



Beurteilung der Luftqualität auf dem Flughafen Basel-Mulhouse und in den Nachbargemeinden

Bericht der folgenden Messungen:

- 15. Juni bis 13. Juli 2022 (Sommerphase)
- 18. Januar bis 15. Februar 2023 (Winterphase)

VERBREITUNG:

Uneingeschränkte Verbreitung zur Weiterverwendung der Daten unter folgenden Bedingungen:

- Die Daten von ATMO Grand Est sind lizenzfrei und für die Allgemeinheit frei verfügbar.
- Bei der teilweisen oder ganzen Nutzung dieses Dokuments muss ATMO Grand Est als Quelle angegeben werden.
- Auf Anfrage stellt ATMO Grand Est die Charakteristiken der angewendeten Mess- und Datenverarbeitungstechniken sowie die geltenden Umweltbestimmungen bereit.
- ATMO Grand Est kann das vorliegende Dokument Dritten zur Verfügung stellen.
- Dieser Bericht wird bei geänderter Datenlage nicht erneut verbreitet.

ZUSTÄNDIGE ANSPRECHPERSONEN

Urheberschaft: *Christelle SCHNEIDER, Studieningenieur – Überwachung und Regulierungsstudien Einheit*

Revision: *Morgane KESSLER, Studienbeauftragte – Überwachung und Regulierungsstudien Einheit*

Genehmigung: *Bérénice JENNESON, Leiterin – Überwachung und Regulierungsstudien Einheit*

Berichtsvorlage: COM-FE-001_8

Projektreferenz: MSP-00833

Berichtsreferenz:

Französische Fassung: SURV-EN-948 Index 3.0 (annulliert und ersetzt die Version SURV-EN-948 Index 2.0) - Veröffentlichung: 17/11/2023

Deutsche Fassung: INT-EN-039 Index 1.0 - Veröffentlichung: 17/11/2023

ATMO Grand Est

Espace Européen de l'Entreprise – 5 rue de Madrid – 67300 Schiltigheim

Tél : 03 69 24 73 73

Mail : contact@atmo-grandest.eu

Anmerkung zur Übersetzung: Diese deutsche Höflichkeitsübersetzung wurde auf der Grundlage der französischen Originalversion von ATMO Grand Est erstellt.

Begriffe

Emissionen: Als Masse ausgedrückter Ausstoss von Luftschadstoffen, beispielsweise direkt aus dem Auspuff von Strassen- und Luftfahrzeugen oder Kaminen von Industrieanlagen

Immissionen: Konzentration der Luftschadstoffe, die eingeatmet werden. Die als Masse pro Volumen ausgedrückten Immissionen ergeben sich aus Verdünnung, Umwandlung und Übertragung von Emissionen.

Belastung, Wert: Konzentration von Schadstoffen in der Luft.

Schadstoff: Chemischer Stoff, der durch den Menschen direkt oder indirekt in die Luft freigesetzt wird und sich schädlich auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt als Ganzes auswirken kann.

Hintergrund(-belastung): Für einen bestimmten städtischen oder ländlichen Raum ausgedrückte Schadstoffbelastung einer Bevölkerung, die nicht einer direkten industriellen oder verkehrsnahen Belastung ausgesetzt ist. Die Hintergrundbelastung ist nicht mit der Umgebungsdosis zu verwechseln, also der langfristigen Schadstoffkonzentration in der Umgebungsluft.

Belastung im direkten Umfeld: Schadstoffbelastung einer Bevölkerung durch Immissionen aus einer direkten industriellen oder verkehrsnahen Quelle.

Grenzwert: Wertvorgabe aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse, um die gesundheits- und/oder umweltschädliche Wirkung eines Schadstoffs zu vermeiden, vorzubeugen oder zu mindern. Diese Wertvorgabe ist innerhalb einer vorgegebenen Frist zu erreichen und danach nicht wieder zu überschreiten.

Luftqualitätsziel: Wertvorgabe, die es, sofern dies mit zumutbaren Mitteln möglich ist, langfristig zu erreichen und beizubehalten gilt, um die Gesundheit und die Umwelt als Ganzes wirkungsvoll zu schützen.

Zielwert: Wertvorgabe aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse, um die gesundheits- und/oder umweltschädliche Wirkung eines Schadstoffs zu vermeiden, vorzubeugen oder zu mindern.

Informations- und Empfehlungsschwelle: Belastungswert, ab dem die kurzfristige Belastung für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen gesundheitsschädigend sein kann, weshalb ihnen unverzüglich geeignete Informationen zu erteilen sowie Empfehlungen abzugeben sind, um diese Emissionen zu reduzieren.

Alarmschwelle: Wert, bei dessen kurzfristiger Überschreitung ein Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung als Ganzes und/oder für die Umwelt besteht, weshalb Sofortmassnahmen gerechtfertigt sind.

Perzentil: Soll das Perzentil X einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten, bedeutet dies, dass X Prozent der gemessenen Tage (oder bei Stunden-Perzentilen Stunden) Tages- (bzw. Stunden-) Werte aufweisen müssen, die unter dem Grenzwert liegen.

Tagesmittelprofil: Durchschnittliche Schadstoffkonzentration während der Messperiode für jede Stunde des Tages.

Abkürzungen

AASQA:	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air (zugelassener Verein zur Überwachung der Luftqualität)
AGE:	ATMO Grand Est
ACNUSA:	Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (französische Lärmschutzbehörde).
BTEX:	Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole.
C₆H₆:	Benzol
IARC:	Internationales Zentrum für Krebsforschung
CITEPA:	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (französische Branchenorganisation für die Untersuchung der Luftqualität).
COV:	Composés Organiques Volatils : Verflüchtigte organische Stoffe
COVNM:	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques - Nicht Methan Verflüchtigte organische Stoffe
DGAC:	Direction Générale de l'Aviation Civile (französische Zivilluftfahrtbehörde).
DIR Est:	Direction Interdépartementale des Routes de l'Est (französische Nationalstrassenbehörde, Sektor Ost).
EAP:	EuroAirPort Basel Mulhouse
IGN:	Institut Géographique National (französische geografische Behörde).
LCSQA:	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (französische Aufsichtsbehörde für die Luftqualität).
LD:	Detektionsgrenze
UM:	Mobiles Labor
NO:	Stickstoffmonoxid.
NO₂:	Stickstoffdioxid.
NO_x:	Stickstoffoxide.
WHO:	Weltgesundheitsorganisation
OPE:	Observatoire Pérenne de l'Environnement (französische dauerhafte Umweltbeobachtungsstelle).
PM₁₀:	Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 Mikrometern (µm) und weniger
PM_{2.5}:	Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2.5 Mikrometern (µm) und weniger.
PRSQA:	Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (regionales Programm zur Aufsicht der Luftqualität).
GIS:	Geographisches Informationssystem
SLA:	Saint-Louis Agglomération
SO₂:	Schwefeldioxid.
STAC:	Service technique de l'aviation civile (französischer Fachdienst für Zivilluftfahrt).
UT:	Universalzeit («Universal Time»).

INHALT

1. GEGENSTAND UND ZIEL DER STUDIE	5
2. GEMESSENE PARAMETER.....	6
3. 3. EINGESETZTE MITTEL.....	9
3.1. MESSMETHODE IN DER UMGEBUNGSLUFT	9
3.2. PASSIVE MESSGERÄTE	9
3.3. DIE SENSORSYSTEME.....	11
3.4. DIE MOBILEN MESSSTATIONEN	13
3.5. VERGLEICH MIT DEN LUFTREINHALTE-VORSCHRIFTEN	13
3.6. MESSSTANDORTE	14
3.7. QUALITÄTSSICHERUNG	17
3.8. MESSUNGSUNSIHERHEITEN UND JÄHRLICHE REPRESENTATIVE.....	17
4. RESULTATE DER MESSKAMPAGNE.....	18
4.1. METEOROLOGISCHE VERHÄLTNISSSE	18
4.2. NIEDERSCHLÄGE UND TEMPERATUREN.....	19
4.3. WINDGESCHWINDIGKEITEN UND -RICHTUNG	20
4.4. PASSIVSAMMLER-MESSUNGEN	24
4.4.1. Stickstoffdioxid (NO ₂).....	24
4.4.2. Benzol.....	27
4.4.3. Andere flüchtige organische Verbindungen (VOC).....	30
4.5. PARTIKELMESSUNGEN	32
4.6. MESSRESULTATE DER MOBILEN STATIONEN (NO ₂ -PM-SO ₂) UND DER MIKROSENSOREN	35
4.6.1. Analyse der Tagesschwankungen.....	36
4.6.2. Untersuchung der Korrelationen mit dem Strassenverkehr auf der A35 (nur Sommerphase) und dem Flugverkehr des Flughafens Basel-Mulhouse (Sommer- und Winterphase).....	42
4.6.3. Messergebnisse der mobilen Stationen und Bezug zum Gesetzesrahmen	50
4.6.4. Monatliche Schadstoffwindrosen auf stündlichen Daten	55
5. ENTWICKLUNG DER LUFTBELASTUNG	62
5.1. JÄHRLICHE ÜBERWACHUNG DER LUFTBELASTUNG SEIT 2005.....	62
5.2. ENTWICKLUNG DER LUFTBELASTUNG IM MESSNETZ DES FLUGHAFENS (2019-2020 UND 2022-2023).....	62
6. KARTOGRAFIE MIT GEOSTATISTISCHER OPERATION	68
7. BILANZ DER GRENZWERTÜBERSCHREITUNGEN	70
SCHLUSSFOLGERUNGEN	71

1. GEGENSTAND UND ZIEL DER STUDIE

Im Rahmen der Überwachung der Luftqualität auf dem Flughafengelände und in den Nachbargemeinden hat der Flughafen Basel-Mulhouse ATMO Grand Est mehrfach damit beauftragt, auf dem Flughafen die Luftqualität in unmittelbarer Nähe zu den wichtigsten Emissionsquellen (Flugzeuge, Feuerungsanlagen, Kraftstofflager usw.) zu ermitteln und die Luftqualität in den Nachbargemeinden, die unter den vorherrschenden Winden des Flugverkehrs liegen und am stärksten vom Flugverkehr betroffen sind, zu beurteilen, um die allfällige Exposition der Einwohner in der Umgebung des Flughafens zu beurteilen. Es ist anzumerken, dass es in der Umgebung des Gebiets noch weitere Emissionsquellen gibt (im Sommer: landwirtschaftliche Aktivitäten, im Winter die Heizung der Haushalte, die beide Feinstäube erzeugen; und Jahreslang der Strassenverkehr für NO₂).

