebiete des Oberrheins, die stärker von importierter Belastung beeinflusst werden, obwohl die Konzentrationswerte im Allgemeinen niedriger sind. Beispielsweise stammen in Basel-Stadt im Mittel der untersuchten Zeiträume 78 % des simulierten NO<sub>2</sub> aus dem Oberrhein.

### Innerhalb des Oberrheins, ein lokal emittierter Schadstoff

Die Analyse der Schadstoffherkunft nach geographischen Gebieten zeigt den Einfluss, den jedes der 10 untersuchten Gebiete am Oberrhein auf die Nachbargebiete ausübt.



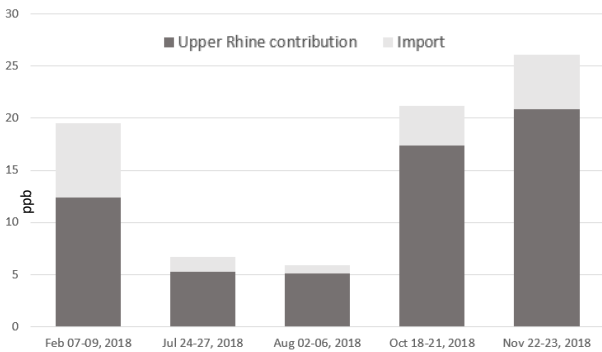
Les contributions sont variables et dépendantes des niveaux d'émissions des territoires, des distances entre eux et des directions de vent.

Les résultats montrent cependant l'impact important des émissions locales, c'est-à-dire issues du territoire étudié. Ainsi sur l'Eurométropole de Strasbourg, le NO<sub>2</sub> simulé provient à 45% du territoire en lui-même en moyenne sur les périodes étudiées.

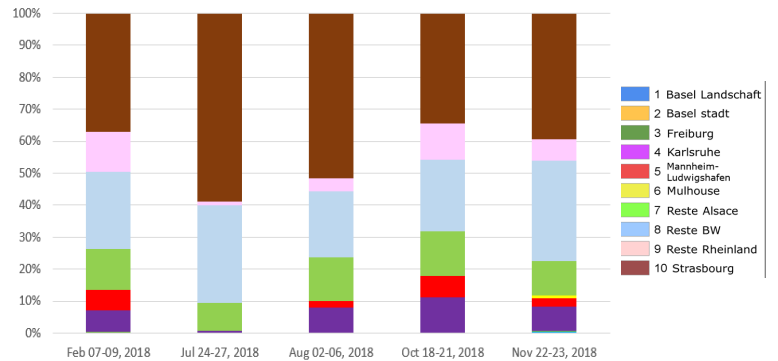
Die Beiträge sind variabel und hängen von den Emissionswerten der Gebiete, der Entfernung Quelle/Messort und der Windrichtung ab.

Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass die lokalen Emissionen, d. h. die aus dem untersuchten Gebiet, den größten Einfluss haben.

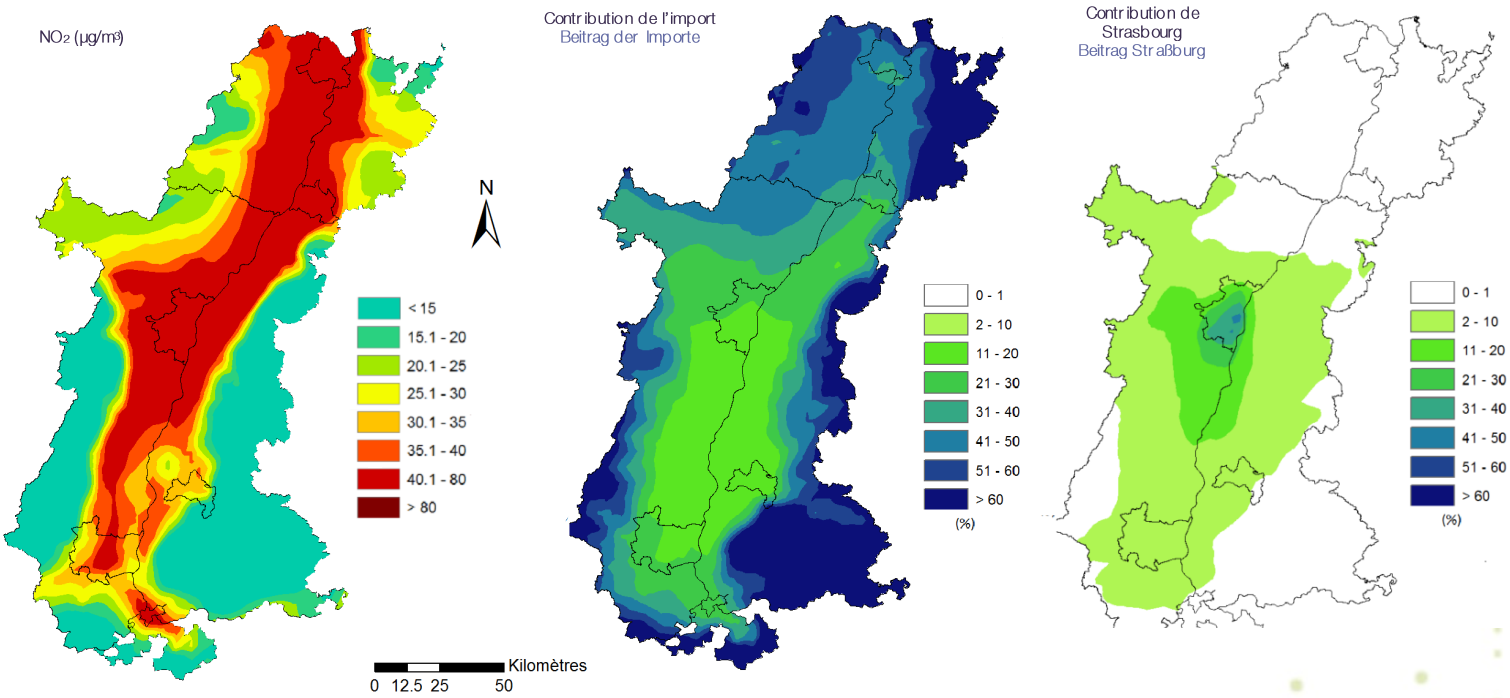
In der Eurometropole Straßburg stammen im Durchschnitt der untersuchten Zeiträume 45 % des simulierten NO<sub>2</sub> aus dem Gebiet selbst.



Contributions de l'activité du Rhin Supérieur et de l'import aux concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> sur Bâle-Ville lors des 5 périodes étudiées. / Beiträge der Oberrheinaktivität und des Imports zu den mittleren NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Basel-Stadt während der 5 untersuchten Zeiträume.



Origine géographique des concentrations moyennes en NO<sub>2</sub>, hors import, simulées sur l'Eurométropole de Strasbourg lors des 5 périodes étudiées. / Geographische Herkunft der mittleren NO<sub>2</sub>-Konzentrationen, ohne Importe, simuliert für die Eurometropole Straßburg während der 5 untersuchten Zeiträume.



Concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> du 22 au 23 novembre 2018 (carte de gauche), contribution moyenne de l'import de pollution (carte du milieu) et contribution moyenne de l'activité de l'agglomération de Strasbourg (carte de droite) aux concentrations de ces deux journées. / Durchschnittliche NO<sub>2</sub>-Konzentrationen vom 22. bis 23. November 2018 (Karte links), durchschnittlicher Beitrag der importierten Belastung (Karte mittels) und durchschnittlicher Beitrag der Aktivität des Ballungsraums Straßburg (Karte rechts) zu den Konzentrationen dieser beiden Tage.

## Origine sectorielle et énergétique du dioxyde d'azote

L'exploitation ci-dessous porte spécifiquement sur les sources sectorielles et énergétiques du dioxyde d'azote au sein du Rhin supérieur lui-même, c'est-à-dire sans considérer l'import de pollution extérieure au territoire.

### Un polluant provenant majoritairement du transport routier

En cohérence avec l'origine des émissions des oxydes d'azote, le secteur du transport routier est un contributeur important aux niveaux simulés, et souvent le principal. Par exemple sur Fribourg, il contribue à hauteur de 49% à 64% aux concentrations en NO<sub>2</sub> selon la période considérée.

Ce sont en moyenne les émissions issues des pots d'échappement des véhicules légers qui pèsent le plus, suivies de celles des poids lourds puis des véhicules utilitaires légers.

Les autres secteurs contributeurs sont l'industrie, l'énergie et le traitement des déchets, ainsi que le résidentiel et le tertiaire, notamment en hiver en lien avec l'utilisation du chauffage au gaz et au fioul et dans une moindre mesure au bois.

## Sectorielle und energetische Herkunft des Stickstoffdioxids

Die folgende Analyse konzentriert sich speziell auf die sektoriellen und energetischen Quellen von Stickstoffdioxid innerhalb des Oberrheins selbst, d. h. ohne Berücksichtigung des Imports von Schadstoffen von außerhalb des Gebiets.

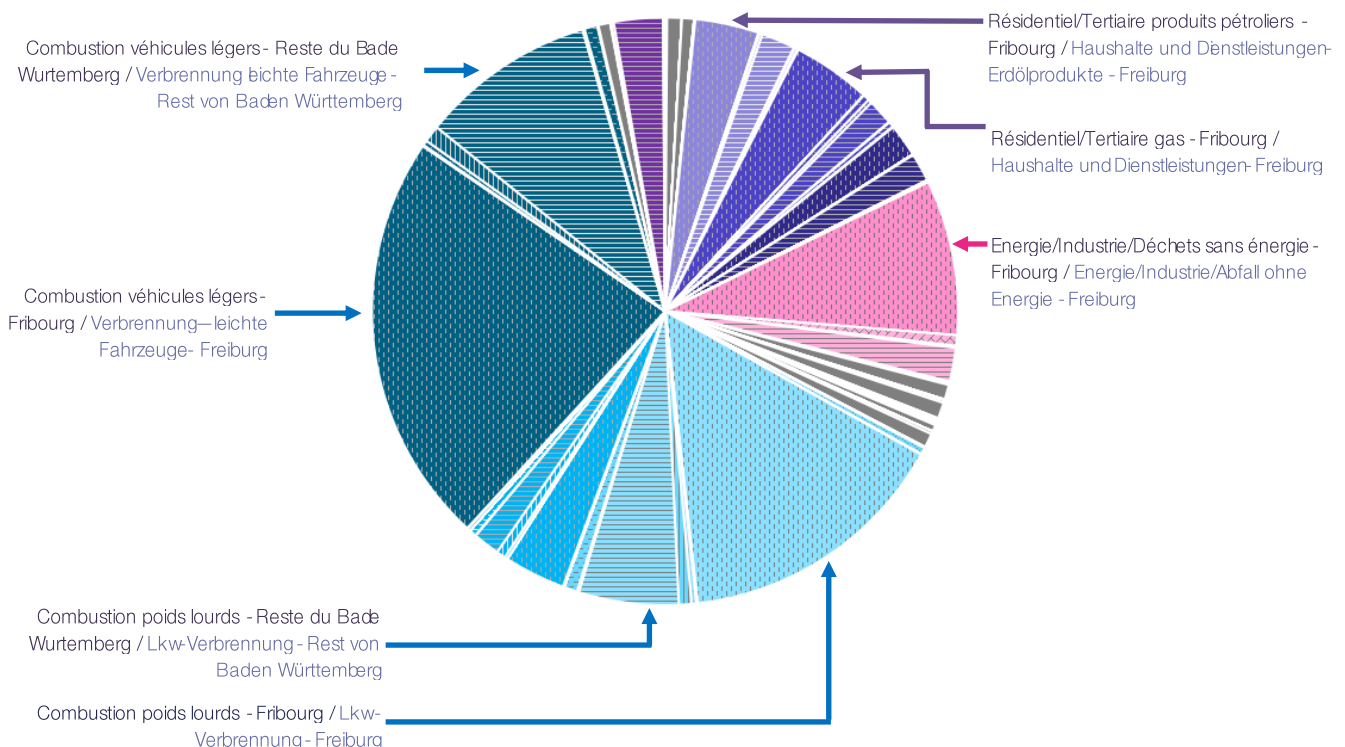
### Ein Schadstoff, der hauptsächlich vom Straßenverkehr stammt

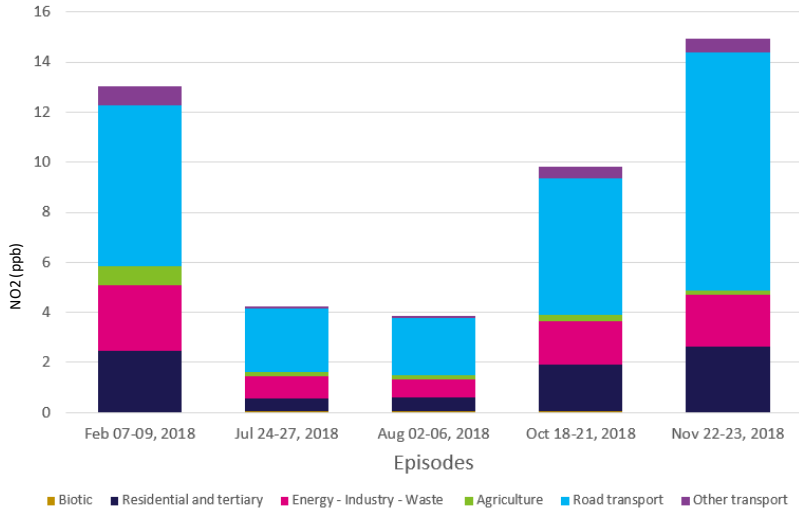
In Übereinstimmung mit dem Ursprung der Stickoxid-Emissionen ist der Straßenverkehr auf simulierten Ebenen ein Hauptverursacher, oft sogar der größte. In Freiburg beispielsweise trägt er je nach betrachteter Zeitraum zwischen 49 % bis 64 % zu den NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bei.

Im Durchschnitt haben die Emissionen aus der Verbrennung der leichten Fahrzeuge den größten Anteil, gefolgt von den schweren Nutzfahrzeugen und den leichten Nutzfahrzeugen.

Weitere beitragende Sektoren sind die Industrie, Energie und Abfallbehandlung sowie der Sektor Haushalte und Dienstleistungen, insbesondere im Winter im Zusammenhang mit der Nutzung von Gas- und Ölheizungen und in geringerem Maße von Holzheizungen.