Zu diesem Zweck wurden seit 2005 mehrere Messkampagnen durchgeführt:

- 6.–26. Juli 2005: Publikation Februar 2006, ASPA-05110301-ID
- 8.–22. Februar 2006: Publikation Juni 2006, ASPA-06060501-ID
- 22. März – 5. April und 13.–27. September 2011: Publikation Februar 2012, ASPA-12021001-ID
- 28. Januar – 5. Februar und 28. Juni – 26. Juli 2016: Publikation Februar 2019, PROJ-EN-032 Index 3.0
- Messkampagnen 11. Juni – 9. Juli 2019 (Sommerphase) und 23. Januar – 20. Februar 2020 (Winterphase) - Publikation Juni 2021 – PROJ-EN-464

Überdies wurden Messkampagnen durchgeführt, um die Luftqualität speziell rund um die Zone 6Bis und um die Arbeitszone für die Gepäcksortierung am Flughafen Basel-Mulhouse zu ermitteln:

- Zone 6Bis: 20. März – 4. Mai und 26. Oktober – 9. November 2011: Publikation Februar 2012, ASPA-12021002-ID
- Arbeitszone Gepäcksortierung: 28. August – 12. September 2013: Publikation Oktober 2013, ASPA-13101001-ID

Ergänzend hat ATMO Grand Est für den Flughafen drei Emissionsquelleninventare und eine CO₂-Bilanz erstellt:

- Inventar der Luftschadstoffemissionen am EuroAirport™ (Referenzjahr 2003): Publikation November 2005, ASPA-05112801-ID
- Inventar Luftschadstoffemissionen am EuroAirport™ (Referenzjahr 2009): Publikation November 2011, ASPA-11112103-ID
- Inventar der Luftschadstoffemissionen am EuroAirport® (Referenzjahr 2015): Publikation Januar 2018, ACC-EN-170 Index 2.0
- Inventar der Luftschadstoffemissionen am EuroAirport® (Referenzjahr 2019): - Publikation März 2022, EE-EN-015
- CO₂-Bilanz® für den EuroAirport™: Publikation Februar 2012, ASPA-11113001-ID

Zu beachten ist, dass für die Jahre 2022-2023 Erhebungen durchgeführt werden.

Mit der Absicht, ein weiteres Mal die Umweltfolgen des Flughafens und seiner Aktivitäten zu beurteilen, haben der Flughafen Basel-Mulhouse und ATMO Grand Est eine Luftmesskampagne mit den folgenden Zielsetzungen geplant:

- ✓ Die Werte der Luftverschmutzung auf dem Flughafengelände und in den Nachbargemeinden messen (Aktualisierung der Daten 2019-2020);
- ✓ Die gemessenen Daten mit den in Frankreich und in der Schweiz geltenden Grenzwerten und Luftqualitätszielen vergleichen;
- ✓ Die Konzentrationen mit den Werten der früheren Kampagnen vergleichen (und dabei möglichst die Witterungsverhältnisse berücksichtigen, die sich auf die Messwerte auswirken kann).

Diese Studie entspricht den Zielsetzungen von ATMO Grand Est gemäss Regionalem Luftreinhalteplan 2017–2023 («Plan Régional de Surveillance de la Qualité de l’Air», PRSQA), die periodische Überwachung rund um die Flughäfen mit Umweltprüfungen der Flughafenplattformen zu gewährleisten:

- **Massnahme 2 PRSQA:** Beurteilung der verschiedenen Expositionswerte mit Beschreibung des Umfelds der Emissionsquellen;
- **Massnahme 13 PRSQA:** Mitarbeit an der Ausarbeitung von Massnahmenplänen der privaten Akteure in den emittierenden Branchen und Verbesserung der Kenntnisse über die Emissionsbeiträge der verschiedenen Branchen.

2. GEMESSENE PARAMETER

Die gemessenen Parameter entsprechen im Wesentlichen den Schadstoffen, die von den Flugzeugen und den Flughafenaktivitäten verursacht werden.

- **NO_x (NO und NO₂):** Entsteht aus Luft-Stickstoff bei den von der Motorenverbrennung verursachten hohen Temperaturen und Druckwerten (Flugzeuge, Spezialmaschinen in der reservierten Zone, Strassenverkehr usw.); Reizt die Bronchien, steigert die Häufigkeit und Schwere von Asthmaanfällen, begünstigt Lungenentzündungen bei Kindern.
- **PM₁₀ und PM_{2.5}:** Entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von Kerosin und in den Strassenfahrzeugen.; Reizt die Atemwege und beeinträchtigt die Atemfunktion; gewisse Feinstaubpartikel begünstigen Genveränderung und Krebs.
- **SO₂:** Oxidation des in Treibstoffen enthaltenen Schwefels; Reizt die Schleimhäute, die Haut und die oberen Atemwege.
- **VOC (inkl. NMVOC und BTEX):** äusserst vielfältige Schadstoffe in den Treibstoffen (Luftfahrt und Strasse), die durch Verbrennung und Verdampfung freigesetzt werden; **Benzol:** Wirkt sich auf das Nervensystem, die Blutkörperchen und -plättchen aus, kann zu Bewusstlosigkeit führen; wirkt genverändernd und krebserregend; **Andere NMVOC:** Entfalten äusserst unterschiedliche Wirkungen, können zu Geruchsstörungen, Reizungen und beeinträchtigter Atemleistung führen.

Diese Schadstoffe haben andere Ursprünge. Auf globalerer Sicht zeigt die folgende Abbildung die Emissionssektoren auf regionaler und nationaler Ebene.

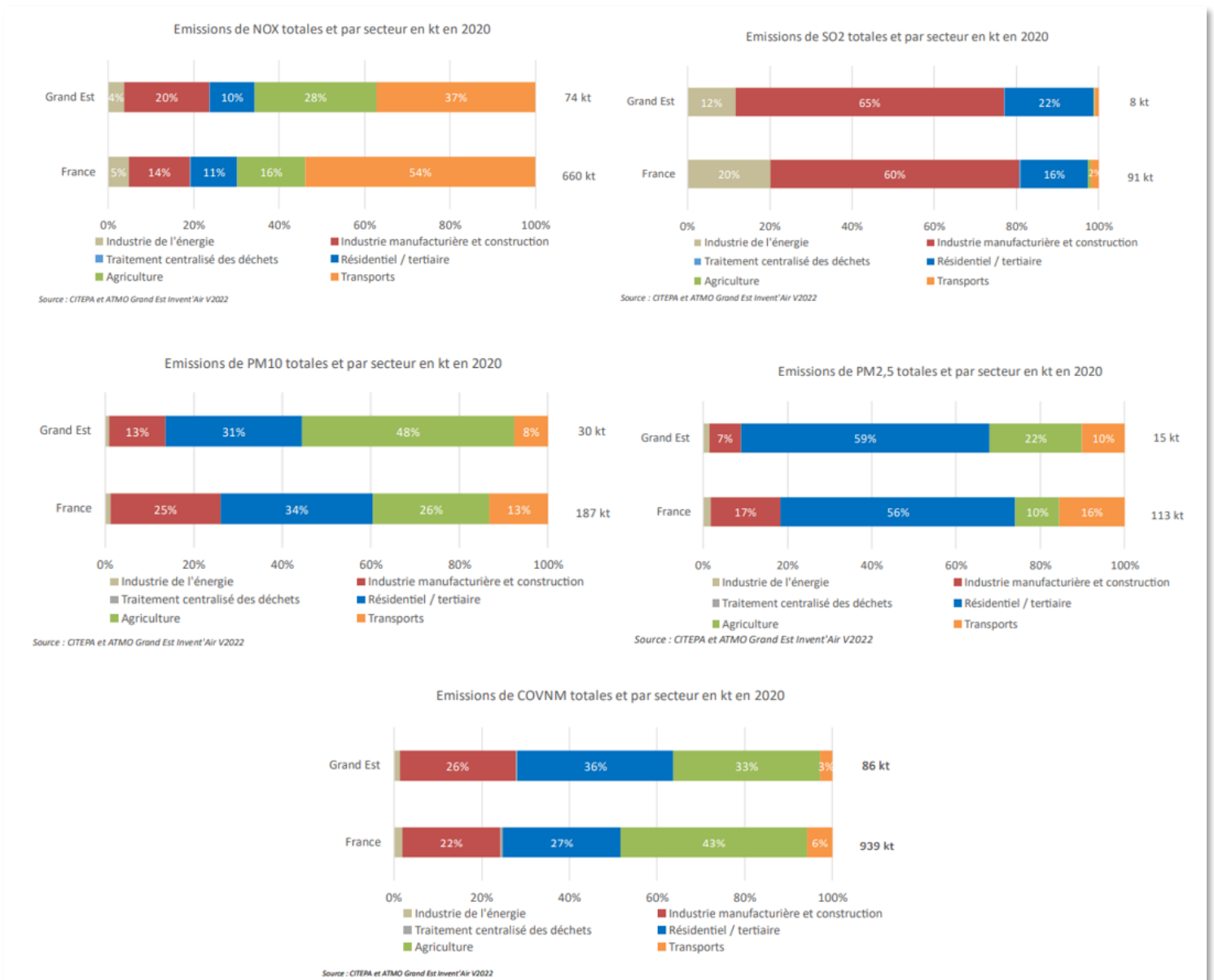


Abbildung 1: Emissionssektoren der untersuchten Schadstoffe (Quelle: Regionale Daten: ATMO Grand Est - Invent'Air V2022 Referenzjahr 2020; Nationale Daten: CITEPA)

Begründung der gewählten Parameter

ATMO Grand Est hat im Jahr 2022 für den Flughafen Basel-Mulhouse ein Inventar der Emissionsquellen auf dem Flughafengelände erstellt¹. Auf dieser Grundlage konnten die wichtigsten Quellen der verschiedenen Schadstoffe ermittelt werden, sowie der Beitrag des Flughafens (inkl. Flugverkehr) an den Gesamtemissionen der Zone inklusive Nachbargemeinden. Anzumerken ist, dass eine neue Erhebung derzeit von ATMO Grand Est für das Flughafen Basel-Mulhouse erstellt wird.

¹ Inventar der Luftschadstoffemissionen am Flughafen Basel-Mulhouse (Referenzjahr 2019): Publikation März 2022, EE-EN-015 Index 2.0.

	Schadstoff	Total Emissionen Umgebungs-zone (UZ) 2019 (t/Jahr)	Total Emissionen Flughafen (Quellen am Boden + Flugzeuge) 2019 (t/Jahr)	% Flughafen/ Umgebungszone (UZ)	Gemessene Parameter
VERSAUERUNG, EUTROPHIERUNG, PHOTOCHEMISCHE VERSCHMUTZUNG	SO ₂	35	23	66 %	<input checked="" type="checkbox"/>
	NO _x	682	301	44 %	<input checked="" type="checkbox"/>
	COVNM	573	161	28 %	<input checked="" type="checkbox"/>
	CO	1340	278	21 %	
	NH ₃	75	0,2	0,2 %	
BEITRAG ZUM TREIBHAUSEFFEKT	CH ₄	218	3,9	1,8 %	
	CO ₂	229 583	87 476	38 %	
	N ₂ O	24	3,0	12 %	
	HFC	12 102	25	0 %	
	PFC	-	-	-	
	SF ₆	135,4	-	-	
FEINSTÄUBE	TSP	283	52	19 %	
	PM ₁₀	138	26	19 %	<input checked="" type="checkbox"/>
	PM _{2.5}	86	17	20 %	<input checked="" type="checkbox"/>
	PM ₁	65	9	15 %	

Tabelle 1: Vergleich der Gesamtemissionen auf dem Flughafen Basel-Mulhouse (Boden und Flugzeuge) mit den Gesamtemissionen der Nachbargemeinden in der Umgebungszone (UZ) (Quelle: ATMO Grand Est: Erhebung der Luftschadstoffemissionen am Flughafen Basel-Mulhouse, Referenzjahr 2019, Publikation März 2022, EE-EN-015).

Bei der Auswahl der gemessenen Schadstoffe und Punkte wurden das Emissionsinventar, die technischen Leitfaden zur Beurteilung der Luftqualität in der Flughafenumgebung², die Anwohnerfragen sowie die Ergebnisse der vorherigen Messkampagnen berücksichtigt.

In Bezug auf die Veränderung der Messkampagne gegenüber den Vorjahren:

Angesichts der bisherigen Ergebnisse wurde für diese neue Messkampagne vereinbart, die Messeinrichtung zu optimieren, indem die Anzahl der Punkte und der zu überwachenden Schadstoffe leicht verringert wurde. Die oben genannten Parameter (NO₂, PM, SO₂, VOC) wurden in dieser Messkampagne 2022-2023 überwacht. Die Messungen von Kohlenmonoxid und Ozon, die an mobilen Laboren durchgeführt wurden, sowie die Messungen von Aldehyden und Phenolen mittels Passivsammlern (1 Messpunkt) wurden aufgrund der niedrigen Messwerte der vorangegangenen Kampagnen und der geringen Unterschiede zwischen Ozon am Ort und im Rest des Landes abgeschafft. Ausserdem wurden einige Messstellen für Stickstoffdioxid und Benzol im Vergleich zu den vorherigen Kampagnen entfernt (siehe Abbildung 4 - nahe beieinander liegende Messstellen, die keine zusätzlichen Informationen für die Studie brachten). Schliesslich werden die PM-Messungen mit Mikrosensoren anstelle von Microvol durchgeführt (siehe Teil 3.3).

Berücksichtigt wurden ebenfalls die Emissionen, die sich aus den besonderen Aktivitäten in der Zone 6Bis und in der Frachtzone ergeben.

² Quelle: DGAC/STAC: Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air autour d'un aéroport, Publikation März 2015, und et ACNUSA: Methodologisches Leitfaden für Flughäfen zur Bewertung ihrer Auswirkungen auf die lokale Luftqualität - Zusammenfassender Bericht über die Arbeit der Arbeitsgruppe zu Flughafenaktivitäten und Luftqualitätsmanagement - Publikation Juli 2016.

3. EINGESETZTE MITTEL

3.1. MESSMETHODE IN DER UMGEBUNGSLUFT

Für das Messsystem, welches das Studiengebiet des Flughafens und der Nachbargemeinden abdeckt, sind Daten aus **temporären Probenehmern** (flächendeckend) und Messungen der Belastungswerte mit **automatischen Messgeräten** (Beobachtung der zeitlichen Entwicklung der Luftqualität) an mobilen und festen Messstationen erforderlich:

- **Passivsammler:** Messung der Konzentration von Stickstoffdioxid (NO₂) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), insbesondere Benzol und Toluol, die als Tracer für den Luftverkehr gelten.
- **Mikrosensorsysteme** zur Bestimmung der Konzentration und Überwachung in Echtzeit (Viertelstunden- und Stundenwerte) von PM10- und PM2.5-Feinstäuben*.
- **Zwei Laborlastwagen:** ausgerüstet mit automatischen Messgeräten ähnlich derjenigen des festen Messnetzes, um die stündliche Entwicklung der Luftbelastung zu beobachten. Die Laborlastwagen sind mit Sensoren ausgerüstet, welche die Konzentration von Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxiden (NO und NO₂) sowie Feinstaub (PM10-PM2.5) permanent messen. Da das mobile Labor in Blotzheim PM2.5 nicht mit einem Partikelsammler messen konnte, wurde es mit einem Mikrosensor für PM2.5 ausgestattet*. Neben diesen chemischen Schadstoffen werden auch die meteorologischen Grössen Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windstärke und Windrichtung erfasst.

* Es ist zu beachten, dass die mobilen Labore in der vorherigen Messkampagne (2019-2020) keine PM2.5-Messungen durchführten. Die Werte wurden mithilfe von Microvols (Luftpumpensysteme auf Filtern und gravimetrische Analysen/Wägungen) quantifiziert. Die PM-Werte auf dem Flughafengelände wurden ebenfalls mithilfe von Microvols ermittelt.

3.2. PASSIVE MESSGERÄTE

Die Passivsammlermessung von Schadstoffen beruht auf der passiven Diffusion der Moleküle auf einer absorbierenden Oberfläche oder einem reaktiven Absorptionsmittel.

Die Anzahl der gesammelten Moleküle ist proportional zu ihrer Konzentration in der Luft. Nach der Probenahme, deren Dauer je nach gemessenem Stoff unterschiedlich ist, werden die Sammler im Labor analysiert, um die durchschnittliche Konzentration während der Expositionsdauer zu bestimmen.

Die Passivsammler haben viele Vorteile gegenüber den automatischen Messgeräten: Sie sind kostengünstig, lassen sich zahlreich und einfach einsetzen, erfordern keine Wartung und Kalibrierung usw. Sie werden in Gehäusen (Abb. 2), die sie vor Witterungseinflüssen schützen, 2 bis 3 Meter über dem Boden an bestehenden, leicht zugänglichen Anlagen montiert (Strassenleuchten, Pfosten oder Gitterzäune). Die Dauer der passiven Probenahme hängt vom fraglichen Schadstoff ab, aber auch von den allfälligen Empfehlungen der Labors.

Messgerät	Schadstoff	Analysemethode	Norm
Passivsammler NO ₂	Stickstoffdioxid (NO ₂)	Kolorimetrie bei 540 nm nach Saltzman-Verfahren	NF EN 16339 ³
Passivsammler VOC Carbograph 4™ RAD145	Flüchtige organische Verbindungen (>30 Stoffe)	Thermische Desorption mit anschließender Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektor oder Massenspektrometrie (GC-FID oder GC-MS)	NF EN 14662-4 ⁴
Passivsammler BTEX Carbograph 4™ RAD145	Benzol Toluol Ethylbenzol m- und p-Xylol o-Xylol	Thermische Desorption mit anschließender Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektor (GC-FID)	NF EN 14662-4

Tabelle 2: Probenahme- und Analyse-Methoden.

Drei Laboratorien wurden mit der Probeanalyse beauftragt (Tab. 3):

- Das LASAIR in den Räumlichkeiten der AASQA AirParif zur Analyse von NO₂;
- ICSM (Istituti Clinici Scientifici Maugeri, ehem. FSM – Fondazione Salvatore Maugeri) für VOC;
- SynAIRGIE (Laboratoire Interrégional de Chimie, ehem. GIE-LIC, basiert in Schiltigheim in den Räumlichkeiten von ATMO Grand Est) für die BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole).

	Labor	Geräte	Expositionsdauer
NO ₂	ATMO Grand Est	Passam-Röhren	14 Tage
COV	ICSM	Radiello©-Patrone Code 145	14 Tage
BTEX	SynAIRGIE	Radiello©-Patrone Code 145	14 Tage

Tabelle 3: Eigenschaften der Probeentnahmen mit Passivsammlern.

³ Französische Norm EN 16339, September 2013: «Außenluft – Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid mittels Passivsammler».

⁴ Französische Norm EN 14662-4, November 2005: «Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 4: Diffusionsprobenahme mit anschließender Thermodesorption und Gaschromatographie».

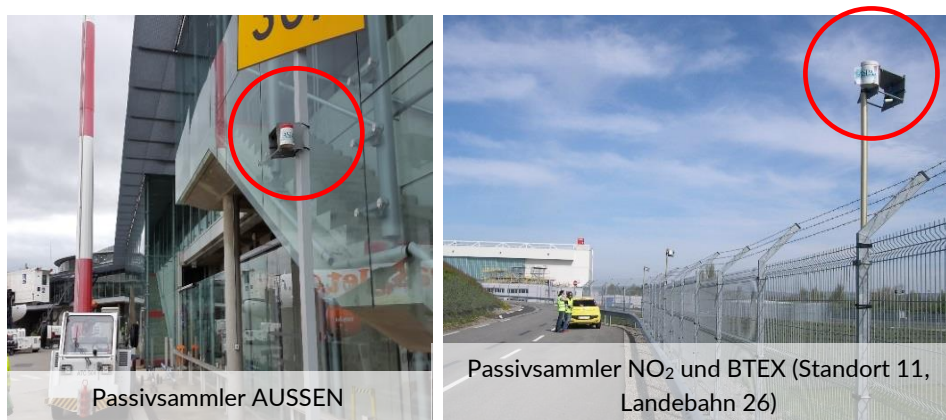


Abbildung 2: Passivsammlersysteme (Halter, Gehäuse, Rohre)

3.3. DIE SENSORSYSTEME

Die Messung der Feinstäube (PM₁₀, PM_{2.5}) erfolgte mithilfe von **Sensorsystemen** des Typs **CAIRNET**, die von der Firma ENVEA entwickelt wurden.

Das Funktionsprinzip beruht auf der optischen Erfassung des von den Feinstäuben gestreuten Lichts (optische Zähler).