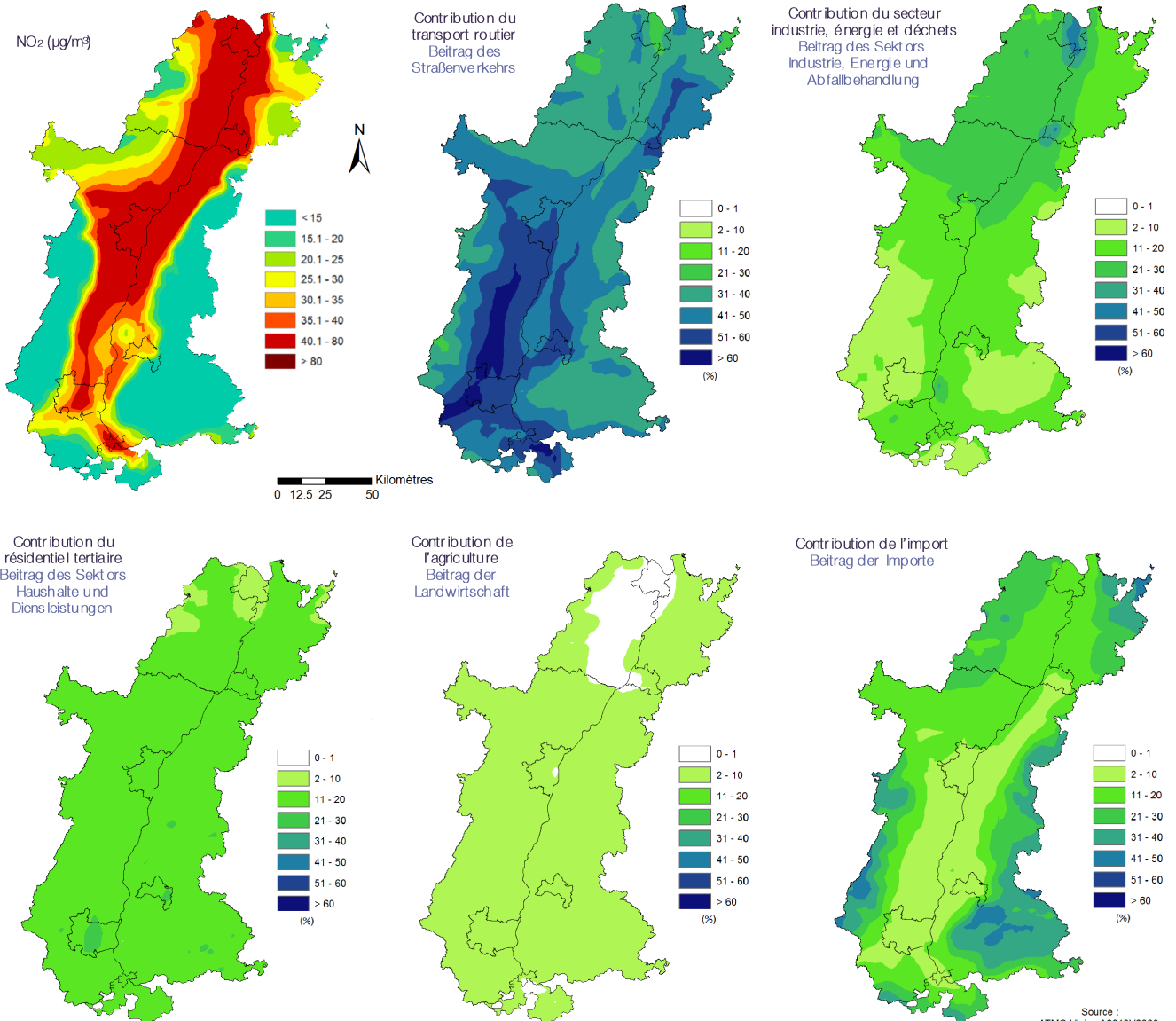
Origine sectorielle, énergétique et géographique du NO<sub>2</sub> simulé sur Fribourg du 22 au 23 novembre 2018 / Sektorale, energetische und geographische Herkunft des für Freiburg vom 22. bis 23. November 2018 simulierten NO<sub>2</sub>





Contributions sectorielles aux concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> sur Fribourg lors des 5 périodes étudiées (hors import). / Sektorielle Beiträge zu den durchschnittlichen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Freiburg während der 5 untersuchten Zeiträume.

Concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> du 22 au 23 novembre 2018 (carte en haut à gauche) et contributions moyennes des secteurs du transport routier, de l'industrie/déchets/énergie, du résidentiel/tertiaire, de l'agriculture ainsi que de l'import de pollution aux concentrations de ces deux journées. / Durchschnittliche NO<sub>2</sub>-Konzentrationen vom 22. bis 23. November 2018 (Karte oben links) und durchschnittliche Beiträge der Sektoren Straßenverkehr, Industrie/Abfallbehandlung/Energie, Haushalte/Dienstleistungen, Landwirtschaft und importierte Luftbelastung zu den Konzentrationen dieser beiden Tage.



## Les particules fines PM<sub>10</sub>

Les particules fines PM<sub>10</sub> sont des particules dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres. Sur le territoire du Rhin Supérieur les sources importantes d'émissions de PM<sub>10</sub> sont le secteur résidentiel et tertiaire et les transports routiers.

Selon leur granulométrie (taille), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire.

Les particules fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

## Feinstaub PM<sub>10</sub>

Feinstaub PM<sub>10</sub> sind Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 10 Mikrometern. Auf dem Gebiet des Oberrheins sind die wichtigsten Quellen für PM<sub>10</sub>-Emissionen die Haushalte, der Dienstleistungssektor und der Straßenverkehr.

Je nach Größe dringen die Partikel mehr oder weniger tief in die Lunge ein. Feine Partikel können bei relativ geringen Konzentrationen die unteren Atemwege reizen und die gesamte Atemfunktion beeinträchtigen. Einige Partikel haben mutagene und karzinogene Eigenschaften.

## Origine géographique des PM<sub>10</sub>

Les résultats issus des simulations CAMx sur les périodes d'étude mettent en évidence une variabilité spatiale et temporelle de l'origine géographique des PM<sub>10</sub>.

### Un import extérieur au Rhin Supérieur important

Les particules PM<sub>10</sub> se distinguent du NO<sub>2</sub> par une part importée plus importante et majoritaire sur les périodes étudiées. Cette contribution extérieure au territoire est variable dans le temps et l'espace, en fonction notamment des conditions météorologiques, de l'intensité des émissions locale et de la proximité aux bordures du territoire. Ainsi par exemple, sur les 5 périodes étudiées, les activités du Rhin Supérieur ont contribué pour 21 à 55% aux concentrations en PM<sub>10</sub> de l'Eurométropole de Strasbourg.

### Au sein du Rhin Supérieur, une influence des territoires voisins

L'analyse de l'origine du polluant par zone géographique montre l'influence exercée par chacun des 10 territoires étudiés dans le Rhin Supérieur sur les territoires voisins. Les résultats confirment que les particules PM<sub>10</sub> « voyagent » plus que le NO<sub>2</sub>.

## Geographische Herkunft von PM<sub>10</sub>

Die Ergebnisse der CAMx-Simulationen über die Untersuchungszeiträume zeigen eine räumliche und zeitliche Variabilität in der geographischen Herkunft von PM<sub>10</sub>.

### Ein wichtiger Import von außerhalb des Oberrheins

PM<sub>10</sub>-Feinstäube unterscheiden sich von NO<sub>2</sub> durch einen größeren und bedeutenderen Importanteil über die untersuchten Zeiträume. Dieser Beitrag von außerhalb des Gebiets ist zeitlich und räumlich variabel und hängt insbesondere von den meteorologischen Bedingungen, der lokalen Emissionsintensität und der Nähe zum Gebietsrand ab. So trugen zum Beispiel die Aktivitäten des Oberrheins über die 5 untersuchten Zeiträume zwischen 21 und 55% der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen in der Eurometropole Straßburg bei.

### Innerhalb des Oberrheins ein Einfluss der benachbarten Territorien

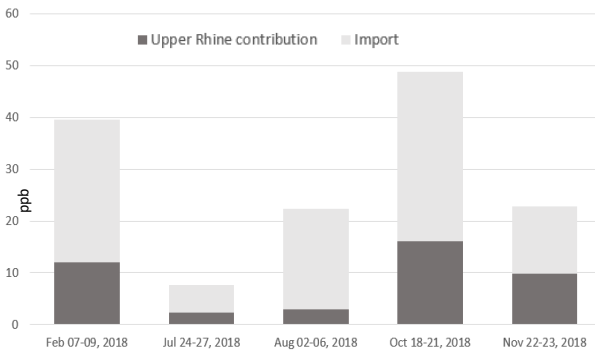
Die Analyse der Schadstoffherkunft nach geographischen Gebieten zeigt den Einfluss, den jedes der 10 untersuchten Gebiete am Oberrhein auf die Nachbargebiete ausübt. Die Ergebnisse bestätigen, dass PM<sub>10</sub>-Feinstäube mehr "reisen" als NO<sub>2</sub>.

Par exemple sur les concentrations en PM<sub>10</sub> de Fribourg en moyenne sur les périodes étudiées, les simulations montrent une provenance majoritaire de la pollution du reste du Bade Wurtemberg suivie du territoire de Fribourg lui-même.

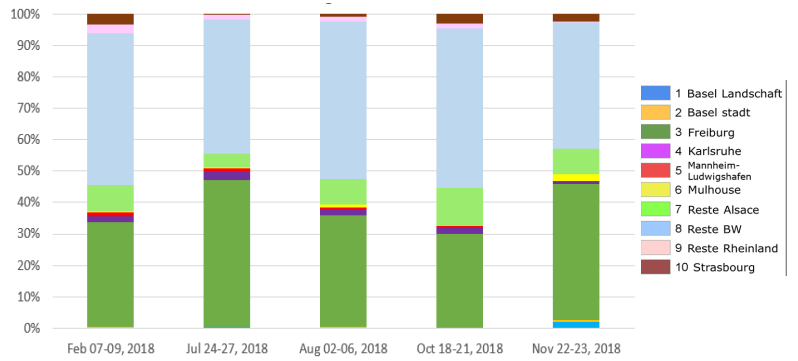
Ces éléments montrent l'intérêt, dans le cadre d'un plan d'actions visant à diminuer l'exposition aux PM<sub>10</sub>, d'un périmètre le plus large possible pour disposer d'un levier suffisamment important.

So zeigen die Simulationen für die mittleren PM<sub>10</sub>-Konzentrationen in Freiburg über die untersuchten Zeiträume eine überwiegende Herkunft der Belastung aus dem übrigen Baden-Württemberg, gefolgt vom Stadtgebiet Freiburg selbst.

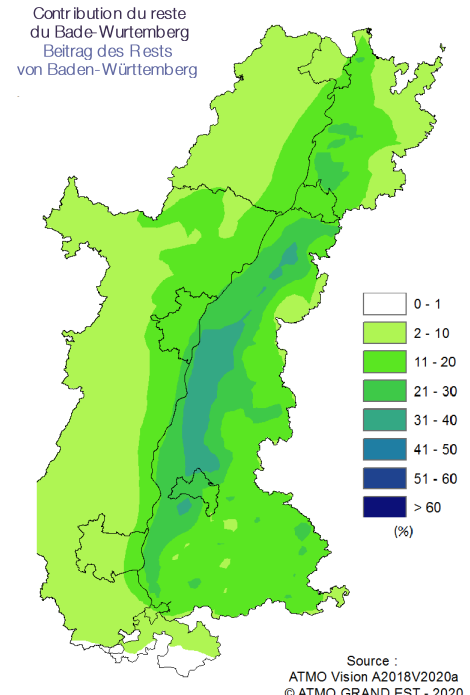
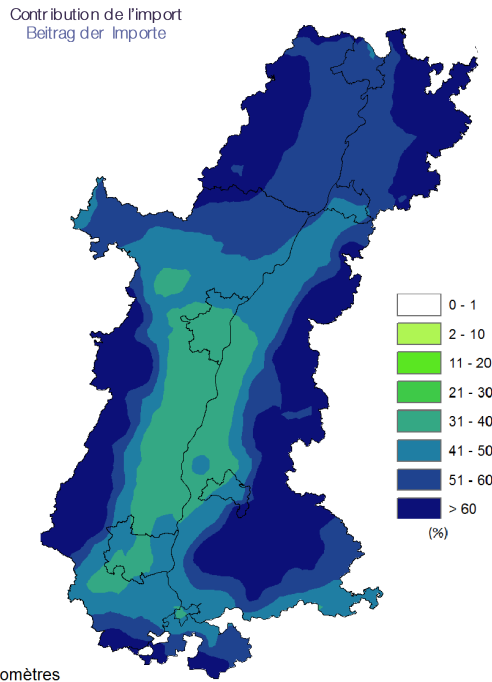
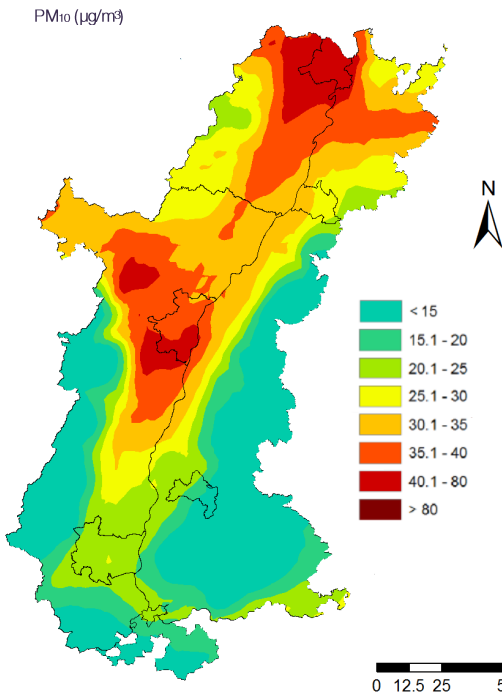
Diese Elemente zeigen, dass im Rahmen eines Aktionsplans zur Verringerung der PM<sub>10</sub>-Belastung ein möglichst großes Gebiet von Interesse ist, um eine ausreichende Wirkung zu erzielen.



Contributions de l'activité du Rhin Supérieur et de l'import aux concentrations moyennes en PM<sub>10</sub> sur l'Euro-métropole de Strasbourg lors des 5 périodes étudiées. / Beiträge der Oberrheinaktivität und des Imports zu den mittleren PM<sub>10</sub>-Konzentrationen in der Eurometropole Straßburg während der 5 untersuchten Zeiträume.



Origine géographique des concentrations moyennes en PM<sub>10</sub>, hors import, simulées sur Fribourg lors des 5 périodes étudiées. / Geographische Herkunft der durchschnittlichen PM<sub>10</sub>-Konzentrationen, ohne Importe, die für Freiburg während der 5 ausgewählten Zeiträume untersucht wurden.



Concentrations moyennes en PM<sub>10</sub> du 22 au 23 novembre 2018 (carte de gauche), contribution moyenne de l'import de pollution (carte du milieu) et contribution moyenne de l'activité du reste du Bade Wurtemberg (carte de droite) aux concentrations de ces deux journées. / Durchschnittliche PM<sub>10</sub>-Konzentrationen vom 22. und 23. November 2018 (Karte links), durchschnittlicher Beitrag der importierten Belastung (mittlere Karte) und durchschnittlicher Beitrag der Aktivität im übrigen Baden-Württemberg (Karte rechts) zu den Konzentrationen an diesen beiden Tagen.

## Origine sectorielle et énergétique des PM<sub>10</sub>

L'exploitation ci-dessous porte spécifiquement sur les sources sectorielles et énergétiques des PM<sub>10</sub> au sein du Rhin Supérieur, c'est-à-dire sans considérer l'import de pollution extérieure au territoire.

### Un polluant multi-sources

Les résultats permettent d'identifier plusieurs grandes origines aux PM<sub>10</sub> au sein du Rhin Supérieur. Le chauffage associé au bois comme combustible ressort comme une source importante lors des périodes les plus froides. Illustration sur le territoire du Bade Wurtemberg (hors Karlsruhe et Fribourg), où cette source a contribué pour un quart aux concentrations moyennes simulées du 07 au 09 février 2018 (figure ci-dessous).

Citons également l'activité agricole associée à l'épandage d'engrais ou à l'élevage, qui en participant à la formation de particules secondaires sous forme de nitrate d'ammonium, peut contribuer majoritairement aux niveaux de PM<sub>10</sub> au printemps ou à l'automne comme du 18 au 21 octobre 2018 sur l'Eurométropole de Strasbourg (figure page de droite).

Enfin, les secteurs transport routier et énergie/industrie/déchets complètent la liste des contributeurs principaux aux concentration en PM<sub>10</sub> sur les périodes étudiées.

## Sectorielle et énergétique Origine de PM<sub>10</sub>

Die folgende Analyse konzentriert sich speziell auf die sektoriellen und energetischen Quellen von PM<sub>10</sub> innerhalb des Oberrheins, d. h. ohne Berücksichtigung des Imports von außerhalb des Gebiets.