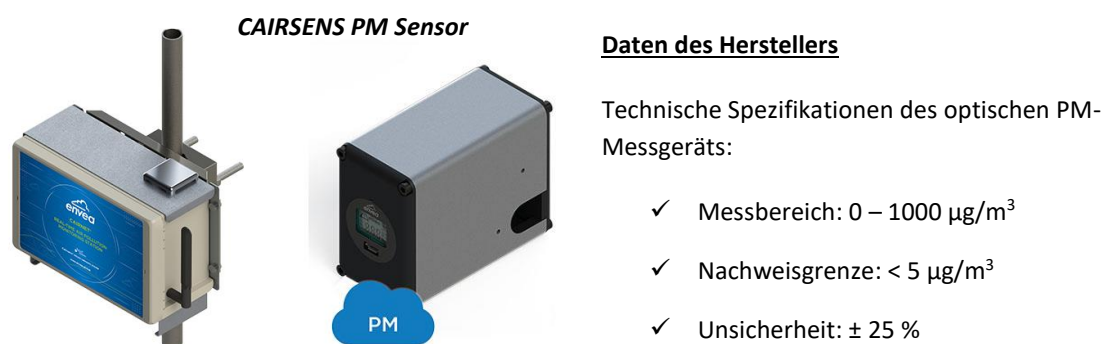


Abbildung 3: CAIRNET Sensoren V3 des Herstellers **ENVEA**

Für diese Messkampagne werden die CAIRNET-Sensorsysteme die Messung der Entwicklung der Feinstäub-Konzentrationen in der Luft in Echtzeit und kontinuierlich rund um die Uhr während eines Monats im Sommer und eines Monats im Winter ermöglichen.

Die metrologischen Leistungen der CAIRNET-Sensorsysteme wurden von ATMO Grand Est im Rahmen des INTERREG-Oberrhein-Projekts Atmo-VISION (2018-2020) sowie im Rahmen des AIRLAB 2021 Challenges bewertet. Es ist heute ein bevorzugtes Sensorsystem von ATMO Grand Est im Rahmen von Monitoring-Projekten.



Atmo-VISION-Broschüre: Vergleich verschiedener Mikrosensoren (Seiten 24-25)
<https://atmo-vision.eu/wp-content/uploads/2020/07/Atmo-VISION-Broschure-Comparaison-Microcapteurs.pdf>



Ergebnisse der AIRLAB Challenge - Ausgabe 2021
<https://airparif.shinyapps.io/ChallengeResultsFR/>

Score : ★★★★★

Es ist anzumerken, dass metrologische Kontrolle vor und nach den Messungen durchgeführt wurden, um die Genauigkeit jedes CAIRNET-Sensorsystems (Vergleich der CAIRNET-Messungen mit einer Referenzmessung wie einem mobilen Labor oder einer festen Messstelle des ATMO GE-Netzwerks) sowie ihre Wiederholbarkeit (Vergleich der CAIRNET-Messungen untereinander) zu bewerten.

Der Vorteil dieser Geräte im Vergleich zu den früher verwendeten Microvols ist ihr geringerer Platzbedarf (Abmessungen/Gewicht) und ihre einfache Installation. Ausserdem werden die Daten für einen Zeitschritt von bis zu einer Viertelstunde gewonnen, was es ermöglicht, die Partikeln-Dynamik an den Standorten zu verfolgen.

Es ist jedoch zu beachten, dass diese Messsysteme neu sind und nicht der von den Normen vorgeschriebenen Messtechnik entsprechen, die umständlich und teuer ist. Die früher verwendeten Microvols, ein Zwischensystem, erfüllten diese Anforderungen teilweise. Allerdings traten bei den Kampagnen immer wieder technische Probleme auf, die zu Datenverlusten führten (ungültige Probenahmen, weil das Instrument umgekippt war, zu wenig Volumen gepumpt wurde usw.).

Die Vorsichtsmaßnahmen bei der Verwendung der Mikrosensoren und die geplanten Vergleiche ermöglichen es, in diesem Abschlussbericht zuverlässige Tagesdaten zu präsentieren (die feineren Daten werden zu Informationszwecken bereitgestellt).

3.4. DIE MOBILEN MESSSTATIONEN

Die Verwendung mobiler Messstationen ermöglicht die Darstellung der stündlichen Entwicklung der Luftverschmutzung und liefert Informationen zu den Grenzwertüberschreitungen für folgende Schadstoffe: SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}. Daneben sind die Laborlastwagen mit meteorologischen Messgeräten ausgerüstet, mit denen während der Expositionsdauer Daten zu Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Temperatur erhoben werden (Tabelle 4).

Moyens de mesure	Schadstoff	Analysemethode	Norm
Mobile Station (MS)	NO ₂ NO	Chemilumineszenz	NF EN 14211 ⁵
Mobile Station (MS)	SO ₂	UV-Fluoreszenz	NF EN 14212 ⁶
Mobile Station (MS)	PM ₁₀ -PM _{2.5} in einer MS PM ₁₀ in der anderen MS (Ergänzung PM _{2.5} mit einem CAIRNET Sensor)	- Oszillierende Mikrowaage mit FDMS-Modul - Abschwächung der Betastrahlung - Streuung von Licht	NF EN 16450 ⁷

Tabelle 4: Eigenschaften der mobilen Messstationen.

3.5. VERGLEICH MIT DEN LUFTREINHALTE-VORSCHRIFTEN

Die Untersuchung der Schadstoffbelastung ermöglicht den Vergleich der Schadstoffkonzentration in der Luft mit den geltenden Grenzwerten, Luftqualitätszielen, Empfehlungs- und Warnschwellen der europäischen Richtlinie und der nationalen Gesetzgebungen (Frankreich: Code de l'environnement [Umweltgesetz], Artikel R221-1; Schweiz: Luftreinhalte-Verordnung LRV vom 16.12.1985). Doch sind nicht alle in dieser Kampagne gemessenen Grössen gesetzlichen Vorgaben unterstellt (die Schwellenwerte der nationalen Luftreinhalte-Vorschriften stehen hier bereit: ATMO Grand Est, <http://www.atmo-grandest.eu> ; Schweizerische Eidgenossenschaft <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19850321/index.html> .

Gemäss Anhang 1 der europäischen Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa ist eine Mindestmessdauer von 14 Prozent des ganzen Jahres erforderlich, damit für eine orientierende Messung der Jahresmittelwert ermittelt werden kann. In Übereinstimmung damit lässt die gewählte Probenahmestrategie (2 Messphasen: 2x28 Tage = 15 % des Jahres) die Ergebnisse der Messkampagne mit den jährlichen Luftqualitätsvorgaben vergleichen (Tabelle 5).

⁵ Französische Norm EN 14211, Oktober 2012: Außenluft – Standardmessverfahren für die Bestimmung der Stickstoffdioxid- und Stickstoffmonoxid-Konzentrationen durch Chemilumineszenz

⁶ Französische Norm EN 14212, Januar 2013: Außenluft – Standardmessverfahren für die Bestimmung der Schwefeldioxid-Konzentrationen durch UV-Fluoreszenz.

⁷ Französische Norm EN 16450, April 2017: Außenluft – Automatisierte Systeme zur Messung der Konzentration von Partikeln (PM₁₀; PM_{2.5})

	Erhebungsmethode	Expositionsdauer und Häufigkeit		Jahresdeckung
		Sommerphase	Winterphase	
NO ₂	Passivsammler	2 x 14 Tage	2 x 14 Tage	15 %
BTEX	Passivsammler	2 x 14 Tage	2 x 14 Tage	15 %
COV	Passivsammler	2 x 14 Tage	2 x 14 Tage	15 %
PM10	Mobile Station + Mikrosensoren	2 x 14 Tage	2 x 14 Tage	15 %
PM2.5	Mobile Station + Mikrosensoren	2 x 14 Tage	2 x 14 Tage	15 %

Tabelle 5: Erhebungsmethode nach Schadstoff und Expositionsdauer.

3.6. MESSSTANDORTE

Die Messungen erfolgten an folgenden Standorten, die den Zielsetzungen der Messkampagne entsprechen (Karte 3, 4, Anhang 1):

Passivsammler:

- Nachbargemeinden des Flughafens: Bartenheim, Rosenau, Blotzheim, Saint-Louis-la-Chaussée, Hésingue, Michelbach-le-Bas, Hégenheim, Saint-Louis und Allschwill (CH)
- Im ländlichen Gebiet zur Kartographierung der Luftbelastung
- Auf dem Flughafengelände, bei den Arbeitsorten (allfällige Exposition der Arbeitnehmenden), am Ende der Landebahn (Wirkung der Abgaswolke beim Höchstschub knapp vor dem Abheben);
- Bei zwei festen Messstationen von ATMO Grand Est (Village Neuf 79 rue de Michelfelden - piscine SIPES und Mulhouse Nord 30 Rue Lefèbvre) zur technischen Validierung der vorgenommenen Messungen und zum Erheben weiterer Elemente, um die Typologie der Messstellen zu bestimmen

Partikelsammler:

- 2 Sammler (PM10 und PM2.5) in der Frachtzone beim LKW-Umschlag;
- 2 Sammler (PM10 und PM2.5) auf dem Vorfeld
- 1 Sammler (PM10 und PM2.5) zwischen dem Terminal und den Kurzzeitparkplätzen (öffentliche Zone);
- 3 Sammler (PM10 et PM2.5) an den mobilen Stationen und 1 an einer festen Messstelle von ATMO Grand Est (Mulhouse Nord und Mulhouse Sud) zur Validierung der Messungen.