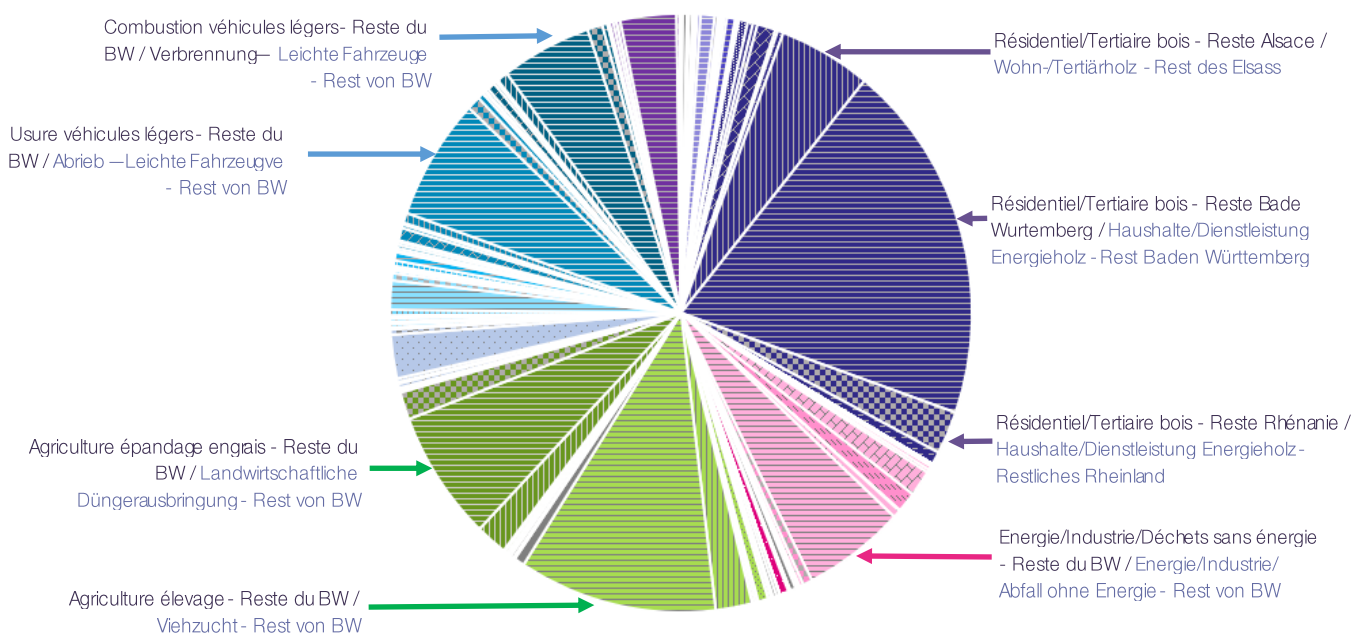
### Ein Schadstoff aus mehreren Quellen

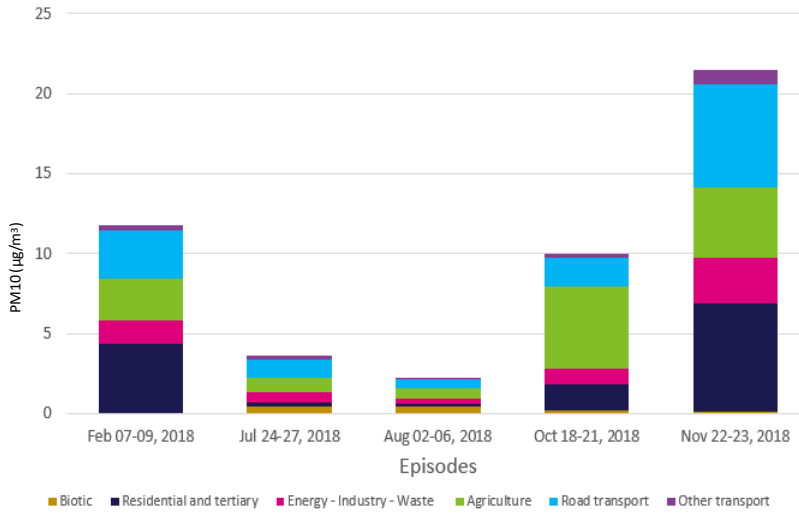
Die Ergebnisse identifizieren mehrere Hauptverursacher von PM<sub>10</sub> am Oberrhein. Das Heizen mit dem Brennstoff Holz erweist sich in den kältesten Perioden als eine wichtige Quelle. Darstellung auf dem Gebiet von Baden-Württemberg (ohne Karlsruhe und Freiburg), wo diese Quelle für ein Viertel zu den simulierten mittleren Konzentrationen vom 07. bis 09. Februar 2018 beitrug (Abbildung unten).

Erwähnenswert ist auch die landwirtschaftliche Tätigkeit im Zusammenhang mit der Ausbringung von Düngemitteln oder die Viehhaltung, die durch die Beteiligung an der Bildung von Sekundärpartikeln in Form von Ammoniumnitrat den Großteil der PM<sub>10</sub>-Werte im Frühjahr oder Herbst beitragen kann, wie vom 18. bis 21. Oktober 2018 in der Eurometropole Straßburg (Abbildung auf der rechten Seite).

Schließlich vervollständigen die Sektoren Straßenverkehr und Energie/Industrie/Abfallbehandlung die Liste der Hauptverursacher der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen in den untersuchten Zeiträumen.

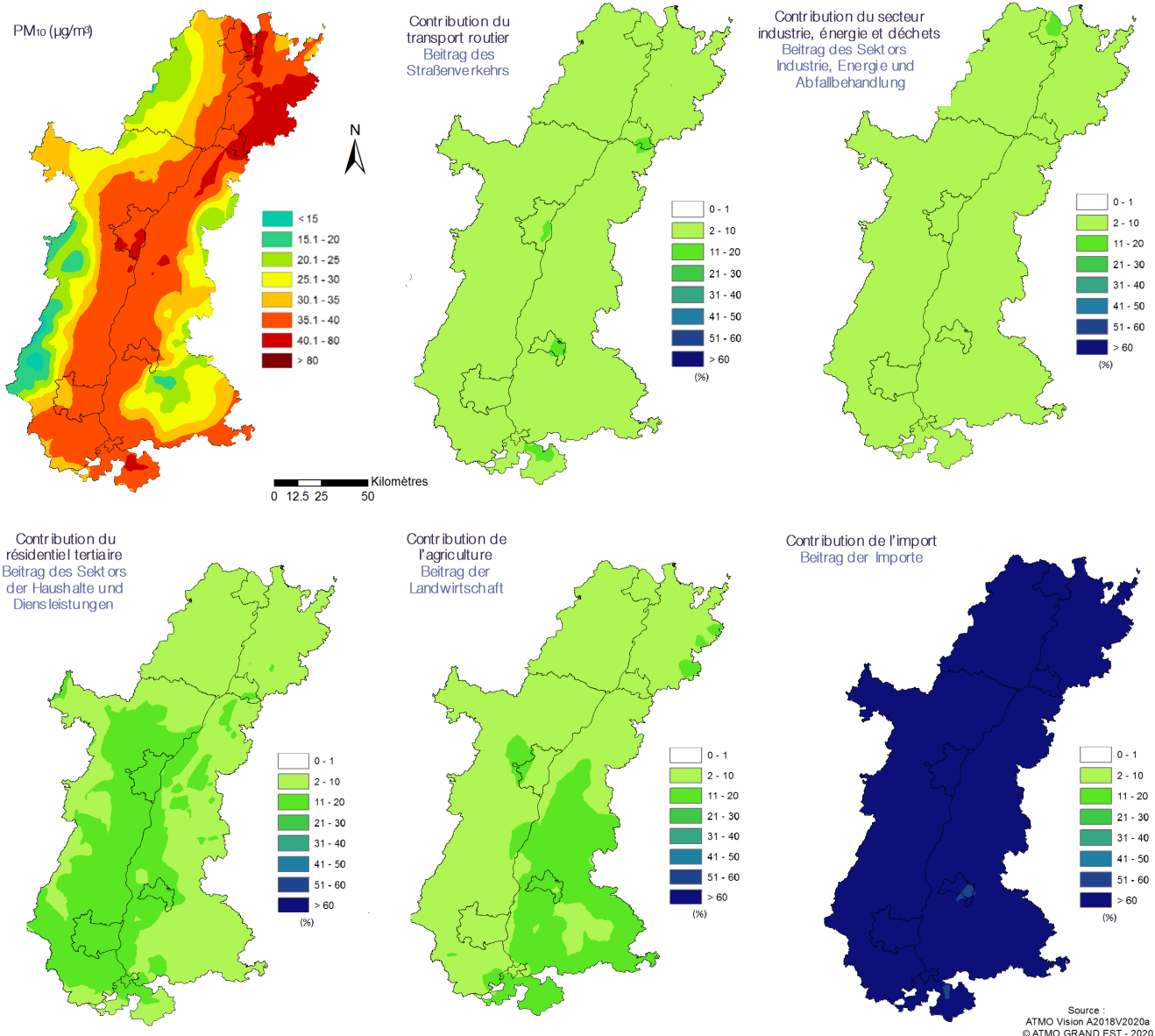
Origine sectorielle/énergétique et géographique des PM<sub>10</sub> simulées sur le Bade Wurtemberg (hors Karlsruhe et Fribourg) du 07 au 09 février 2018 / Sectorielle/energetische und geographische Herkunft des simulierten PM<sub>10</sub> in Baden Württemberg (ohne Karlsruhe und Freiburg) vom 7. bis 9. Februar 2018.





Contributions sectorielles aux concentrations moyennes en PM<sub>10</sub> sur l'Eurométropole de Strasbourg lors des 5 périodes étudiées (hors imports). / Sektorielle Beiträge zur durchschnittlichen PM<sub>10</sub>-Konzentration in der Eurometropole Straßburg während der 5 untersuchten Zeiträume (ohne Importe).

Concentrations moyennes en PM<sub>10</sub> du 22 au 23 novembre 2018 (carte en haut à gauche) et contributions moyennes des secteurs du transport routier, de l'industrie/déchets/énergie, de résidentiel/tertiaire, de l'agriculture ainsi que de l'import de pollution aux concentrations de ces deux journées. / Durchschnittliche PM<sub>10</sub>-Konzentrationen vom 22. bis 23. November 2018 (Karte oben links) und durchschnittliche Beiträge der Sektoren Straßenverkehr, Industrie/Abfallbehandlung/Energie, Haushalte/Dienstleistungen, Landwirtschaft und importierte Belastung zu den Konzentrationen dieser beiden Tage.



Source : ATMO Vision A2018V2020a © ATMO GRAND EST - 2020

## Les particules fines PM<sub>2,5</sub>

Les particules PM<sub>2,5</sub> sont des particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres (millièmes de millimètre). Sur le territoire du Rhin Supérieur les sources importantes d'émissions de PM<sub>2,5</sub> sont le secteur résidentiel et tertiaire et les transports routiers.

Selon leur granulométrie (taille), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

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

PM<sub>2,5</sub> sind Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 2,5 Mikrometern. Im Oberrheingebiet sind die Hauptquellen der PM<sub>2,5</sub>-Emissionen die Haushalte, der Dienstleistungssektor und der Straßenverkehr.

Je nach ihrer Größe dringen die Partikel mehr oder weniger tief in die Lunge ein. Feinste Partikel können bei relativ geringen Konzentrationen die unteren Atemwege reizen und die gesamte Atemfunktion beeinträchtigen. Einige Partikel haben mutagene und karzinogene Eigenschaften.

## Origine géographique des PM<sub>2,5</sub>

Les résultats issus des simulations CAMx sur les périodes d'étude mettent en évidence une variabilité spatiale et temporelle de l'origine géographique des PM<sub>2,5</sub>.

### Un import extérieur au Rhin Supérieur important

Tout comme pour les particules fines PM<sub>10</sub>, les concentrations en PM<sub>2,5</sub> simulées sur les périodes d'études sont nettement influencées par les apports extérieurs au Rhin Supérieur. Cette contribution extérieure varie par exemple sur Karlsruhe entre 68 et 89% sur les cinq périodes étudiées.

### Au sein du Rhin Supérieur, une influence des territoires voisins

L'analyse de l'origine du polluant par zone géographique montre l'influence exercée par chacun des 10 territoires étudiés dans le Rhin Supérieur sur les territoires voisins.

Là encore, des similitudes importantes avec les particules PM<sub>10</sub> sont observées, et les résultats mettent en évidence des interactions fortes entre territoires voisins.

## Geographische Herkunft von PM<sub>2,5</sub>

Die Ergebnisse der CAMx-Simulationen über die Untersuchungszeiträume zeigen eine räumliche und zeitliche Variabilität in der geographischen Herkunft von PM<sub>2,5</sub>.

### Ein wichtiger Import von außerhalb des Oberrheins

Wie für PM<sub>10</sub> werden die simulierten PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen über die Untersuchungszeiträume deutlich durch Einträge von außerhalb des Oberrheins beeinflusst. Dieser externe Beitrag schwankt z. B. in Karlsruhe zwischen 68 % und 89% über die 5 Untersuchungszeiträume.

### Innerhalb des Oberrheins ein Einfluss aus benachbarten Gebieten

Die Analyse der Schadstoffherkunft nach geographischen Gebieten zeigt den Einfluss, den jedes der 10 untersuchten Gebiete am Oberrhein auf die Nachbargebiete ausübt.

Auch hier sind signifikante Ähnlichkeiten mit PM<sub>10</sub>-Partikeln zu beobachten, und die Ergebnisse weisen auf starke Wechselwirkungen zwischen benachbarten Gebieten hin.

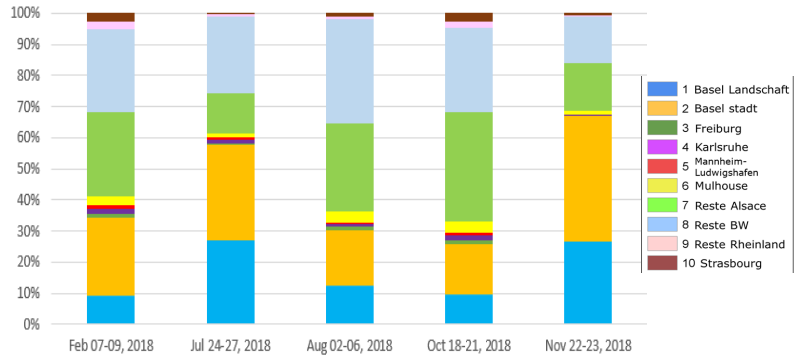
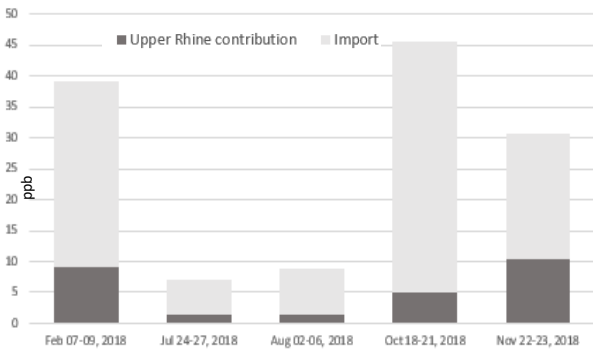


Ainsi sur Bâle-Ville, l'origine géographique des PM<sub>2,5</sub> se répartie entre Bâle-Ville, Bâle-Campagne, le reste de l'Alsace et le reste du Bade Wurtemberg selon des proportions variant au grés notamment des directions et vitesses de vent.

Ces éléments montrent l'intérêt, dans le cadre d'un plan d'actions visant à diminuer l'exposition aux PM<sub>2,5</sub>, d'un périmètre le plus large possible pour disposer d'un levier suffisamment important.