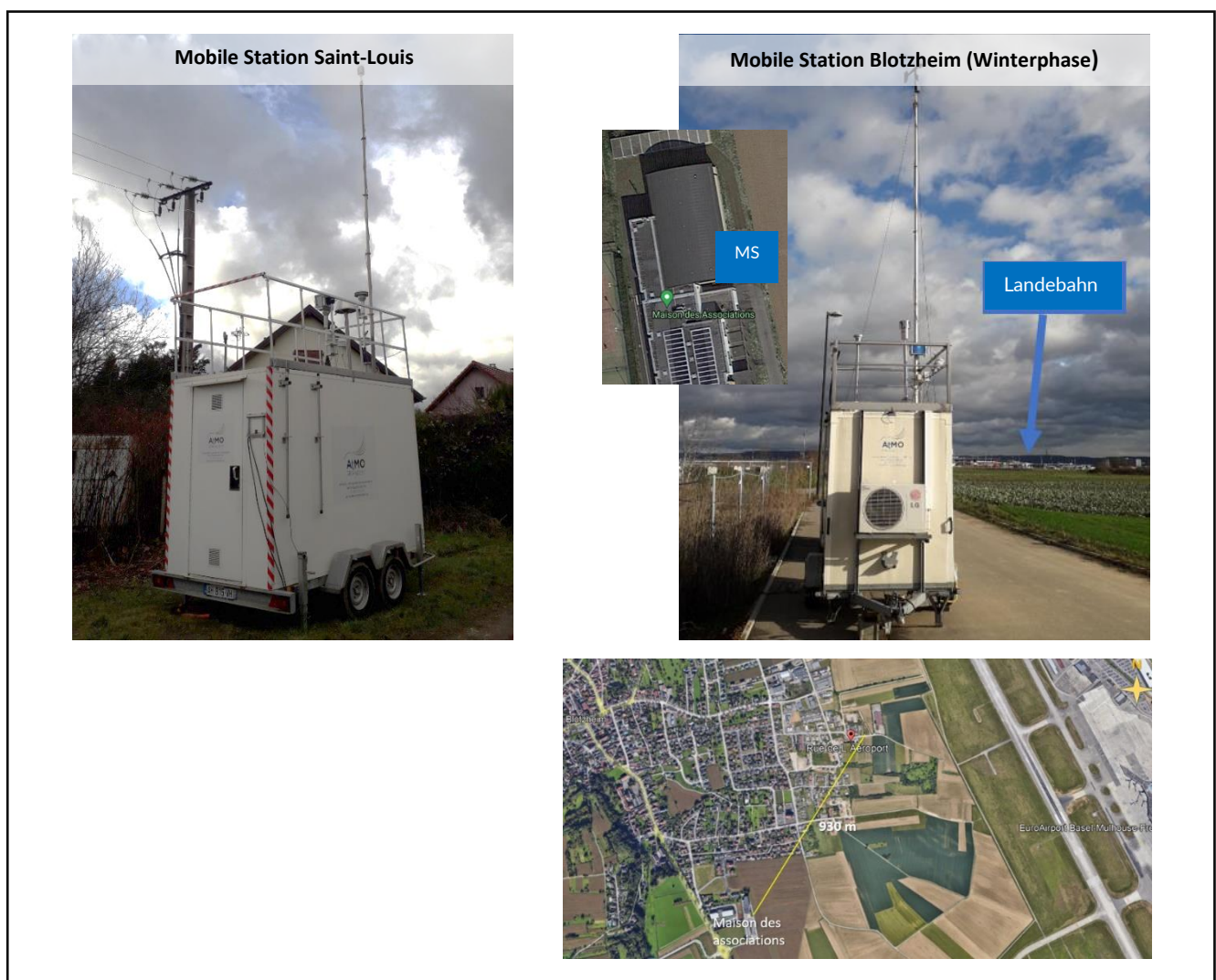
Mobile Stationen:

Die Auswahl der Schadstoffe und die Lage der Messstandorte im Untersuchungsgebiet waren in früheren Kampagnen mit der Umweltautorität des FBMs und den Anwohnern abgestimmt worden:

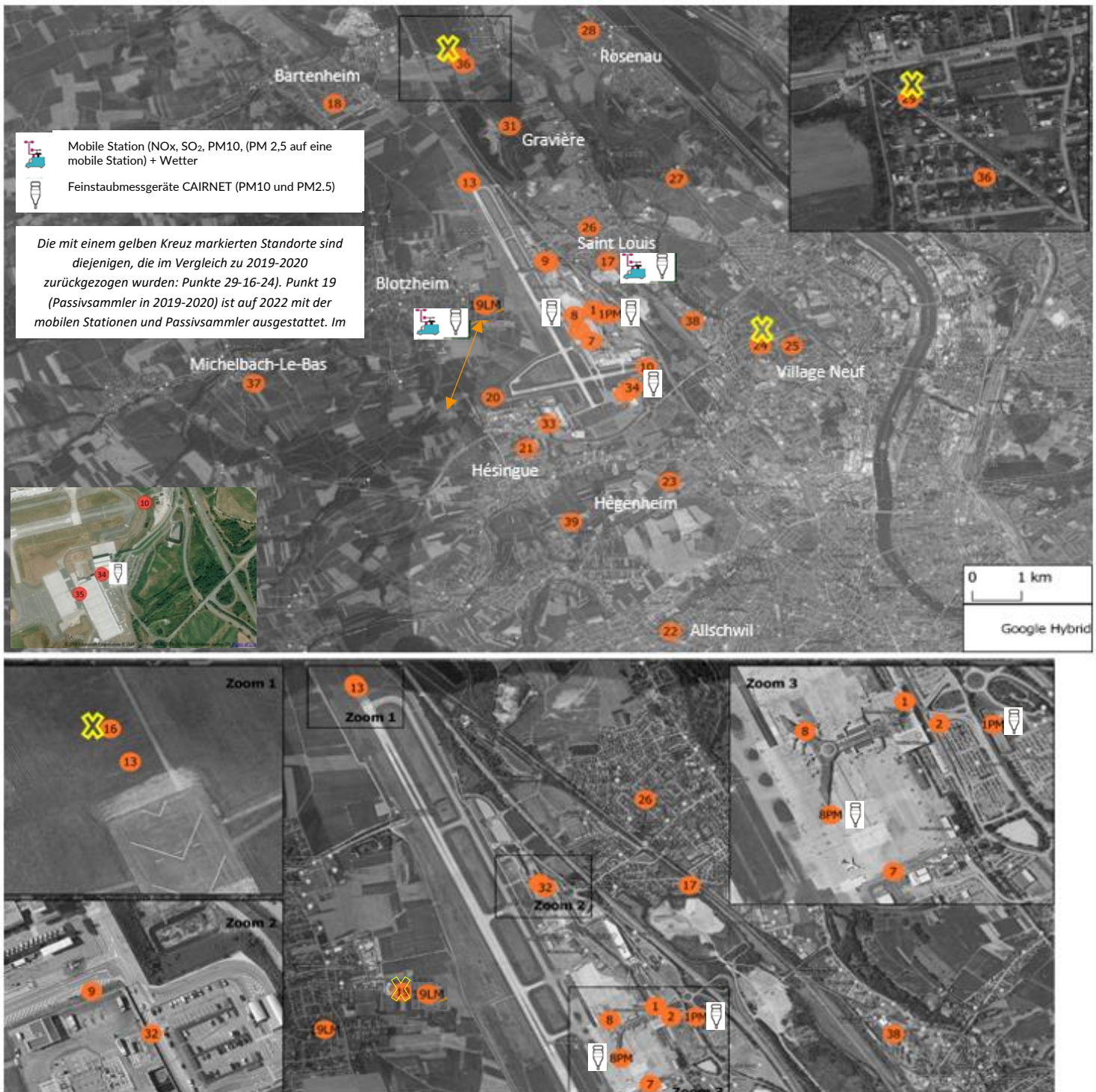
- 1 mobile Station in Blotzheim (in der Strasse zum Flughafen): PM10 + (Sammler PM2.5) + SO₂, NO₂, NO für die Sommerphase und in der Nähe des Maison des Associations für die Winterphase.
- 1 mobile Station in Saint-Louis la Chaussée 41, rue de la Prairies : PM10-PM2.5 + SO₂, NO₂, NO

Die mobile Station in St-Louis konnte aufgrund der dort noch andauernden Bauarbeiten nicht an den ursprünglichen Ort der ersten Verfolgungen zurückversetzt werden. Daher wurde die mobile Station in der Nähe des Ersatzstandortes für die Kampagne 2019-2020 in der Rue de la Prairie aufgestellt.

Die mobile Station in Blotzheim, westlich der Flughafenplattform, konnte für die Sommerphase 2022 in der Flughafenstrasse aufgestellt werden, in der Nähe des Standorts von 2005-2006, 2011, 2016 auf Wunsch der Anwohner⁸. Dieser Standort war auch für die Winterphase 2023 vorgesehen. Im Januar 2023 wurde jedoch aufgrund der Besetzung des Standorts durch Fahrende, die die Messungen beeinträchtigen und zu elektrischen Störungen führen konnte, in Zusammenarbeit mit den städtischen Behörden in einer Notsituation ein anderer Standort auf der Ebene des Vereinshauses gefunden. Dieser befindet sich 930 m Luftlinie südlich der Rue de l'aéroport. Die passiven Sammler sind ebenfalls an diesen neuen Standort umgezogen.



⁸ Im 2019-2020 musste die MS aufgrund von Bauarbeiten in diesem Gebiet (Bau einer Wohnsiedlung) verlegt werden. Nach Gesprächen mit der Stadtverwaltung von Blotzheim sind diese Arbeiten in der Rue de l'aéroport abgeschlossen (sie finden etwa 300 Meter weiter unten statt).



Karte 4: Standort der Messstationen - Messkampagnen 2022-2023

3.7. QUALITÄTSSICHERUNG

Um die Wiederholbarkeit der Messungen zu gewährleisten, wurden mehrere Standorte dreifach bestückt (NO₂ und BTEX). So wurde zum Vergleich der Messtechniken für Stickstoffdioxid (automatische Messgeräte und Passivsammler) in der Referenzstation Saint-Louis Agglomeration in Village-Neuf (Standort 25) und in der mobilen Station in Saint-Louis (Standort 17MS) ein dreifach redundantes System eingerichtet.

Auch wurden Blindwert-Messungen (Feld bzw. Charge) vorgenommen, um sicherzustellen, dass nicht Filter verwendet werden, die ab Fabrik, durch den Transport oder die Verwendung verunreinigt sind.

Die Mikrosensoren Cairnets waren Gegenstand interner Validierungen mit einer Korrektur der Daten, die aus einer Studie zwischen denselben Cairnets und einer Referenzstation des Messnetzes von ATMO Grand Est stammten. Die Dokumente mit den Titeln „Note technique Validation technique des données Cairnet pour campagne Aéroport Bale Mulhouse 2022“ und „Note technique Validation technique des données Cairnet pour campagne Aéroport Bale Mulhouse 2023“ werden als Ergänzung zu diesem Bericht zur Verfügung gestellt. Die Cairnets, die während der Kampagnen parallel zu den mobilen und festen Stationen des Messnetz von ATMO Grand Est positioniert wurden, ermöglichen die Überprüfung der Dynamiken. **Die Daten der Referenzmessgeräte (mobile und feste Stationen) werden in der folgenden Darstellung der Ergebnisse bevorzugt.**

3.8. MESSUNSICHERHEITEN UND JÄHRLICHE REPRESENTATIVE

Passivsammler haben eine relative Unsicherheit von +/- 30%.