So verteilt sich die geographische Herkunft von PM<sub>2,5</sub> in Basel-Stadt auf Basel-Stadt, Basel-Landschaft, das übrige Elsass und das übrige Baden-Württemberg nach Anteilen, die insbesondere je nach Windrichtung und -geschwindigkeit variieren.

Diese Elemente zeigen, dass im Rahmen eines Aktionsplans zur Verringerung der PM<sub>2,5</sub>-Belastung ein möglichst großes Gebiet von Interesse ist, um eine ausreichende Maßnahmenwirkung zu erzielen.



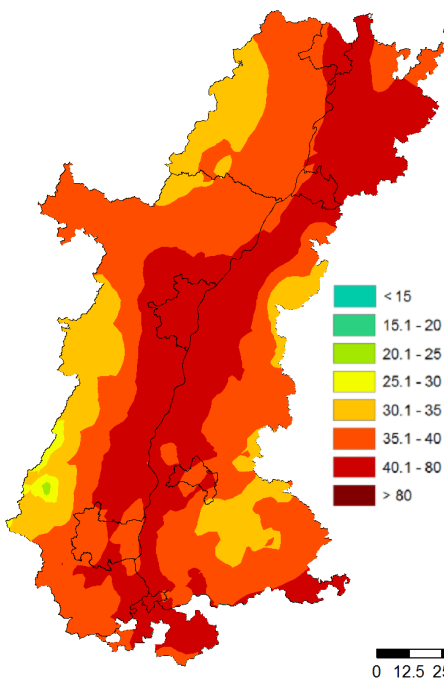
Contributions de l'activité du Rhin Supérieur et de l'import aux concentrations moyennes en PM<sub>2,5</sub> sur Karlsruhe lors des 5 périodes étudiées. / Beiträge der Oberrheinaktivität und des Imports zu den mittleren PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen in der Karlsruhe während der 5 untersuchten Zeiträume.

Origine géographique des concentrations moyennes en PM<sub>2,5</sub>, hors import, simulées sur Bâle-Ville lors des 5 périodes étudiées. / Geographische Herkunft der simulierten mittleren PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen, ohne Importe, in Basel-Stadt während der 5 untersuchten Zeiträume.

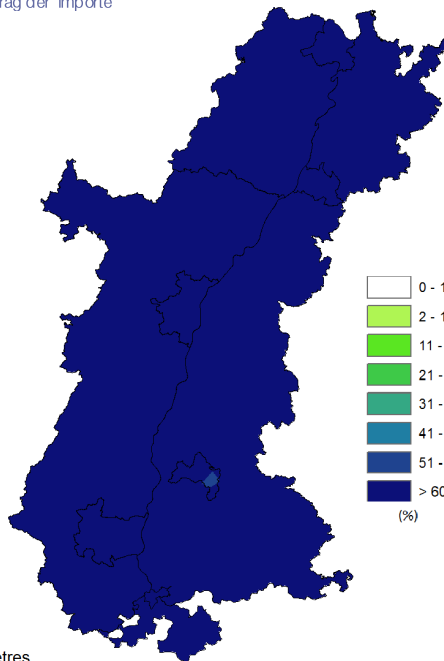
PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

Contribution de l'import  
Beitrag der Importe

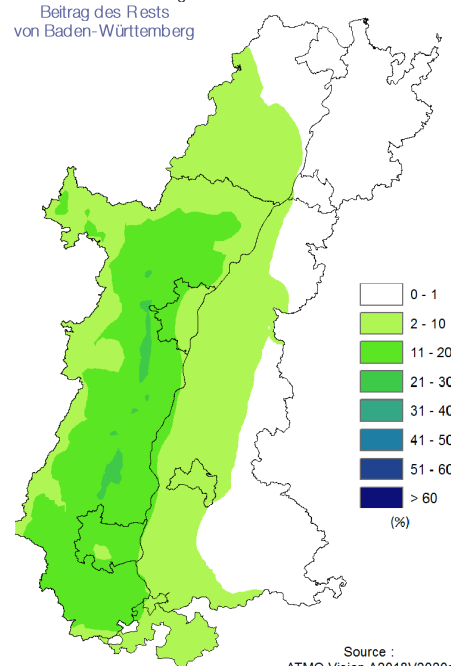
Contribution du reste  
du Bade-Wurtemberg  
Beitrag des Rests  
von Baden-Württemberg



Kilomètres  
0 12.5 25 50



0 - 1  
2 - 10  
11 - 20  
21 - 30  
31 - 40  
41 - 50  
51 - 60  
> 60  
(%)



0 - 1  
2 - 10  
11 - 20  
21 - 30  
31 - 40  
41 - 50  
51 - 60  
> 60  
(%)

Source :  
ATMO Vision A2018V2020a  
© ATMO GRAND EST - 2020

Concentrations moyennes en PM<sub>2,5</sub> du 07 au 09 février 2018 (carte de gauche), contribution moyenne de l'import de pollution (carte du milieu) et contribution moyenne de l'activité du reste de l'Alsace (carte de droite) aux concentrations de ces deux journées. / Durchschnittliche PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen vom 07. bis 09. Februar 2018 (Karte links), durchschnittlicher Beitrag des Imports (Karte mitte) und durchschnittlicher Beitrag der Aktivität im übrigen Elsass (Karte rechts) zu den Konzentrationen dieser beiden Tage.

## Origine sectorielle et énergétique des PM<sub>2,5</sub>

L'exploitation ci-dessous porte spécifiquement sur les sources sectorielles et énergétiques des PM<sub>2,5</sub> au sein du Rhin Supérieur, c'est-à-dire sans considérer l'import de pollution extérieure au territoire.

### Des origines diverses et saisonnières

Sur les périodes hivernales, les résultats montrent que le chauffage au bois représente bien souvent le principal contributeur aux concentrations en PM<sub>2,5</sub>.

Ainsi sur Mulhouse du 07 au 09 février 2018, cette source est responsable des niveaux simulés pour près de 40%, avec une provenance de Mulhouse même mais également du reste de l'Alsace et du Bade Wurtemberg.

Le secteur agricole associé à l'épandage d'engrais ou à l'élevage est également mis en évidence dans les résultats, comme par exemple sur Bâle-Ville (figure page de droite) en octobre ; les émissions d'ammoniac en réagissant avec les oxydes d'azote sont à l'origine de particules secondaires pouvant contribuer notablement aux concentrations de PM<sub>2,5</sub>.

Les transports routiers, via les émissions issues des pots d'échappement mais également de l'usure des freins et pneus, ainsi que le secteur énergie/industrie/déchets sont également des contributeurs tout au long de l'année.

## Sectorieller und energetischer Ursprung von PM<sub>2,5</sub>

Die folgende Analyse konzentriert sich speziell auf die sektoriellen und energetischen Quellen von PM<sub>2,5</sub> innerhalb des Oberrheins, d. h. ohne Berücksichtigung des Imports von Schadstoffen von außerhalb des Gebiets.

### Diverse und saisonale Ursprünge

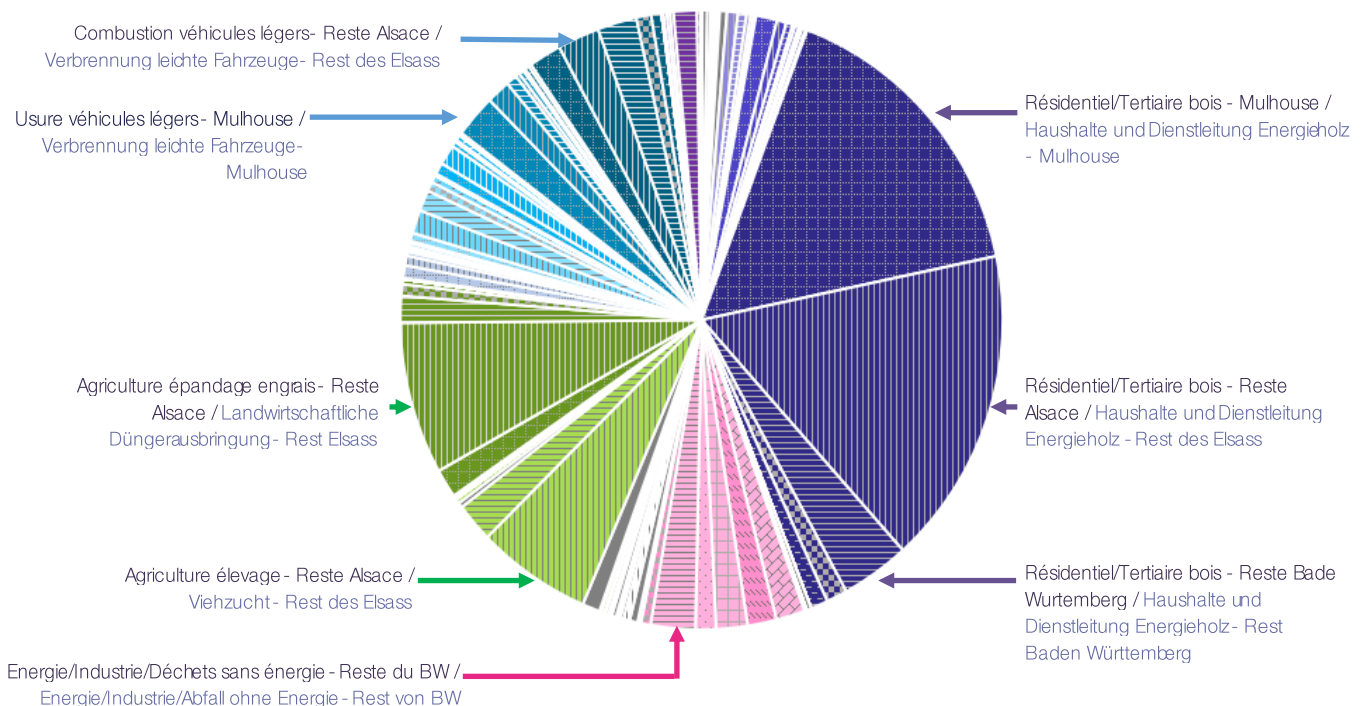
In den Wintermonaten zeigen die Ergebnisse, dass Holzheizungen oft der Hauptverursacher der PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen sind.

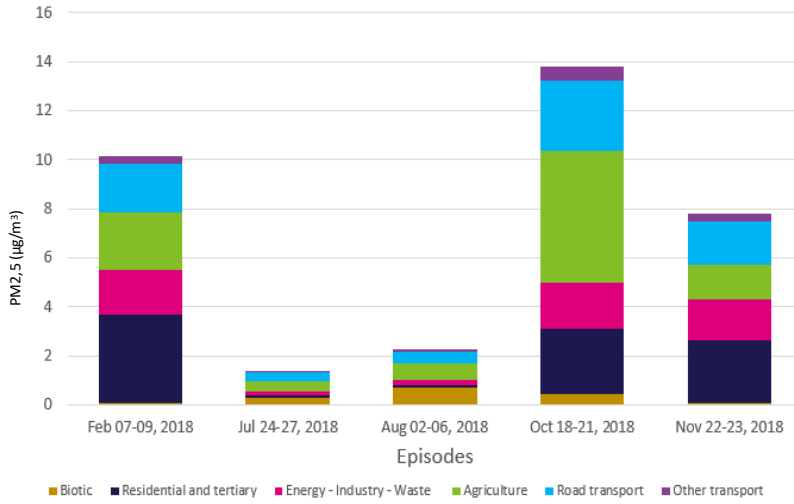
So ist in Mulhouse vom 7. bis 9. Februar 2018 diese Quelle für die simulierten Werte zu fast 40 % verantwortlich, wobei die Emissionen aus Mulhouse selbst, aber auch aus dem Elsass und Baden-Württemberg stammen.

Der landwirtschaftliche Sektor, der mit der Ausbringung von Düngemitteln oder der Viehzucht verbunden ist, wird in den Ergebnissen ebenfalls hervorgehoben, wie z.B. in Basel-Stadt im Oktober (Abbildung auf der rechten Seite); Ammoniakemissionen, die mit Stickoxiden reagieren, sind die Ursache für sekundäre Partikel, die erheblich zur PM<sub>2,5</sub>-Konzentration beitragen können.

Der Straßenverkehr mit Emissionen aus Abgasen aber auch durch Bremsen- und Reifenabrieb, und der Energie-/Industrie-/Abfallsektor tragen ebenfalls das ganze Jahr über zur Belastung bei.

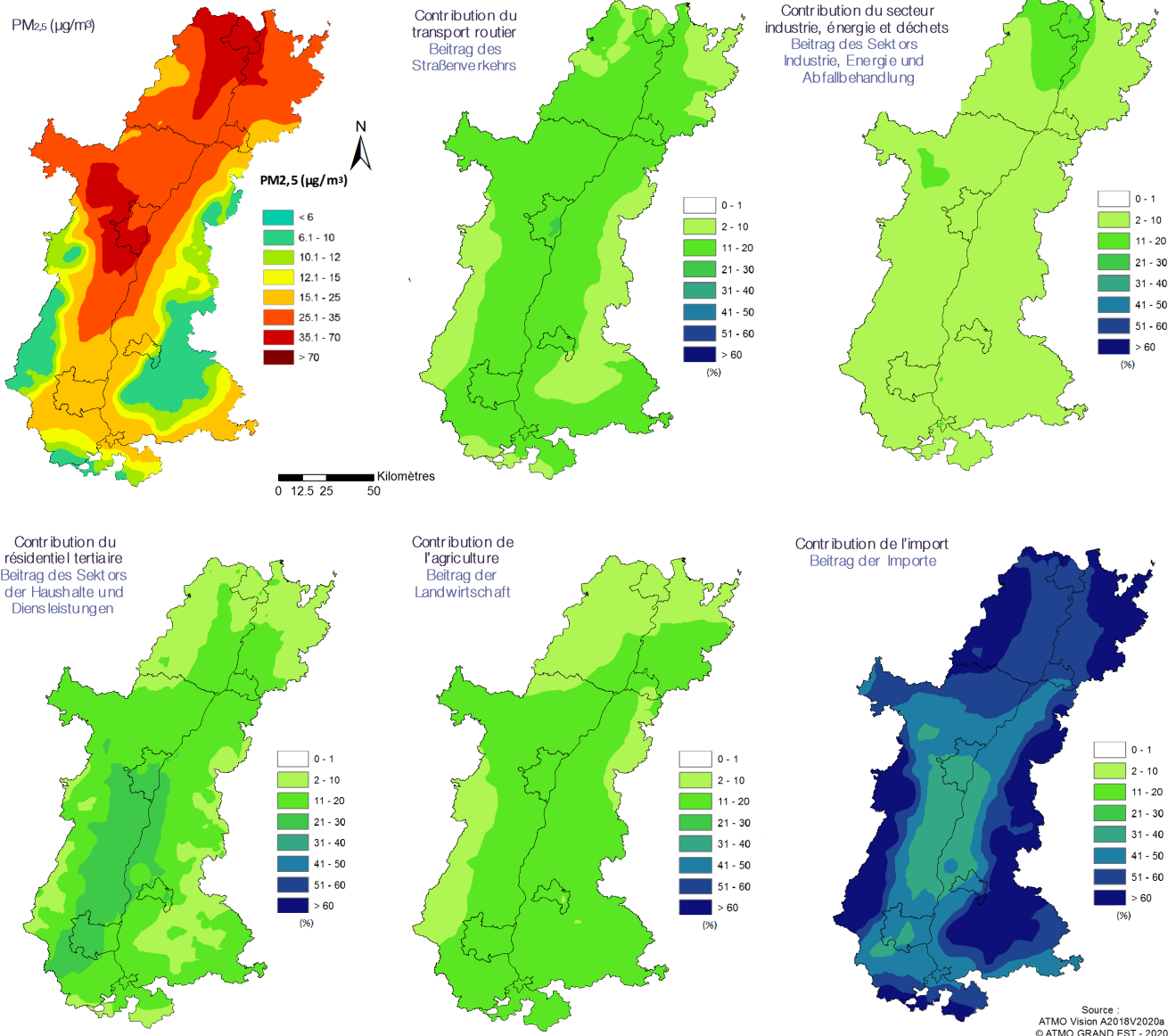
Origine sectorielle/énergétique et géographique des PM<sub>2,5</sub> simulés sur Mulhouse du 07 au 09 février 2018 / Sectorielle/energetische und geographische Herkunft von PM<sub>2,5</sub> simuliert in Mulhouse vom 07. bis 09. Februar 2018





Contributions sectorielles aux concentrations moyennes en PM<sub>2,5</sub> sur Bâle-Ville lors des périodes étudiées (hors import). / Sektorielle Beiträge zu den durchschnittlichen PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen in Basel-Stadt während der untersuchten Zeiträume.