Zeitliche Repräsentativität: Beurteilung der Abweichung wegen der 4x14-Tage- (Passivsammler) bzw. 2x28-Tage-Probenahme (Partikelsammler) im Vergleich zum realen Jahresmittelwert.

Die Erhebungen erfolgten im Juni und Juli 2022 (Sommerphase) bzw. im Januar und Februar 2023 für (Winterphase). Die acht von der Studie abgedeckten Wochen (4x14 Tage Passivesammler bzw. 2x28 Tage Partikelsammler), entsprechen den Kriterien der europäischen Normen für die Zeitprobenahme, womit die Hochrechnung der Jahresmittelwerte möglich ist (vgl. §3.5).

Doch je nach den berücksichtigten acht Wochen können grössere oder kleinere Abweichungen vom realen Jahresmittelwert auftreten.

Anhand einer Analyse der Ergebnisse, die in einem Jahr und in den von der Studie abgedeckten Zeiträumen an der Station Village Neuf für die NO₂ und an den Stationen in Mulhouse für die Partikel erzielt wurden, können die Abweichungen mit der Prüfung der Jahresrepräsentativität der 8-Wochen-Mittelwerte (hochgerechnetes Jahresmittel) am realen Jahresmittelwert gemessen werden.

➔ **Im Zusammenhang mit der Jahresrepräsentativität sind für die NO₂ die in den zwei Monaten an der Station Village Neuf ermittelten Werten (17,8 µg/m³) repräsentativ für ein gleitendes volles Jahr im Hinblick auf die Messunsicherheiten (16,7 µg/m³ vom 15.06.2022 bis 15.06.2023).**

Für die PM₁₀ liegen die städtischen Hintergrundstationen von Mulhouse ausserhalb des Sektors, aber in der Nähe (Mittelwerte von Coteaux und Vauban), im Mittel der beiden Zeiträume (Sommer 2022 und Winter 2023) bei 16,6 µg/m³ und bei 13,3 µg/m³ im gleitenden Jahresdurchschnitt (vom 15.06.2022 bis 15.06.2023). Für die PM_{2.5} liegt die Station Mulhouse Coteaux bei 13,1 µg/m³ im Sommer-/Wintermittel und 9,8 µg/m³ im gleitenden Jahresmittel. Die Ergebnisse der Studie können daher überbewertet sein, wenn man ein Jahr betrachtet.

Diese Analyse konnte für BTEX (und allgemeiner für VOC) nicht durchgeführt werden, was mit dem Mangel an verfügbaren Referenzmessungen zusammenhängt.

4. RESULTATE DER MESSKAMPAGNE

4.1. METEOROLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Einige meteorologische Daten wurden an den beiden mobilen Laboren und an einer Messstation von Météo France beim Vorfeld (Daten der Météo France-Messtation wurden vom EAP zur Verfügung gestellt) sowie an der festen Station des Netzwerks von ATMO Grand Est in Village-Neuf gemessen:

- Messstation von Météo France (Daten vom EAP zur Verfügung gestellt) : Hier wurden die Windgeschwindigkeit, die Windrichtung, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und die Niederschläge genutzt.
- Die mobilen Stationen Saint-Louis (Standort 17MS) und Blotzheim (Standort 19MS): Hier wurden die meteorologischen Grössen Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit gemessen.
- Messstation SLA (vom festen Messnetz ATMO Grand Est) in Village-Neuf: Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Temperatur (Sommerphase) und nur Temperatur für die Winterphase. Winddaten (Geschwindigkeiten und Richtungen) sind für die Winterkampagne 2023 nicht verfügbar.

Vorbemerkung zur Rolle der Wetterbedingungen bei der Entstehung und Ausbreitung von Schadstoffen in der Luft:



Bei **Niederschlägen** bleiben die gas- und partikelförmigen Schadstoffe an den Regentropfen hängen, womit die Luftmasse ausgewaschen wird;



Der Wind ist bei der Verbreitung der Schadstoffemissionen zentral. Seine Richtung bestimmt, wohin die Schadstoffwolken getrieben werden, seine Geschwindigkeit trägt zur Verdünnung und Übertragung der Schadstoffe bei. Windstille führt zu einer Akkumulation der Schadstoffe an der Quelle und umgekehrt;



Die Temperatur wirkt sich auf die chemische Zusammensetzung und die Freisetzung der Schadstoffe aus: Kälte reduziert die Volatilität gewisser Gase und führt zu erhöhten Emissionen von Autos und Feuerungsanlagen, während Wärme zur Verdampfung der volatilen organischen Verbindungen führt.

Somit hängt die Luftqualität stark von den meteorologischen Verhältnissen ab (Temperatur, Wind, Niederschlag, Sonneneinstrahlung usw.), welche die Verteilung der Schadstoffe oder im Gegenteil die Akkumulierung der Schadstoffe an bestimmten Orten fördern. So kann der Wind beispielsweise Grosse, mit Schadstoffen gefüllte Luftmassen über weite Strecken befördern, sodass sie an Messstationen erfasst werden, die sehr weit von der Emissionsquelle entfernt sind.

4.2. NIEDERSCHLÄGE UND TEMPERATUREN

Messphase 1: Sommerphase

Die kumulierten Niederschlagsmengen, die für die Zeit vom 15. Juni Nachmittag bis 9. Juli Nachmittag 2022 erreicht 62,2 mm bei einem Höchstwert von 18,1 mm am 30/06/2022. An 23 von 29 Tagen (69 % des Zeitraums) wurden weniger als 1 mm gemessen.

Die täglichen Durchschnittstemperaturen schwankten zwischen 17,3 °C (am 01.07.2022) und 28,3 °C (am 19.06.2022) mit einem Durchschnitt von 21,4 °C über den Zeitraum.

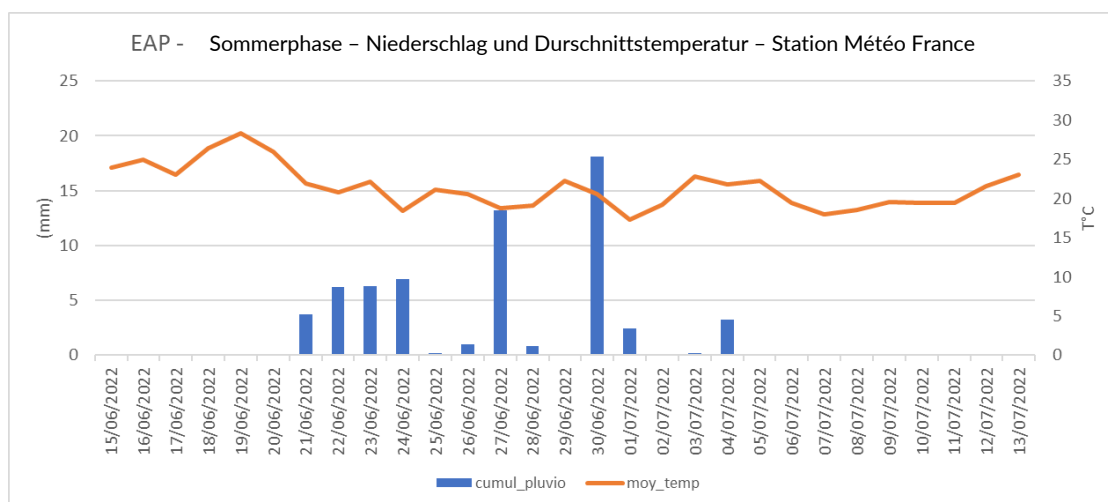


Abbildung 5: Klima-Diagramm über den Monat der Sommermessungen an der MF-Station auf dem Vorfeld des EAPs (Daten des EAPs)

Messephase 2: Winterphase

Die im Zeitraum vom 18. Januar bis 15. Februar 2023 gemessene Niederschlagssumme betrug nur 3,2 mm mit einem Maximum von 1,2 mm am 18/01/2023. An 27 von 29 Tagen (93 % des Zeitraums) fiel weniger als 1 mm Niederschlag

Die täglichen Durchschnittstemperaturen lagen zwischen -2,1 °C (am 21.01.2023) und 6,5 °C (am 03.02.2023), mit einem Durchschnitt von 1,5 °C über den Zeitraum.

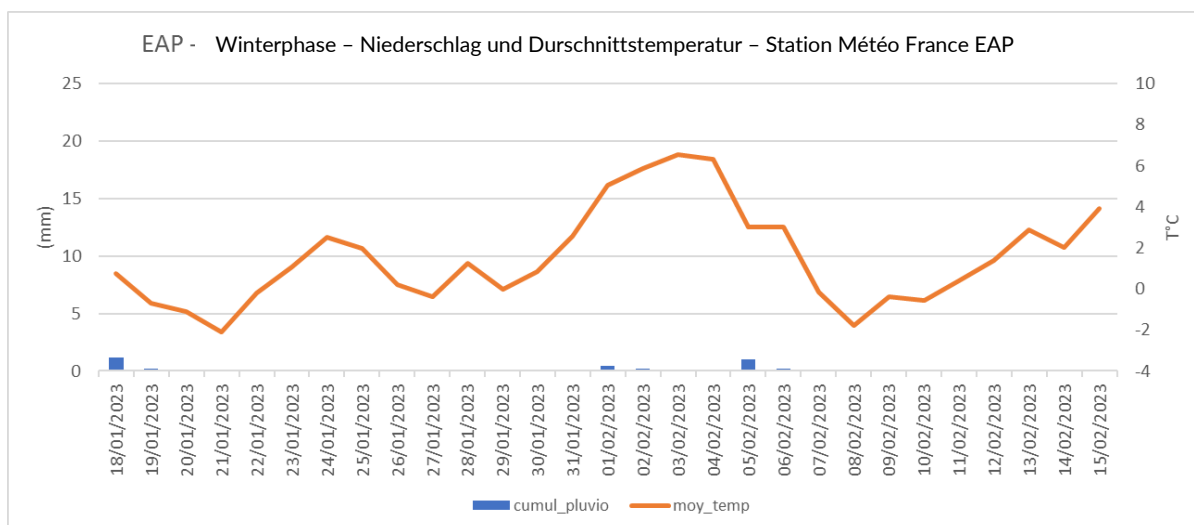


Abbildung 6: Klima-Diagramm über den Monat der Wintermessungen an der Météo France-Messstation auf dem Vorfeld des EAPs (Daten des EAPs)

4.3. WINDGESCHWINDIGKEITEN UND -RICHTUNG

In Bezug auf die Positionen der Mobile Stationen Hinsicht auf den Flughafen und die A35: Die Mobile Stationen in Saint-Louis und die umliegenden Dörfer können bei Nordwest-, West- und Südwest- oder sogar Südwinden beeinträchtigt werden. Die Mobile Stationen Blotzheim und die Dörfer in diesem Gebiet können durch den Flughafen und die A35 bei Ost-, Nordost- und Südostwinden beeinträchtigt werden.

Sommerphase:

Die Windgeschwindigkeiten im Sommermessmonat an der Météo France Messstation (in der Nähe der Start- und Landebahn) waren moderat: 68 % der Winde wiesen Geschwindigkeiten im Bereich [1-3] m/s und 26 % im Bereich [3-5] m/s auf. 5 % lagen im Intervall [5-7] m/s und weniger als 1 % hatten Geschwindigkeiten von mehr als 7 m/s. Die Winde wehten in diesem Zeitraum aus mehreren Richtungen, wobei 23 % der Winde zwischen Nord und Ost, 24 % zwischen Ost und Süd, 21 % zwischen Süd und West und 32 % zwischen West und Nord lagen.

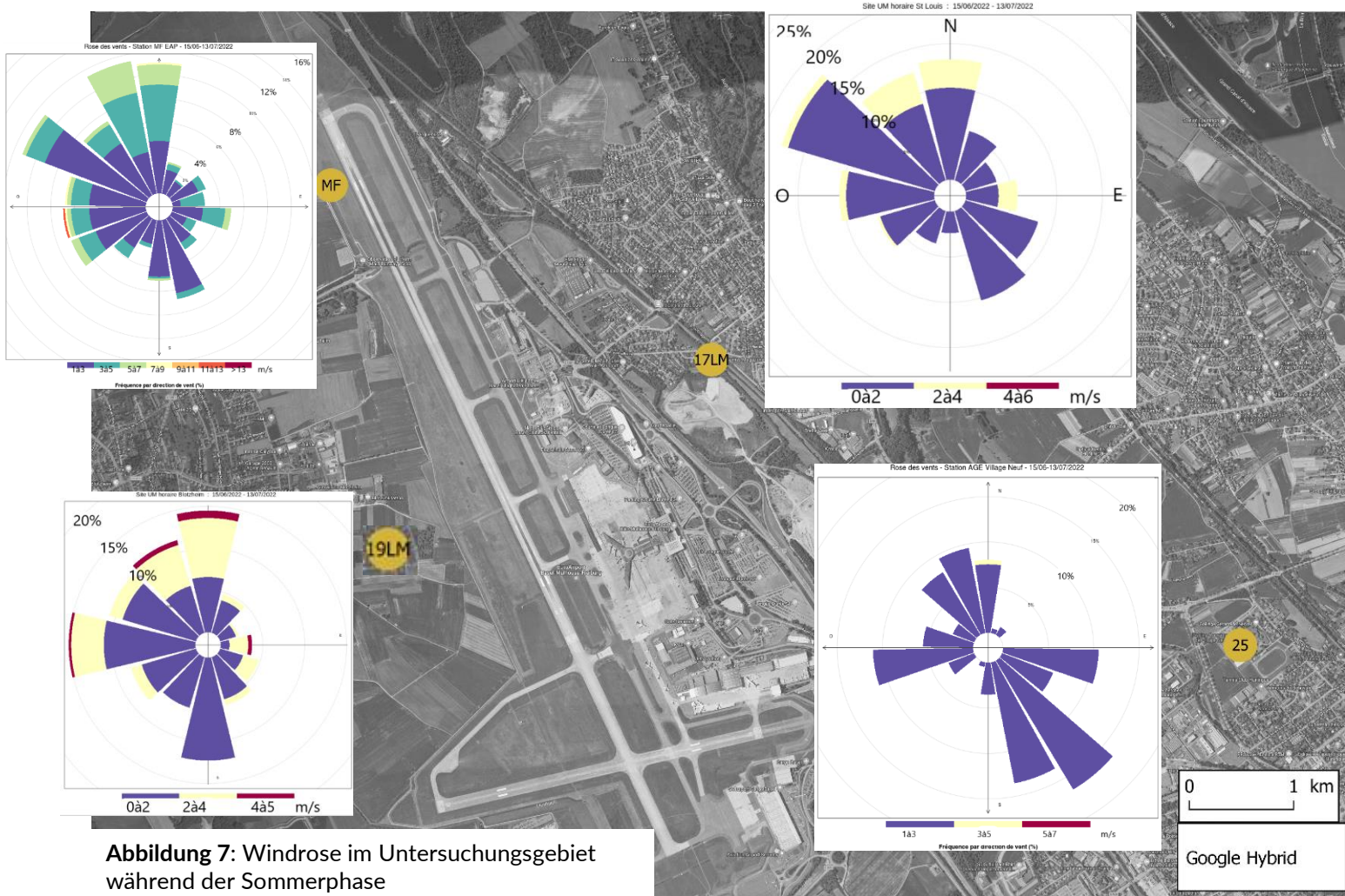
An der Messstation des ATMO Grand Est-Netzwerks in Village-Neuf waren die Winde weniger stark: 99 % hatten Geschwindigkeiten zwischen [1-3] m/s mit einem überwiegenen Auftreten im Sektor von Ost nach Süd (50 %) und in geringerer Masse von West-Süd/West (WSW) nach West (17 %), sowie aus dem Sektor WNW-NNW (22 %).

Auf der Mobile Station in Saint-Louis: 19,2 % der Winde waren zwischen Nord und Ost, 13,1 % zwischen Ost und Süd, 12 % zwischen Süd und West, 56,2 % zwischen West und Nord mit Windgeschwindigkeiten überwiegend zwischen 1 und 4 m/s (4 % der Winde mit Geschwindigkeiten zwischen 4 und 6 m/s).

Auf der Mobile Station in Blotzheim: 14,6 % der Winde waren zwischen Nord und Ost, 21 % zwischen Ost und Süd, 22 % zwischen Süd und West, 42,4 % zwischen West und Nord mit Windgeschwindigkeiten überwiegend zwischen 1 und 4 m/s.

Die während der Messkampagne erhobenen Windrichtungen waren grossmehrheitlich von Winden aus Nord, Nordnordwest, Westnordwest oder West geprägt. Süd und Südsüdost-Winde waren da aber ein Bisschen mehr selten.

Während der Sommerphase liegt die MS Blotzheim nur wenig unter den vorherrschenden Winden, die sie aufgrund der Aktivitäten des Flughafens und des Strassenverkehrs (insbesondere der Autobahn) beeinträchtigen könnten. Die MS in Saint-Louis ist häufiger betroffen.



Winterphase:

Die an der Météo France-Station des Flughafens (in der Nähe der Landebahn) während der Winterphase gemessene Windgeschwindigkeit war moderat mit 54% der Werte im Intervall [1-3] m/s, 32 % im Intervall [3-5] m/s, 13 % im Intervall [5-7] m/s und 1 % der Werte grösser als 7m/s. Die Winde wehten in diesem Zeitraum aus mehreren Richtungen, wobei 38 % der Winde zwischen Nord und Ost, 14,5 % zwischen Ost und Süd, 29 % zwischen Süd und West und 19 % zwischen West und Nord lagen. Die Winde wehten während der Sommerphase aus mehreren Richtungen, wobei 38 % der Winde zwischen Nord und Ost, 14,5 % zwischen Ost und Süd, 29 % zwischen Süd und West und 19 % zwischen West und Nord lagen.

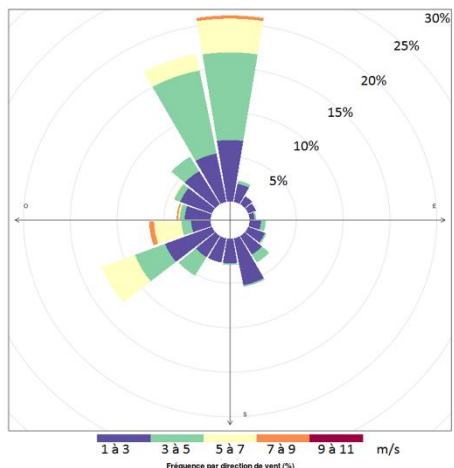
In der MS Saint-Louis: 23 % der Winde lagen zwischen Nord und Ost, 16 % zwischen Ost und Süd, 32,8 % zwischen Süd und West, 27,6 % zwischen West und Nord mit Windgeschwindigkeiten von überwiegend 1 bis 4 m/s.

In der MS Blotzheim: 16% der Winde lagen zwischen Nord und Ost, 18,9% zwischen Ost und Süd, 21,7% zwischen Süd und West, 43,7% zwischen West und Nord mit Windgeschwindigkeiten überwiegend zwischen 1 und 4 m/s.

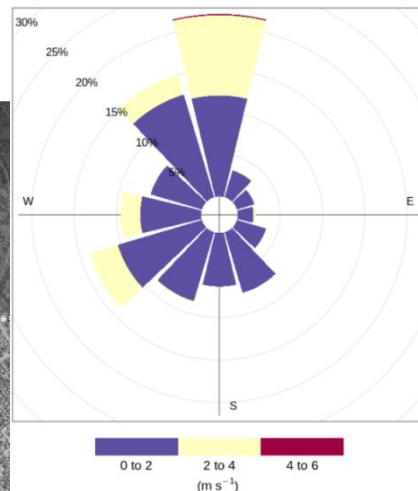
Die während der Messkampagne erhobenen Windrose waren grossmehrheitlich von Winden aus Nord, Nordnordwest, oder Westsüdwest geprägt.

Während der Winterphase liegt die MS Blotzheim nur wenig unter den vorherrschenden Winden, die sie aufgrund der Aktivitäten des Flughafens und der Autobahn beeinträchtigen könnten. Die MS in Saint-Louis ist häufiger betroffen.