Concentrations moyennes en PM<sub>2,5</sub> du 22 au 23 novembre 2018 (carte en haut à gauche) et contributions moyennes des secteurs du transport routier, de l'industrie/déchets/énergie, du résidentiel/tertiaire, de l'agriculture ainsi que de l'import de pollution aux concentrations de ces deux journées. / Durchschnittliche PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen vom 22. bis 23. November 2018 (Karte unten links) und durchschnittliche Beiträge der Sektoren Straßenverkehr, Industrie/Energie/Abfallbehandlung, Haushalte/Dienstleistungen, Landwirtschaft und importierte Luftbelastung zu den Konzentrationen dieser beiden Tage.



## L'ozone

L'ozone est produit dans l'atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire par des réactions chimiques complexes entre certains polluants primaires tels que les oxydes d'azote et les composés organiques volatils.

La présence de ce gaz irritant peut provoquer toux, inconfort thoracique, essoufflement, irritations nasale et oculaire. Elle augmente aussi la sensibilisation aux pollens.

Lorsque le niveau ambiant d'ozone augmente, dans les jours qui suivent, une hausse de l'ordre de 1 à 4% des indicateurs sanitaires (mortalité anticipée, admissions hospitalières, etc.), est observée.

## Ozon

Ozon entsteht in der Atmosphäre unter dem Einfluss der Sonneneinstrahlung durch komplexe chemische Reaktionen der Vorläufersubstanzen (primäre Schadstoffe) wie Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen.

Das Vorhandensein dieses Reizgases kann zu Husten, Brustbeschwerden, Kurzatmigkeit, Nasen- und Augenreizungen führen. Es erhöht auch die Empfindlichkeit gegenüber Pollen.

Wenn die Ozonkonzentration in der Luft ansteigt, ist in den folgenden Tagen ein Anstieg der Gesundheitsindikatoren (vorzeitige Mortalität, Krankenhauseinweisungen usw.) in der Größenordnung von 1 % bis 4% zu beobachten.

## Origine de l'ozone

Ces premiers résultats de source apportent en ozone sur le Rhin Supérieur sur deux périodes estivales d'étude montrent l'importance de l'import sur les concentrations moyennes d'ozone.

Les activités du Rhin Supérieur ont contribué en moyenne à 5 à 15% des niveaux simulés, le reste provenant de l'extérieur du territoire via un import d'ozone ou de ses précurseurs chimiques. Notons que ces résultats moyens sur plusieurs jours ne sont pas directement extrapolables sur un pas de temps horaire, utilisé pour caractériser un épisode de pollution à l'ozone.

L'analyse de l'origine du polluant par zone géographique montre l'influence exercée par les territoires voisins. Le déplacement des masses d'air (durée de vie du polluant et de ses précurseurs) et le temps de formation du polluant à partir des précurseurs expliquent cette interaction forte entre territoires voisins. Ainsi, par exemple, en moyenne sur les deux épisodes, l'activité du Bade Wurtemberg a contribué pour près de 60% aux concentrations d'ozone de Bâle-Ville.

Les résultats sur l'origine sectorielle du polluant au sein du Rhin Supérieur (donc hors import) montrent l'influence des secteurs du transports routier et de l'industrie dans la production d'ozone, en tant qu'émetteurs d'oxydes d'azote, de composés organiques volatiles et d'oxydes d'azote.

## Ursprung des Ozons

Diese ersten Ergebnisse der Ursachenanalyse über zwei sommerliche Untersuchungszeiträume zeigen für den Oberrhein die Bedeutung des Imports von Ozon.

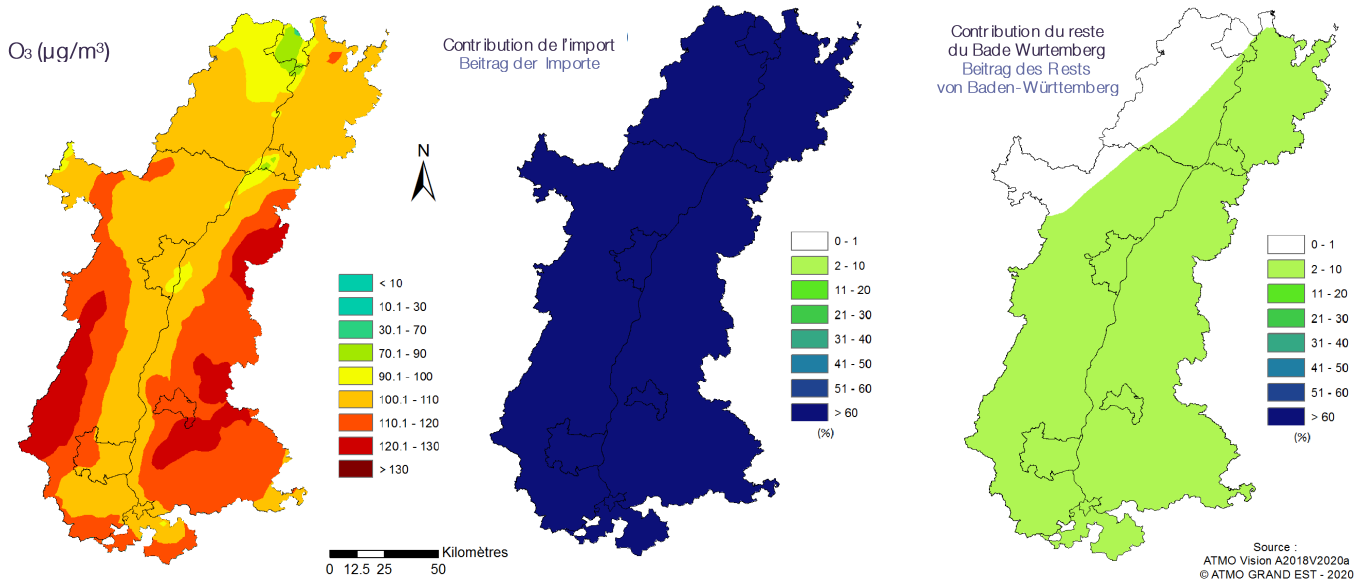
Die Aktivitäten am Oberrhein trugen im Durchschnitt 5 % bis 15 % zu den simulierten Werten bei, der Rest kam von außerhalb des Gebietes über einen Import von Ozon oder Ozonvorläufern. Es ist zu beachten, dass diese durchschnittlichen Ergebnisse über mehrere Tage nicht direkt auf einen stündlichen Zeitschritt extrapoliert werden können, der zur Charakterisierung einer Ozonbelastungsepisode verwendet wird.

Die Analyse der Herkunft des Schadstoffs nach geographischen Gebieten zeigt den Einfluss benachbarter Gebiete. Die Verschiebung von Luftmassen (Lebensdauer des Ozons und dessen Vorläufer), die mit dem Zeitpunkt der Bildung des Schadstoffs aus Vorläufern verbunden ist, erklärt diese starke Wechselwirkung zwischen benachbarten Gebieten. Im Durchschnitt der beiden Episoden trug z. B. die Aktivität von Baden-Württemberg also zu fast 60% zu den Ozonkonzentrationen in Basel-Stadt bei.

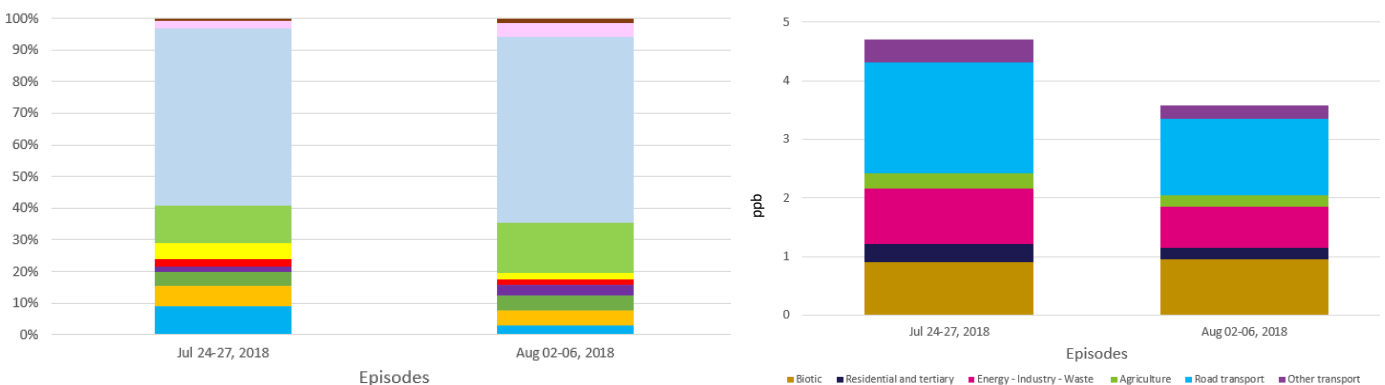
Die Ergebnisse zur sektoriellen Herkunft des Schadstoffs innerhalb des Oberrheins (also ohne Importe) zeigen den Einfluss der Sektoren Straßenverkehr und Industrie als Emittenten von Stickoxiden und VOC für die Ozonbildung.

Entant que polluant précurseur, le dioxyde d'azote réagit avec des composés organiques volatiles, émis notamment par la végétation, ce qui explique la contribution notable du secteur biotique dans la formation de l'ozone.

Als Vorläuferschadstoff reagiert Stickstoffdioxid mit flüchtigen organischen Verbindungen, die insbesondere von der Vegetation emittiert werden. Dadurch trägt der biogene Sektor einen bedeutenden Beitrag zur Ozonbildung bei.



Concentrations moyennes en ozone du 02 au 06 août 2018 (carte de gauche), contribution moyenne de l'import de pollution (carte du milieu) et contribution moyenne de l'activité du reste du Bade Wurtemberg (carte de droite) aux concentrations de ces deux journées. / Durchschnittliche Ozonkonzentrationen vom 02. bis 06. August 2018 (Karte links), durchschnittlicher Beitrag der importierten Belastung (mittlere Karte) und durchschnittlicher Beitrag der Aktivität im übrigen Baden-Württemberg (Karte rechts) zu den Konzentrationen an diesen beiden Tagen.



Origine géographique des concentrations moyennes en ozone, hors import, simulées sur Bâle-Ville lors des deux périodes estivales étudiées. / Geographische Herkunft der für Basel-Stadt simulierten mittleren Ozonkonzentrationen, ohne Importe, während der zwei untersuchten Zeiträume im Sommer.

Origine sectorielle des concentrations moyennes en ozone sur l'Eurométropole de Strasbourg lors des deux périodes estivales étudiées (hors import). / Sectorielle Herkunft der durchschnittlichen Ozonkonzentration in der Eurometropole Straßburg während der beiden untersuchten Zeiträume im Sommer (ohne Importe).

## Outils webs pour les résultats du source apportionment

Etant donné la complexité des résultats (nombre de sources et de polluants, et donc nombre de cartes à afficher), un outil web a été créé pour chaque épisode de pollution étudié. Ces applications cartographiques ont la forme de tableaux de bord avec cartographies et diagrammes.

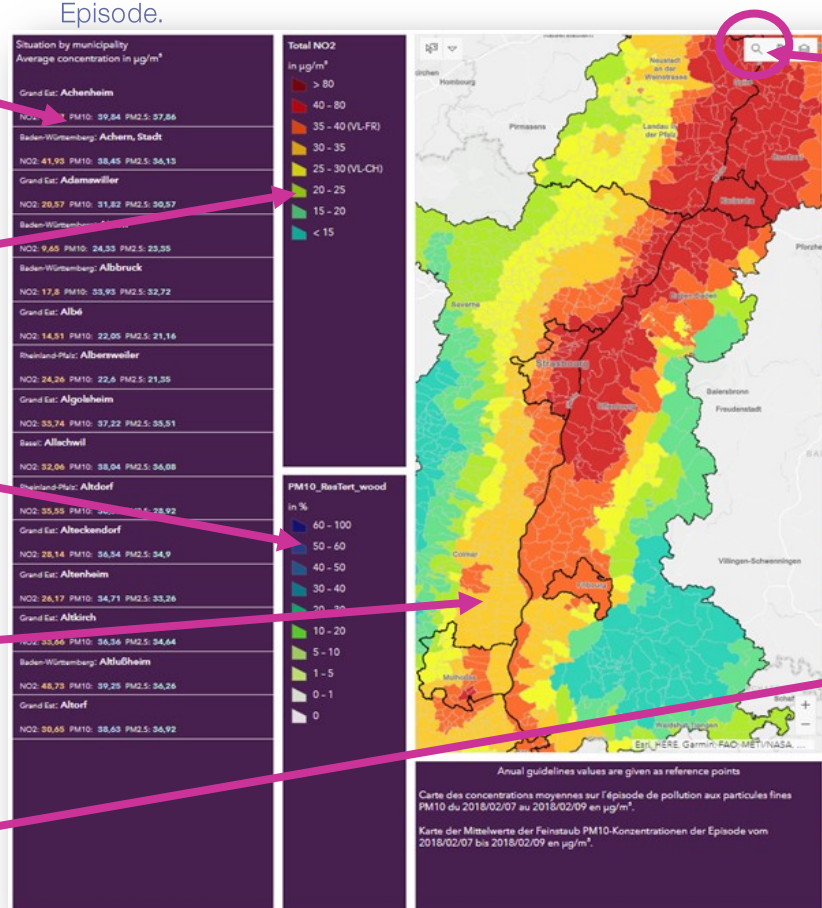
L'utilisateur choisit dans une liste le polluant à afficher (NO<sub>2</sub> ou PM<sub>10</sub> ou PM<sub>2,5</sub>), ainsi qu'une source de contribution. Deux cartes sont alors affichées : à gauche la carte des concentrations moyennes du polluant lors de l'épisode, à droite la carte des pourcentages moyens de contribution de la source sélectionnée aux concentrations du polluant durant l'épisode.

## Web-Tools für Ergebnisse des Quellenbeitrags

Angesichts der Komplexität der Ergebnisse (Anzahl der Quellen und Schadstoffe und daher Anzahl der darzustellenden Karten) wurde für jede untersuchte Episode mit erhöhter Belastung ein Webtool erstellt. Diese Karten-Anwendungen haben die Form von Dashboards mit Karten und Diagrammen.

Der Benutzer wählt in einer Liste den anzuzeigenden Schadstoff (NO<sub>2</sub> oder PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub>) sowie eine Quelle für den Beitrag aus. Es werden dann zwei Karten angezeigt: links die Karte der durchschnittlichen Konzentrationen des Schadstoffs während der Episode, rechts die Karte des durchschnittlichen prozentualen Beitrags der ausgewählten Quelle zu den Konzentrationen des Schadstoffs während dieser Episode.

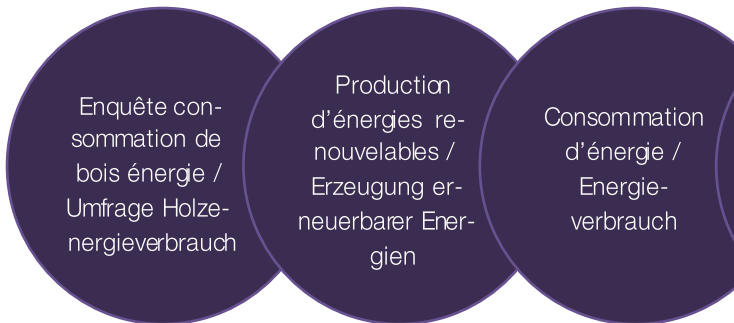
- Sélection d'une commune (France) ou d'une « Gemeinde » (Allemagne et Suisse)  
Wahl einer « Commune » (Frankreich) oder einer Gemeinde (Deutschland und Schweiz)
- Echelle de couleur pour les concentrations moyennes lors de l'épisode de pollution étudié  
Farbskala für die mittleren Konzentrationen während des untersuchten Zeitraums mit erhöhter Belastung
- Echelle de couleur pour les pourcentages moyens de contributions lors de l'épisode étudié  
Farbskala für die mittlere prozentuale Beiträge der Quellen während der untersuchten Zeiträume mit erhöhter Belastung
- Carte de la moyenne de NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ou PM<sub>2,5</sub> sur l'épisode  
Karte der NO<sub>2</sub>-, PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub>-Mittelwert während der Episode
- Carte des pourcentages moyens de contribution de la source sélectionnée durant l'épisode  
Karte der durchschnittlichen prozentualen Beiträge der gewählte Quelle während der Episode



## Accès aux outils webs Atmo-VISION

[www.atmo-vision.eu](http://www.atmo-vision.eu)

Rubrique « Origine de la pollution de l'air »  
Rubrik « Ursache der Luftbelastung »

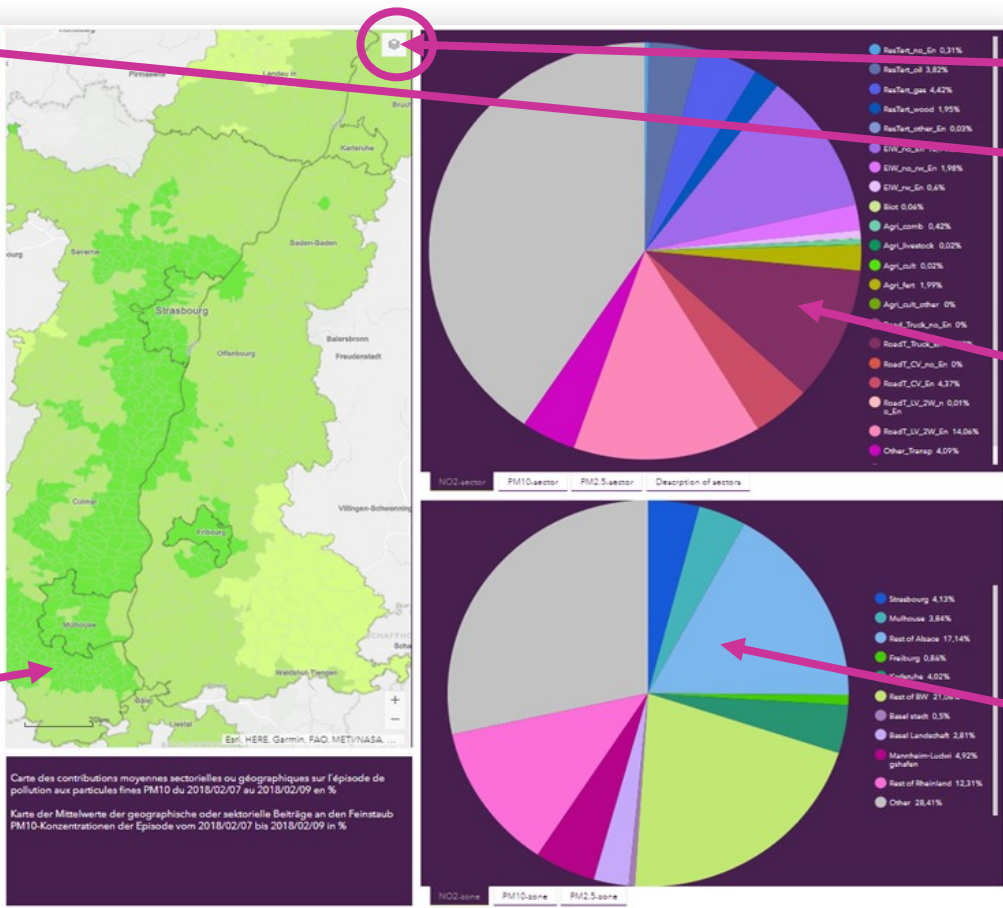


L'utilisateur peut rechercher un nom de commune en cliquant sur la loupe sur la carte de gauche. La carte zoome alors sur la zone de la commune, et le menu de gauche se met à jour avec la liste des communes appartenant à cette zone. L'utilisateur doit alors cliquer sur la commune précise sur la carte pour mettre à jour les diagrammes (le contour de la commune devient violet).

Lorsque l'utilisateur a directement cliqué sur une commune récepteur dans le menu de gauche, cela a l'effet d'une sélection de zone géographique. La carte zoome sur le secteur de la commune. L'utilisateur doit alors cliquer sur la commune de la carte pour rafraichir les résultats des diagrammes (le contour de la commune devient violet).

Der Benutzer kann nach einem Gemeindepnamen suchen, indem er auf die Lupe auf der linken Karte klickt. Die Karte zoomt dann auf das Gemeindegebiet und das linke Menü aktualisiert sich mit der Liste der Gemeinden, die zu diesem Gebiet gehören. Der Benutzer muss in der Karte auf die jeweilige Gemeinde klicken, um die Diagramme zu aktualisieren (der Umriss der Gemeinde wird violett).

Wenn der Benutzer im linken Menü direkt auf eine Gemeinde geklickt hat, hat dies die Wirkung einer geographischen Gebietsauswahl. Die Karte zoomt auf das Gebiet der Gemeinde. Der Benutzer muss dann auf die Kommune in der Karte klicken, um die Diagrammresultate zu aktualisieren (der Umriss der Gemeinde wird violett).

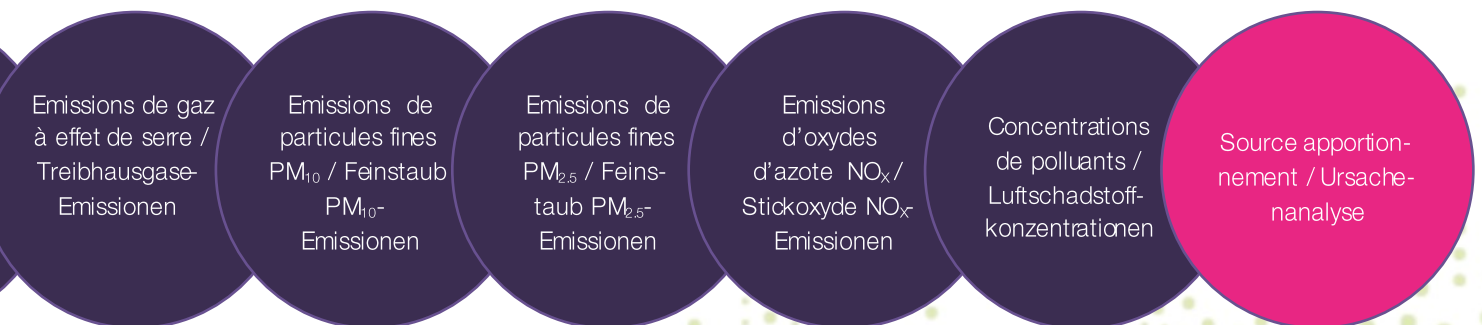


Choix de la source dans la liste  
Wahl der Quelle in der Liste

Recherche d'une commune  
Suche nach einer Gemeinde

Diagramme des contributions des secteurs et sources d'énergie durant l'épisode pour le NO<sub>2</sub>, les PM<sub>10</sub> ou les PM<sub>2,5</sub>  
Diagramm der Beiträge der Sektoren und Energiequellen während der Episode für NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub>

Diagramme des contributions des zones géographiques durant l'épisode pour le NO<sub>2</sub>, les PM<sub>10</sub> ou les PM<sub>2,5</sub>  
Diagramm der Beiträge der geographischen Zonen während der Episode für NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub>



# L'outil excel à télécharger

En complément de l'outil web, qui permet d'afficher différentes cartes épisode par épisode, un fichier excel permet à des utilisateurs d'aller plus en détail dans l'analyse des résultats pour les 212 sources, et pour tous les épisodes simultanément (mais sans affichage de cartes).

Dans ce fichier, l'utilisateur sélectionne un polluant, un épisode de pollution, une zone géographique récepteur et une précision d'affichage des résultats.

Il reçoit ensuite dans différents onglets des histogrammes de contributions géographiques et sectorielles pour l'ensemble des épisodes, ainsi que des diagrammes très détaillés sur les contributions des 212 sources au niveau du point récepteur pour l'épisode choisi.

# Das Excel-Tool zum Herunterladen

Zusätzlich zum Webtool, das es erlaubt, verschiedene Karten Episode für Episode anzuzeigen, erlaubt eine Excel-Datei dem Benutzer, die Ergebnisse für die 212 Quellen und für alle Episoden gleichzeitig (aber ohne Anzeige von Karten) genauer zu analysieren.

In dieser Datei wählt der Benutzer einen Schadstoff, einen Zeitraum erhöhter Luftbelastung, ein empfangendes geographisches Gebiet und ein Schwellenwert für die Anzeige der Ergebnisse aus.

Er erhält dann in verschiedenen Reitern Histogramme der geographischen und sektoriellen Beiträge für alle Episoden sowie sehr detaillierte Diagramme der Beiträge der 212 Quellen am Empfangsort für die ausgewählte Episode.

1. Average by --->	<b>Region</b>	Choose if you want to see the results by site or by region
2. Region Select --->	<b>Strasbourg</b>	Choose your site or region (see map beside)
3. Species Select --->	<b>NO2</b>	Choose your pollutant
	Unit: <b>ppb</b>	/
4. Piechart Episode Select --->	<b>Nov 22-23, 2018</b>	Choose your episode (description below) impacting charts 3
5. Displaying legends charts 3 --->	<b>1%</b>	Choose the level of detail in the display of the legends in charts 3 according to the percentage contribution.

Chart 1 : Episode Average NO2 Contributions (ppb) by Emission Sector in Strasbourg

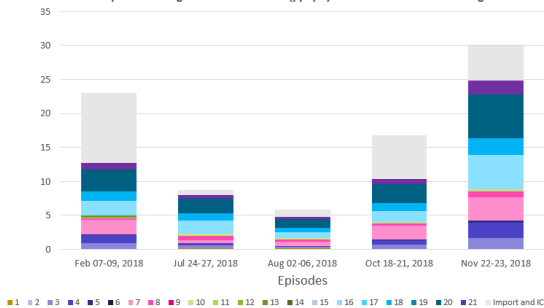


Chart 2 : Episode Average NO2 Contributions (ppb) by Source Region in Strasbourg

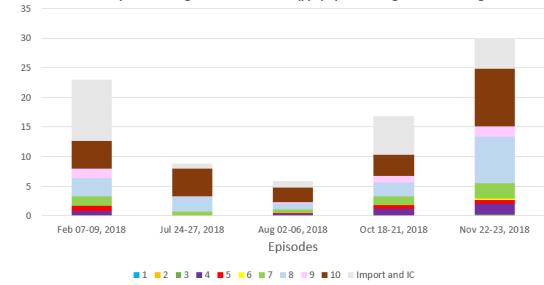
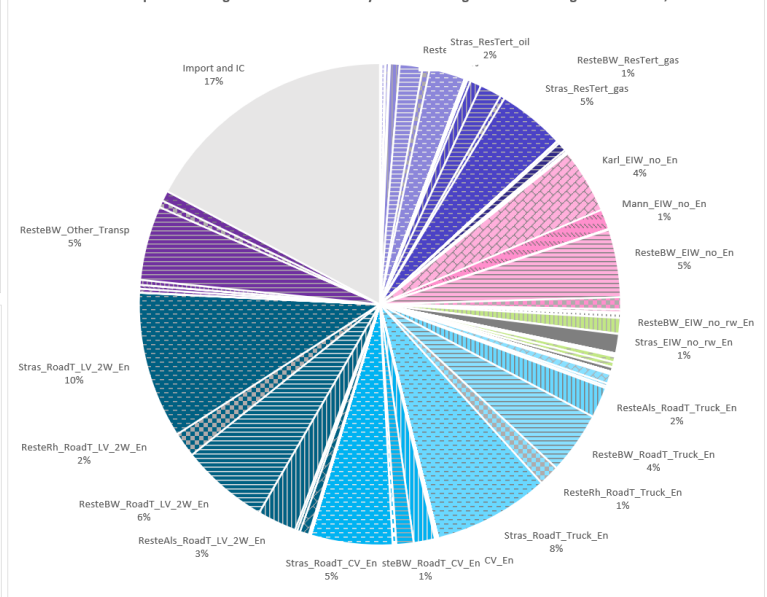


Chart 3 : Episode Average NO2 Contributions by Sector and Region in Strasbourg for Nov 22-23, 2018



Nom	Id	Description	
Biologiques	1	Biotic	No energy
Residential_tertiaire_hors_energie	2	Residential and tertiary	No energy
Residential_tertiaire_produits_petroliers	3		Oil products
Residential_tertiaire_gaz	4		gas
Residential_tertiaire_bois	5		wood
Residential_tertiaire_autres_energies	6	Other energies	No energy
Industrie_energie_dechets_hors_energie	7	Energy - Industry - Waste	No energy
Industrie_energie_dechets_enr	8		Renewable energy
Agriculture_combustion	10	Agriculture - combustion	All energies
Agriculture_clevage	11	Agriculture - livestock	No energy
Agriculture_culture_travail_du_sol	12	Agriculture - culture - tillage	No energy
Agriculture_culture_epandage_engrais	13	Agriculture - cultivation - fertilizer application	No energy
Agriculture_culture_autres	14	Agriculture - culture - others	No energy
Transport routiers_LV_energie	15	Road transport Truck	All energies
Transport routiers_LV_energie	16		No energy
Transport routiers_VLM_hors_energie	17	Road transport commercial vehicles	No energy
Transport routiers_VLM_energie	18		All energies
Transport routiers_VL_2R_hors_energie	19	Road transport - light vehicles - two wheels	No energy
Transport routiers_VL_2R_energie	20		All energies
Autres_transports	21	Other transport (train - plane - etc.)	All energies
Import and IC		Pollutant import and Initial Conditions	



- 1 Basel-Landschaft
- 2 Basel-Stadt
- 3 Freiburg (FR)
- 4 Karlsruhe (KA)
- 5 Mannheim (MA) - Ludwigshafen (LU)
- 6 Mulhouse (MUL)
- 7 Elsass ohne STG und MUL
- 8 Baden ohne KA, MA und FR
- 9 Pfalz ohne LU
- 10 Strasbourg (STG)
- 11 Außerhalb Gebiet Atmo-VISION



## Analyse des causes par PMF : Factorisation Matricielle Positive

Sur les trois sites de mesure Freiburg Schwarzwaldstraße (proche du trafic), Kehl et Strasbourg Nord (tous deux en zone urbaine), les concentrations de particules fines  $PM_{10}$  et de certains de leurs composants ont été déterminées quotidiennement pour toute l'année 2018. Ces données constituent la base de l'analyse des causes utilisant la factorisation matricielle positive (PMF).

La PMF est basée sur une analyse factorielle multivariée [1], [2], [3]. Les composants dont les séries chronologiques sont très similaires sont représentés par un seul « facteur » et identifiés comme source ou groupe source. Sur les trois sites, les mêmes sept ou huit groupes de sources ont été identifiés à l'aide de la PMF et leur contribution aux concentrations de  $PM_{10}$  a été quantifiée (figure page suivante).

Le **facteur trafic** trouve sa contribution la plus élevée à la station de Freiburg Schwarzwaldstraße avec 20%, suivie de Kehl avec 17% et de Strasbourg Nord avec 12%. Ce facteur est caractérisé par une forte contribution du CE (carbone élémentaire) et du CO (carbone organique). Ces deux substances proviennent, entre autres, des gaz d'échappement du trafic routier. En outre, le facteur trafic contient du fer et de nombreux autres métaux, qui sont libérés par l'abrasion des pneus et des freins.

Le **facteur de remise en suspension** des particules fines comprend les particules d'origine naturelle (matériau de la croûte terrestre) ainsi que les particules générées par l'abrasion ou par les émissions de gaz d'échappement du trafic (CE, CO, suie). Les turbulences sont causées par le vent ou les mouvements des véhicules. Le pourcentage annuel moyen de turbulences se situe entre 12 % (à Kehl) et 16 % (à Strasbourg Nord). Les deux facteurs trafic et turbulences sont difficiles à séparer statistiquement, car ils sont tous deux liés au trafic.

## Ursachenanalyse mittels PMF: Positivmatrix-Faktorisierung

An den drei Messstandorten Freiburg Schwarzwaldstraße (verkehrsnahe), Kehl und Strasbourg Nord (beide städtischer Hintergrund) wurden im Jahr 2018 die Feinstaub  $PM_{10}$ -Konzentrationen und die Konzentrationen verschiedener Feinstaubinhaltsstoffe täglich bestimmt. Diese Daten bilden die Grundlage für die Ursachenanalyse mittels Positivmatrix-Faktorisierung (PMF).

Die PMF basiert auf einer multivariaten Faktorenanalyse [1], [2], [3]. Inhaltsstoffe mit sehr ähnlichen Zeitreihen werden in einem « Faktor » zusammengefasst und als Quelle oder Quellengruppe identifiziert. An allen drei Standorten wurden dieselben sieben bzw. acht Quellengruppen mittels PMF identifiziert und deren Anteile an der  $PM_{10}$ -Konzentration quantifiziert (Abbildung auf der nächsten Seite).

Der **Faktor Verkehr** zeigt an der verkehrsnahen Station Freiburg Schwarzwaldstraße den höchsten Beitrag mit 20 %, gefolgt von Kehl mit 17 % und Strasbourg Nord mit 12 %. Dieser Faktor ist gekennzeichnet durch hohe Beiträge von EC (elementarer Kohlenstoff) und OC (organischer Kohlenstoff). Beide Substanzen stammen u. a. aus den Abgasen des Straßenverkehrs. Zusätzlich sind im Faktor Verkehr Eisen und zahlreiche andere Metalle enthalten, die durch den Abrieb von Reifen und Bremsen freigesetzt werden.

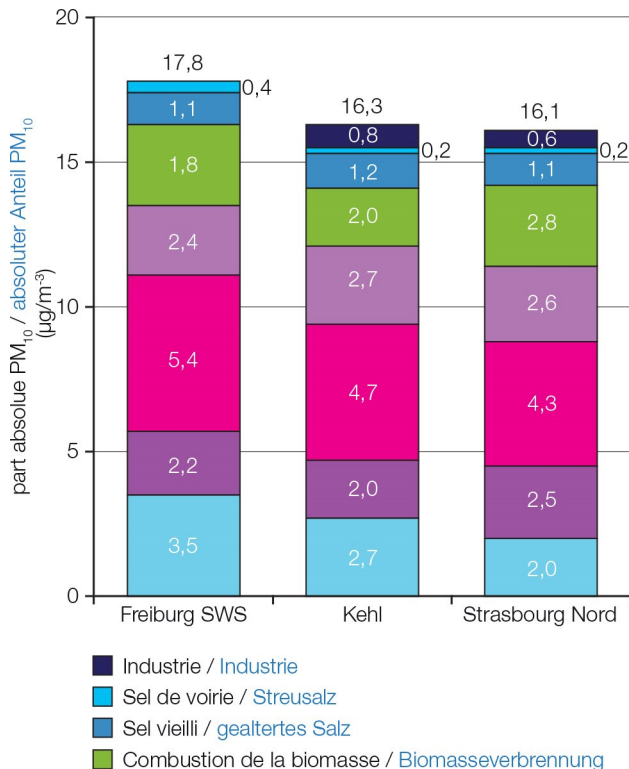
Der **Faktor Aufwirbelung** von Staubpartikeln enthält Partikel natürlichen Ursprungs (Erdkrustenmaterial) sowie Partikel, die durch Abrieb oder durch die Abgasemissionen des Verkehrs (EC, OC, Ruß) erzeugt werden. Die Aufwirbelung erfolgt durch den Wind oder durch Fahrzeugbewegungen. Die Anteile der Aufwirbelung liegen im Jahresdurchschnitt zwischen 12 % (Kehl) und 16 % (Strasbourg Nord). Die beiden Faktoren Verkehr und Aufwirbelung sind statistisch nur schwer voneinander zu trennen, da beide mit dem Verkehr zusammenhängen.

[1] Schwarz, P., Scheinhardt, S. & Witzig, C. (2019): Identifizierung und Quantifizierung von Feinstaubquellen im Raum Stuttgart anhand von Inhaltsstoffanalysen und Positivmatrix-Faktorisierung (PMF). Immissionsschutz 03.19, 127-132.

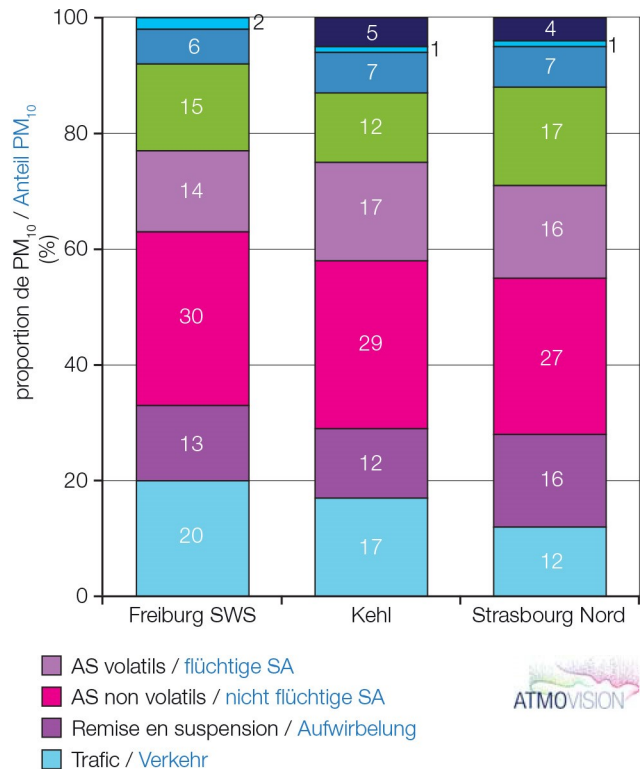
[2] Belis, C. A., Larsen, B. R., Amato, F., El-Haddad, I., Favez, O., Harrison, R. M., Hopke, P. K., Nava, S., Paatero, P., Prevot, A., Quass, U., Vecchi, R. & Viana, R. (2014): European guideline on air pollution source apportionment with receptor models. European Commission - Joint Research Center.

[3] Van Pinxteren, D., Mothes, F., Spindler, G., Wadinga Fomba, K. & Hermann, H. (2017): Auswertung der gravimetrischen  $PM_{10}$ -Messungen in Sachsen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Berlin zur Identifikation des Anteils verschiedener Quellen an der Feinstaubbelastung anhand der Inhaltsstoffe und anhand von Rezeptormodellierungen (PMOST).

Le facteur d'aérosols secondaires non volatils est principalement composé d'ammonium et de sulfate. La principale source d'ammonium est l'agriculture (élevage, fertilisation), tandis que le sulfate peut être attribué aux émissions de l'industrie et des centrales électriques au charbon. Ce facteur est celui qui possède la plus forte concentration de PM<sub>10</sub>. Elle se situe entre 27% (à Strasbourg Nord) et 30% (à Freiburg Schwarzwaldstraße).



Der Faktor der nicht flüchtigen sekundären Aerosole setzt sich hauptsächlich aus Ammonium und Sulfat zusammen. Die Hauptquelle für Ammonium ist die Landwirtschaft (Nutztierhaltung, Düngung), während Sulfat auf die Emissionen der Industrie und den Kohlekraftwerken zurückgeführt werden kann. Dieser Faktor hat den höchsten Anteil an der PM<sub>10</sub>-Konzentration. Er liegt zwischen 27 % (Straßburg Nord) und 30 % (Freiburg Schwarzwaldstraße).



Comparaison des contributions absolues et relatives des groupes sources aux concentrations de PM<sub>10</sub> aux trois stations de mesure de qualité de l'air de Freiburg Schwarzwaldstraße (trafic), Kehl et Strasbourg Nord (fond urbain) en 2018 / Vergleich der absoluten und prozentualen Anteile der « Faktoren » an der PM<sub>10</sub>-Konzentration an den Luftmessstationen Freiburg Schwarzwaldstraße (verkehrsnahe), Kehl und Straßburg Nord (städtischer Hintergrund) im Jahr 2018

Le facteur d'aérosols secondaires volatils est principalement formé par l'ammonium et le nitrate. Le nitrate se forme dans l'atmosphère à partir des oxydes d'azote (principalement liés au trafic routier). Les proportions se situent entre 14 % (à Freiburg Schwarzwaldstraße) et 17 % (à Kehl).

La part du facteur de combustion de la biomasse se situe entre 12 % (à Kehl) et 17 % (à Strasbourg Nord). Ce facteur montre des contributions élevées de CE, de CO, de benzo(a)pyrène, de potassium et de lévoglucosan. Ces dernières substances sont considérées comme un indicateur de la combustion du bois. Les contributions sont élevées pendant le semestre d'hiver et faibles pendant le semestre d'été.

Der Faktor der flüchtigen sekundären Aerosole wird hauptsächlich durch Ammonium und Nitrat gebildet. Nitrat entsteht in der Atmosphäre aus Stickstoffoxiden (hauptsächlich aus dem Straßenverkehr). Die Anteile liegen zwischen 14 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 17 % (Kehl).

Der Faktor für die Biomasseverbrennung hat an den drei Standorten einen Anteil zwischen 12 % (Kehl) und 17 % (Straßburg Nord). Der Faktor zeigt hohe Beiträge von EC, OC, Benzo(a)pyren, Kalium und Levoglucosan. Letztere Substanzen gelten als Indikator für die Holzverbrennung. Die Beiträge sind im Winterhalbjahr hoch und im Sommerhalbjahr niedrig.

Le facteur pour le sel vieilli et le sel de mer contribue à hauteur de 5 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) à 7 % (Kehl, Strasbourg Nord) aux concentrations de PM<sub>10</sub>. C'est sur le site de la Freiburg Schwarzwaldstraße, situé à proximité de la circulation, que le facteur sel de voirie a la part la plus élevée (2 %). Sur les deux autres sites, le facteur sel routier ne contribue que faiblement à la pollution par les PM<sub>10</sub> (1 %).

Aux deux stations de Kehl et Strasbourg Nord, le **facteur industrie** est ajouté avec une part de 4 % et 5 % respectivement. Ces contributions proviennent des entreprises industrielles des environs.

La factorisation matricielle positive donne des résultats cohérents pour les trois sites. Les résultats diffèrent légèrement en fonction de la localisation du site. Les aérosols secondaires ont les parts les plus élevées avec 46 % (Kehl), 44 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) et 43 % (Strasbourg Nord). Les parts imputables au trafic (facteurs trafic et turbulences) sont de 33 % (Freiburg Schwarzwaldstraße), 29 % (Kehl) et 28 % (Strasbourg Nord). La contribution de la combustion de la biomasse, du sel de voirie et du sel vieilli ainsi que de l'industrie dans les concentrations annuelle de PM<sub>10</sub> varie selon le lieu.

## Analyse des causes selon Lenschow pour le NO<sub>2</sub> et les PM<sub>10</sub>

Dans l'analyse des causes selon l'approche de Lenschow<sup>1</sup>, une distinction est faite entre les contributions du contexte à grande échelle, de la zone urbaine et de l'environnement local.

Cette distinction est faite sur la base des résultats des mesures, complétés si nécessaire dans le cas du contexte urbain par des calculs de modèle. Le fond à grande échelle résulte des résultats des mesures effectuées aux points de mesure du fond rural.

La contribution urbaine est la différence entre les points de mesure du milieu urbain et du milieu rural. La contribution locale est la différence entre la valeur mesurée à proximité du trafic et le fond urbain.

Der Faktor für gealtertes Streu- und Meersalz trägt zwischen 5 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 7 % (Kehl, Straßburg Nord) zur PM<sub>10</sub>-Konzentration bei. Der Faktor Streusalz hat den höchsten Anteil mit 2 % am verkehrsnahen Standort Freiburg Schwarzwaldstraße; an den beiden anderen Standorten trägt der Faktor Streusalz mit 1 % ebenfalls nur geringfügig zur PM<sub>10</sub>-Belastung bei.

An den beiden Stationen Kehl und Straßburg Nord kommt noch der **Faktor Industrie** mit einem Anteil von 4 % bzw. 5 % dazu. Dies Beiträge stammen aus den Industriebetrieben im Umfeld.

Die Positivmatrix-Faktorisierung liefert für die drei Standorte plausible Ergebnisse. Die Ergebnisse unterscheiden sich geringfügig, je nach Lage des Standorts. Die höchsten Anteile haben die Sekundäraerosole mit 46 % (Kehl), 44 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 43 % (Straßburg Nord). Die auf den Verkehr zurückzuführenden Anteile (Faktoren Verkehr und Aufwirbelung) liegen bei 33 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) 29 % (Kehl) und 28 % (Straßburg Nord). Biomasseverbrennung, Streusalz und gealtertes Salz sowie die Industrie tragen standortabhängig zur PM<sub>10</sub>-Jahreskonzentration bei.

## Ursachenanalyse von NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub> nach dem Lenschow-Ansatz

Bei der Ursachenanalyse mit dem Lenschow-Ansatz<sup>1</sup> wird zwischen den Beiträgen des großräumigen Hintergrundes, dem städtischen Bereich und dem lokalen Umfeld unterschieden.

Diese Aufteilung erfolgt durch die Messergebnisse, gegebenenfalls beim städtischen Hintergrund ergänzt durch Modellrechnungen. Der großräumige Hintergrund ergibt sich aus den Messergebnissen an den ländlichen Hintergrundmessstellen.

Der städtische Beitrag ist die Differenz zwischen dem städtischen und ländlichen Hintergrundmessstellen. Der lokale Beitrag ist die Differenz zwischen dem Messwert in Verkehrsnähe und dem städtischen Hintergrund.

<sup>1</sup> Lenschow et al. 2001: Lenschow, P., H.-J. Abraham, K. Kutzner, M. Lutz, J.-D. Preuß, W. Reichenbacher, „Some ideas about the sources of PM<sub>10</sub>“ Atmospheric Environment, Vol. 35 Nr. 1, Seite 23-33, 2001

<sup>2</sup>TA-Luft: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002, GMBI 2002, Heft 25- 29, S. 511 - 605 vom 30. Juli 2002

Les données de l'inventaire des émissions sont ensuite utilisées pour déterminer la contribution de chaque groupe de sources à la contribution urbaine et locale. Pour la contribution urbaine, on considère les émissions dans une grille de 5 km x 5 km et pour la contribution locale, les émissions dans une grille de 500 m x 500 m. Pour les sources industrielles, un calcul de dispersion est effectué avec le modèle TA-Luft<sup>2</sup> AUSTAL.

Pour l'analyse des causes selon l'approche de Lenschow réalisée dans le cadre d'Atmo-VISION, les valeurs moyennes annuelles de 2018 ainsi que les données de l'inventaire des émissions transfrontalières pour l'année 2016, qui ont été compilées dans le cadre du projet, sont utilisées.

Les résultats pour les 3 sites de Freiburg Schwarzwaldstraße (proximité trafic), Kehl et Strasbourg Nord (tous deux en fond urbain) pour les deux composants dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> et particules fines PM<sub>10</sub> sont visibles sur les deux sites.

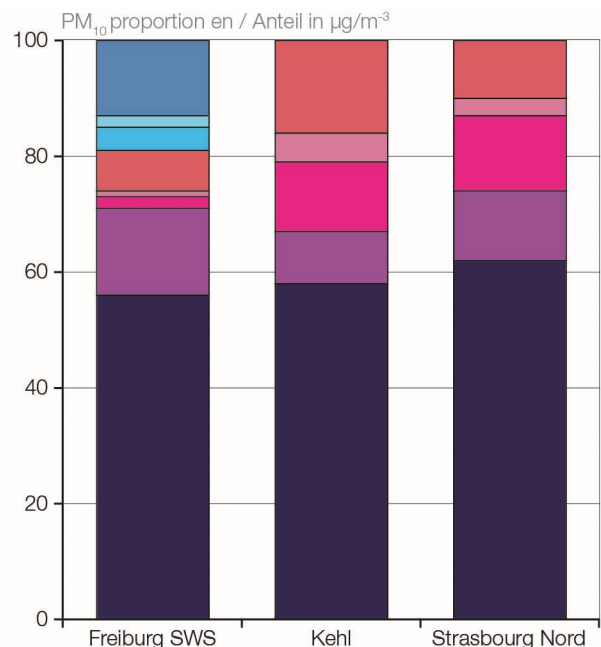
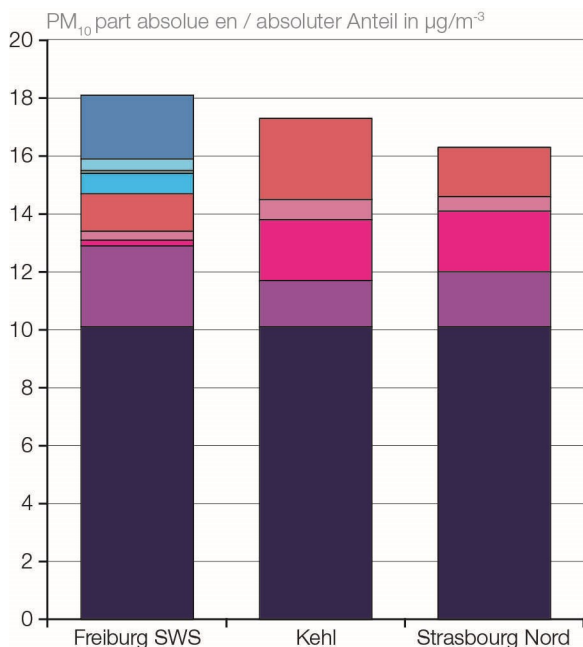
A Kehl et Strasbourg Nord, il n'y a par définition aucune composante locale. La part locale sur le site de la Schwarzwaldstraße à Freiburg est de 19 % pour les particules PM<sub>10</sub> et de 62 % pour le dioxyde d'azote.

Mit den Daten des Emissionskatasters werden daraufhin die Anteile der einzelnen Quellengruppen am städtischen und lokalen Beitrag bestimmt. Dabei werden für den städtischen Beitrag die Emissionen im Raster von 5 km x 5 km und für den lokalen Beitrag die Emissionen im Raster von 500 m x 500 m berücksichtigt. Für die Quellen der Industrie wird eine Ausbreitungsrechnung mit dem TA-Luft<sup>2</sup>-Modell AUSTAL durchgeführt.

Für die im Rahmen von Atmo-VISION durchgeführte Ursachenanalyse nach dem Lenschow-Ansatz werden die Jahresmittelwerte von 2018 sowie die Daten des grenzüberschreitenden Emissionskatasters für das Jahr 2016, das im Rahmen des Projekts erstellt wurde, verwendet.

Die Ergebnisse für die 3 Standorte Freiburg Schwarzwaldstraße (verkehrsnahe), Kehl und Straßburg-Nord (beide städtischer Hintergrund) für die beiden Komponenten Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub> und Feinstaub PM<sub>10</sub> sind in den beiden Darstellungen ersichtlich.

An den beiden Standorten Kehl und Straßburg Nord gibt es definitionsgemäß keinen lokalen Anteil. Der lokale Anteil am Standort Freiburg Schwarzwaldstraße liegt beim Feinstaub PM<sub>10</sub> bei 19 % und bei Stickstoffdioxid 62 %.



- Contexte à grand échelle / Großräumiger Hintergrund
- Résidentiel et tertiaire ur / Kleine und mittlere Feuerungen st
- Industrie, autres transports ur / Industrie, Offroad, STE st
- Transport routier gaz d'échappement ur / Straßenverkehr Abgas st
- Transport routier remise en suspension et abrasion ur / Straßenverkehr AWAR st

- Résidentiel et tertiaire lo / Kleine und mittlere Feuerungen lo
- Autres transports lo / Offroad, STE lo
- Transport routier gaz d'échappement lo / Straßenverkehr Abgas lo
- Transport routier remise en suspension et abrasion lo / Straßenverkehr AWAR lo

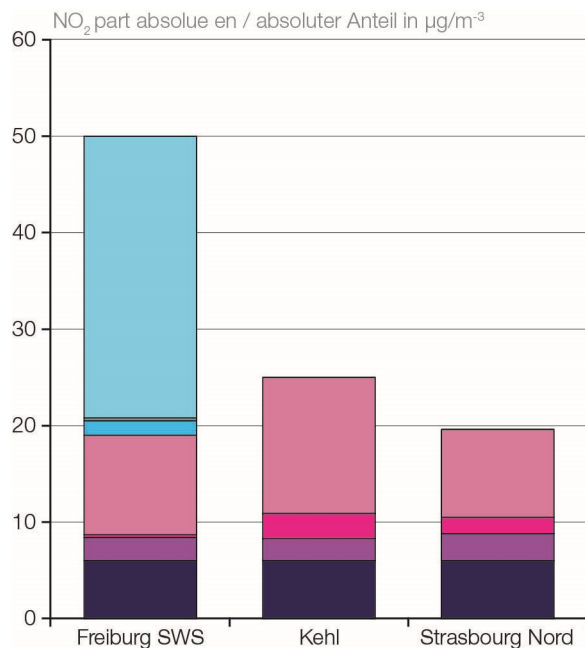


Pour les particules  $PM_{10}$ , le niveau de fond à grande échelle se situe entre 56 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) et 62 % (Strasbourg Nord) : c'est une indication claire que les particules sont largement déterminées à grande échelle. La contribution urbaine se situe entre 25 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) et 42 % (Kehl). La contribution des installations de combustion se situe entre 9 % (Kehl) et 19 % (Freiburg Schwarzwaldstraße). Le trafic routier contribue entre 16 % (Strasbourg Nord) et 23 % (Freiburg Schwarzwaldstraße).

Pour le dioxyde d'azote, le niveau de fond à grande échelle varie de 12 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) à 30 % (Strasbourg Nord). La contribution urbaine se situe entre 26 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) et 76 % (Kehl). La contribution des installations de combustion se situe entre 8 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) et 14 % (Strasbourg Nord). Le trafic routier y contribue entre 48 % (Strasbourg Nord) et 80 % (Freiburg Schwarzwaldstraße).

Explications des chiffres :

- STE : autres équipements techniques (décharges, utilisation de produits, distribution de gaz naturel, équipements (industriels, agricoles et forestiers, militaires), biogaz).
- AWAR : remise en suspension et abrasion (route, pneus, abrasion des freins)
- ur : urbain
- lo : local



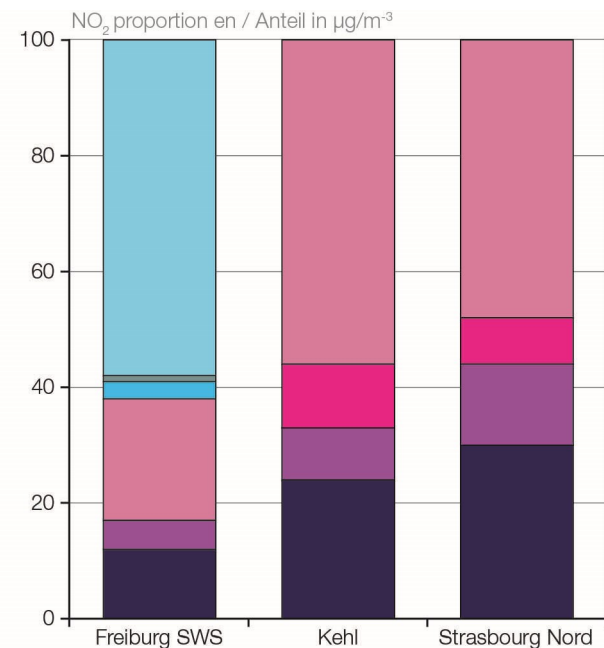
- Contexte à grand échelle / Großräumiger Hintergrund
- Résidentiel et tertiaire ur / Kleine und mittlere Feuerungen st
- Industrie, autres transports ur / Industrie, Offroad, STE st
- Transport routier ur / Straßenverkehr st

Bei Feinstaub  $PM_{10}$  liegt der großräumige Hintergrund zwischen 56 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 62 % (Strasbourg Nord) – ein deutlicher Hinweis, dass Feinstaub größtenteils großräumig bestimmt wird. Der städtische Anteil liegt zwischen 25 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 42 % (Kehl). Der Beitrag der Feuerungsanlagen liegt zwischen 9 % (Kehl) und 19 % (Freiburg Schwarzwaldstraße). Der Straßenverkehr trägt zwischen 16 % (Strasbourg Nord) und 23 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) bei.

Bei Stickstoffdioxid liegt der großräumige Hintergrund zwischen 12 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 30 % (Strasbourg Nord). Der städtische Beitrag liegt zwischen 26 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 76 % (Kehl). Die Feuerungen haben einen Beitrag zwischen 8 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 14 % (Strasbourg Nord). Der Straßenverkehr trägt zwischen 48 % (Strasbourg Nord) und 80 % (Freiburg Schwarzwaldstraße) bei.

Erläuterungen zu den Abbildungen:

- STE: Sonstige Technische Einrichtungen (Abfalldeponien, Produkteinsatz, Erdgasverteilung, Geräte (Industrie, Land- und Forstwirtschaft, Militär), Biogas)
- AWAR: Aufwirbelung und Abrieb (Straßen-, Reifen-, Bremsabrieb)
- st: städtisch
- lo: lokal



- Résidentiel et tertiaire lo / Kleine und mittlere Feuerungen lo
- Autres transports lo / Offroad, STE lo
- Transport routier lo / Straßenverkehr lo

## **NOUVEAUX OUTILS PUBLICS POUR LE RHIN SUPÉRIEUR NEUE OFFENE TOOLS FÜR DEN OBERRHEIN**

Les différentes applications cartographiques web sont accessibles à tous en ligne et ont la forme de tableaux de bord avec cartographies et diagramme. L'outil excel est également téléchargeable librement.

Les outils sont dédiés à être manipulés par des professionnels (institutions, administrations, enseignement, recherche, etc.) ou des particuliers (associations, étudiants, etc.) à des fins de sensibilisation, planification, etc.

Die verschiedenen Web-Karten-Anwendungen sind für alle online zugänglich und haben die Form von Dashboards mit Karten und Diagrammen. Das Excel-Tool ist frei herunterladbar.

Die Werkzeuge sind dazu bestimmt, von Fachleuten (Institutionen, Verwaltungen, Lehre, Forschung usw.) oder Einzelpersonen (Vereine, Studierende usw.) zu Zwecken der Sensibilisierung, Planung usw. verwendet zu werden.

## **UN NOUVEL OUTIL DE MODELISATION POUR LE RHIN SUPERIEUR EIN NEUES MODELLIERUNGSTOOL FÜR DEN OBERRHEIN**

Grâce au soutien technique de son développeur l'entreprise RAMBOLL dans le cadre du projet, le modèle de source apportionment CAMx a pu être adapté au Rhin supérieur, ce avec 212 sources, un nombre inédit jusqu'ici. Un transfert de compétence a permis de rendre désormais l'outil disponible pour les experts de la région pour d'autres applications.

Dank der technischen Unterstützung seines Entwicklers RAMBOLL war es im Rahmen des Projekts möglich, das CAMx-Modell der Quellenzuordnung mit 212 Quellen, eine bisher unerreichte Anzahl, an den Oberrhein anzupassen. Durch einen Know-how-Transfer steht das Werkzeug den Experten in der Region für weitere Anwendungen zur Verfügung.

## **PERSPECTIVES D'AMÉLIORATIONS AUSBLICK FÜR DIE VERBESSERUNG**

Les modélisations reflètent par essence plus ou moins la réalité, les résultats peuvent être confrontés à ceux d'autres modèles et d'autres méthodes de source apportionment telles que la PMF ou l'analyse selon Lenschow.

Da die Modelle im Wesentlichen mehr oder weniger die Realität widerspiegeln, können die Ergebnisse mit denen anderer Modelle und anderer Methoden der Ursachenanalyse wie PMF oder Lenschow-Ansatz verglichen werden.

# APPORTS D'ATMO-VISION SUR LA MODELISATION DE L'ORIGINE DE LA POLLUTION DE L'AIR

## BEITRÄGE VON ATMO-VISION ZUR MODELLIERUNG DER URSACHEN DER LUFTBELASTUNG

### PERSPECTIVE D'APPLICATION ANNUELLE AUSBLICK ZU EINER JÄHRLICHEN ANWENDUNG

Le projet a permis de réaliser des calculs sur différents épisodes de pollution, permettant de travailler sur les normes françaises en termes de pics de pollution (information et recommandation, alerte). Il s'agit désormais, en augmentant les moyens informatiques, de réaliser ces calculs à l'échelle d'une année pour exploiter les résultats en regard des normes annuelles de qualité de l'air. Un nouvel outil web pourrait alors présenter des résultats annuels.

Das Projekt ermöglichte es, Berechnungen zu verschiedenen Episoden erhöhter Luftbelastung durchzuführen, wodurch es möglich wurde, französische Kurzzeit-Normen in Bezug auf erhöhte Konzentrationen zu berücksichtigen (Informationen und Empfehlungen, Warnungen). Durch die Erweiterung der Computerressourcen sollen diese Berechnungen nun im Maßstab eines Jahres durchgeführt werden, um die Ergebnisse in Bezug auf die jährlichen Luftqualitätsnormen verwenden zu können. Ein neues Web-Tool könnte dann jährliche Ergebnisse präsentieren.

### PERSPECTIVES D'AUTRES ZONES GÉOGRAPHIQUES D'APPLICATION AUSBLICK FÜR ANWENDUNGEN AUF WEITERE GEOGRAPHISCHE ZONEN

Les outils développés dans le cadre du projet Atmo-VISION, qui permettent d'identifier les origines géographiques, sectorielles et énergétiques des concentrations en polluants, vont être déployés sur d'autres territoires à commencer par la région Grand Est en France.

Die im Rahmen des Projekts Atmo-VISION entwickelten Werkzeuge, die es ermöglichen, die geographischen, sektoriellen und energetischen Ursprünge von Schadstoffkonzentrationen zu identifizieren, werden in anderen Gebieten eingesetzt, angefangen mit der Region Grand Est in Frankreich.



# ATMOVISION

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)