Standort Flughafen : 18/01/2023 – 15/02/2023



Site St-Louis : 18/01/2023 - 15 /02/2023



Site Blotzheim : 18/01/2023 - 15/02/2023

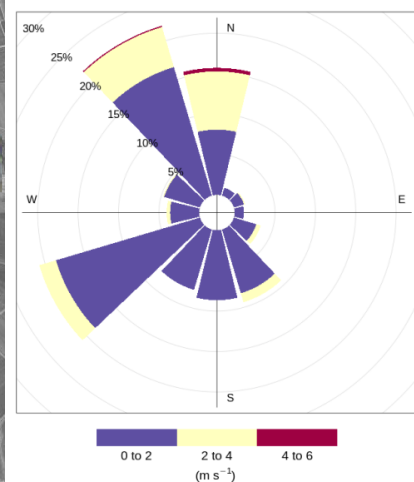


Abbildung 8: Windrose im Untersuchungsgebiet während der Winterphase

Zusammenfassung der atmosphärischen Bedingungen:

Die Niederschläge waren in der Winterphase selten (7 % der Tage) und spärlich (geringe kumulierte Regenwerte). Diese Winterbedingungen waren ungünstig für die Luftqualität. Während der Sommerphase waren die Niederschläge häufiger ($\approx 31\%$ der Tage) mit einer viel grösseren Wassermenge als im Winter. Die Auswaschung der Atmosphäre war im Sommer viel stärker, was sich günstiger auf die Luftqualität auswirkte.

Die Temperaturen waren in der Sommerphase mild ($21,4\text{ °C}$ im Durchschnitt über die Periode). Im Gegensatz dazu waren die Temperaturen im Winter niedrig ($1,5\text{ °C}$ im Durchschnitt über die Periode), punktuell sogar negativ oder nahe null Grad.

Die Windrichtung im Untersuchungsgebiet ist durch 3 Hauptwindsektoren gekennzeichnet, die je nach Messperiode mehr oder weniger stark vertreten sind: Nord, Nord/Nordwest, West/Südwest bis West/Nordwest.

Die vorherrschenden Winde aus West-/Nordwest- bis Nord, die für die beiden Messkampagnen gemeinsam sind, begünstigen den Transport von Flughafenemissionen im Süden und Osten/Südosten des Flughafens. Diese Winde können die MS Saint-Louis (und nicht die MS Blotzheim) beeinflussen.

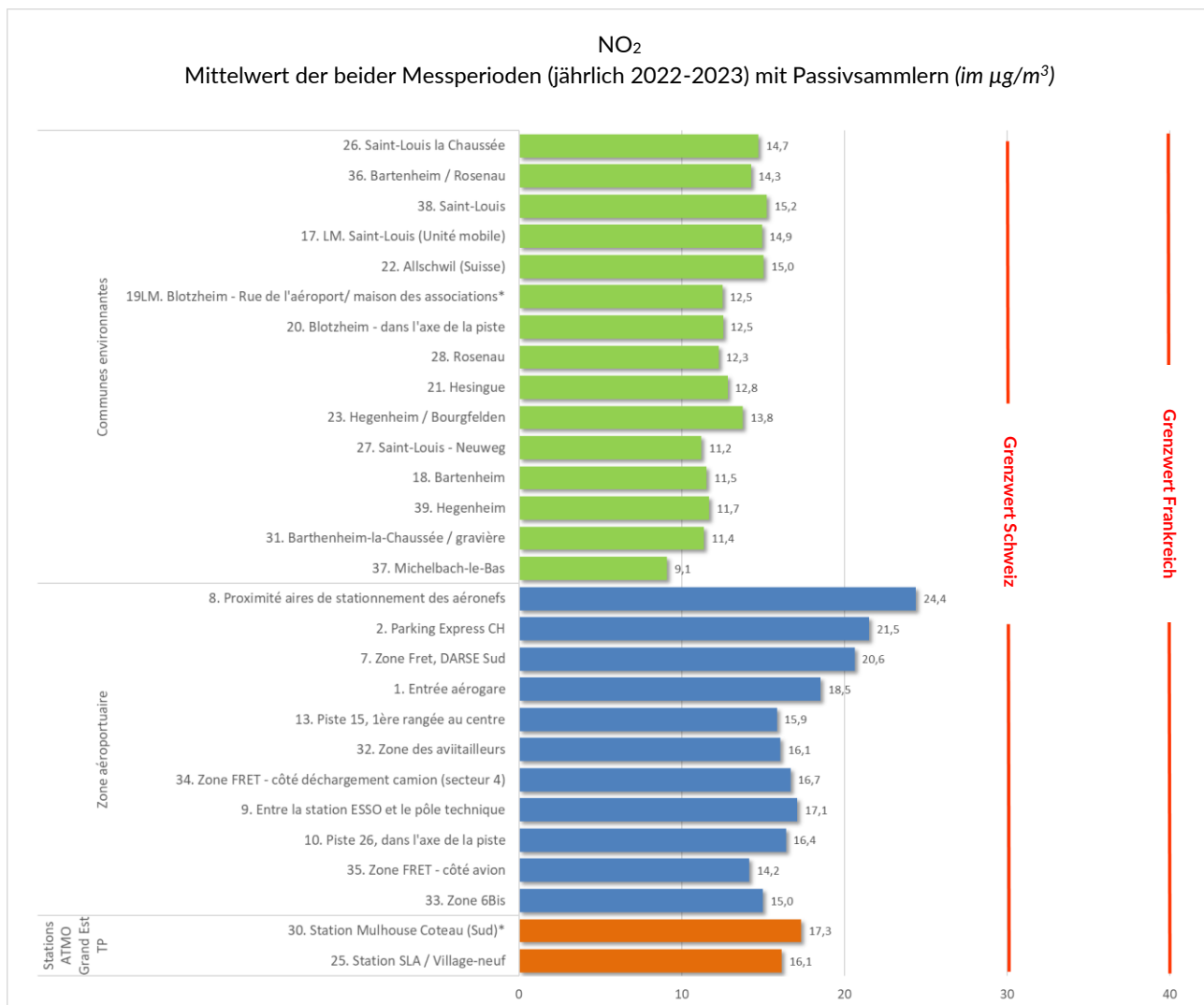
Die Windgeschwindigkeiten waren in den beiden Messkampagnen eher ähnlich. Hohe Windgeschwindigkeiten wurden an der MF-Station (am Ende der Landebahn auf der Nord-Nord/West-Seite) verzeichnet, was die Verteilung der Schadstoffe in der Luft, aber auch den Transport der Schadstoffe begünstigte. In den Dörfern Saint Louis und Blotzheim führten die geringen Windgeschwindigkeiten zu einer geringen Ausbreitung der lokalen Schadstoffe.



4.4. PASSIVSAMMLER-MESSUNGEN

4.4.1. Stickstoffdioxid (NO₂)

Um die Mittelwerte von Stickstoffdioxid im Studiengebiet zu ermitteln, wurden 11 Standorte auf der Flughafenplattform mit NO₂-Passivsammlern ausgerüstet, 15 in den Nachbargemeinden und 2 Stationen des Messnetzes von ATMO Grand Est.



* Punkt 19LM: Aufgrund der Verlegung der mobilen Labore wurden die Röhren in den beiden Phasen nicht am selben Ort ausgestellt: Sommerphase: Rue de l'aéroport und Winterphase: Maison des associations.

* Punkt 30 siehe unten

Abbildung 9: Verteilung der jährlichen NO₂-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet (gemittelt über die Sommer- und Winterphase)

Verteilung der NO₂-Konzentrationen im Studiengebiet

Die hochgerechnete NO₂-Jahresmittelkonzentration schwankt im Studiengebiet zwischen 9 und 24 µg/m³ (Abb. 9). Die auf der Flughafenplattform gemessenen Werte sind gesamthaft höher als in den Nachbardörfern: die durchschnittlichen Werte an allen Messstandorten des Flughafens betragen 18 µg/m³ gegen 14 µg/m³ in den Nachbargemeinden.



NO₂-Konzentrationen auf dem Flughafengelände

Die durchschnittlichen Stickstoffdioxidkonzentrationen, die während dieser Sommermesskampagne auf der Flughafenplattform gemessen wurden, schwankten zwischen 14 und 24 µg/m³.

Die höchsten Messwerte wurden an den Flugzeug-Abstellbereich (Standort 8 in einer Zone für autorisiertes Personal) mit 24 µg/m³ sowie in der Frachtzone südliches Rollfeld (Standort 7) mit 21 µg/m³, am Parkhauseinfahrt auf Schweizer Seite (Standort 2 in einer öffentlichen Zone) mit 21,5 µg/m³ und am Eingang des Flughafens (18,5 µg/m³) festgestellt. Diese Konzentrationswerte sind höher als die im städtischen Hintergrund der Agglomeration Mulhouse gemessenen Werte mit einer durchschnittlichen Konzentration von 17,3 µg/m³ (Passivsammler)*. Die Nähe dieser beiden Standorte zu Parkplätzen für Fahrzeuge (Standort 2) und Flugzeugabstellplätzen (Standort 8) ist wahrscheinlich ein erklärender Faktor für die gemessenen Werte.

**Während der Sommerphase wurde das NO₂-Passivsammler von Standort 30 14 Tage lang an der Station Mulhouse Vauban (Nord) aufgestellt und dann die letzten 14 Tage an Mulhouse Coteau (Süd). In der Winterphase wurden die Passivsammler an allen 28 Tagen an Mulhouse Coteau (Süd) eingesetzt.*

An den anderen Standorten waren die NO₂-Konzentrationen niedriger als in Mulhouse und teilweise (Standorte 33 in der Zone 6Bis und 35 in der Frachtzone auf der Flugzeugseite, reservierte Bereiche) auch niedriger als der städtische Hintergrund des Agglomeration Saint-Louis, der durch die Saint-Louis-Agglomeration-Station repräsentiert wird.



NO₂-Konzentrationen in den Nachbargemeinden

Die in den Gemeinden rund um den Flughafen gemessenen Konzentrationen liegen zwischen 9 µg/m³ (Michelbach-le-Bas - Standort 37) und 15 µg/m³ (Standort 38 Saint-Louis). Sie liegen alle unter den Werten, die an den vorstädtischen (Saint-Louis-Agglomeration-Station) und städtischen Stationen von Mulhouse gemessen wurden. Die Konzentrationen an Standort 19 (Blotzheim, unterschiedlicher Standort in beiden Jahreszeiten) betragen 8,7 µg/m³ in der Sommerphase und 16,3 µg/m³ in der Winterphase.



Bezug zum Gesetzesrahmen – Frankreich und Schweiz

In Frankreich schreibt Artikel R221-1 Code de l'environnement (Umweltgesetz), geändert per Dekret Nr. 2010-1250 vom 21. Oktober 2010 (Art. 1, Version vom 7.1.2011) einen Jahresgrenzwert und ein Luftqualitätsziel von 40 µg/m³ für NO₂ vor (Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008).

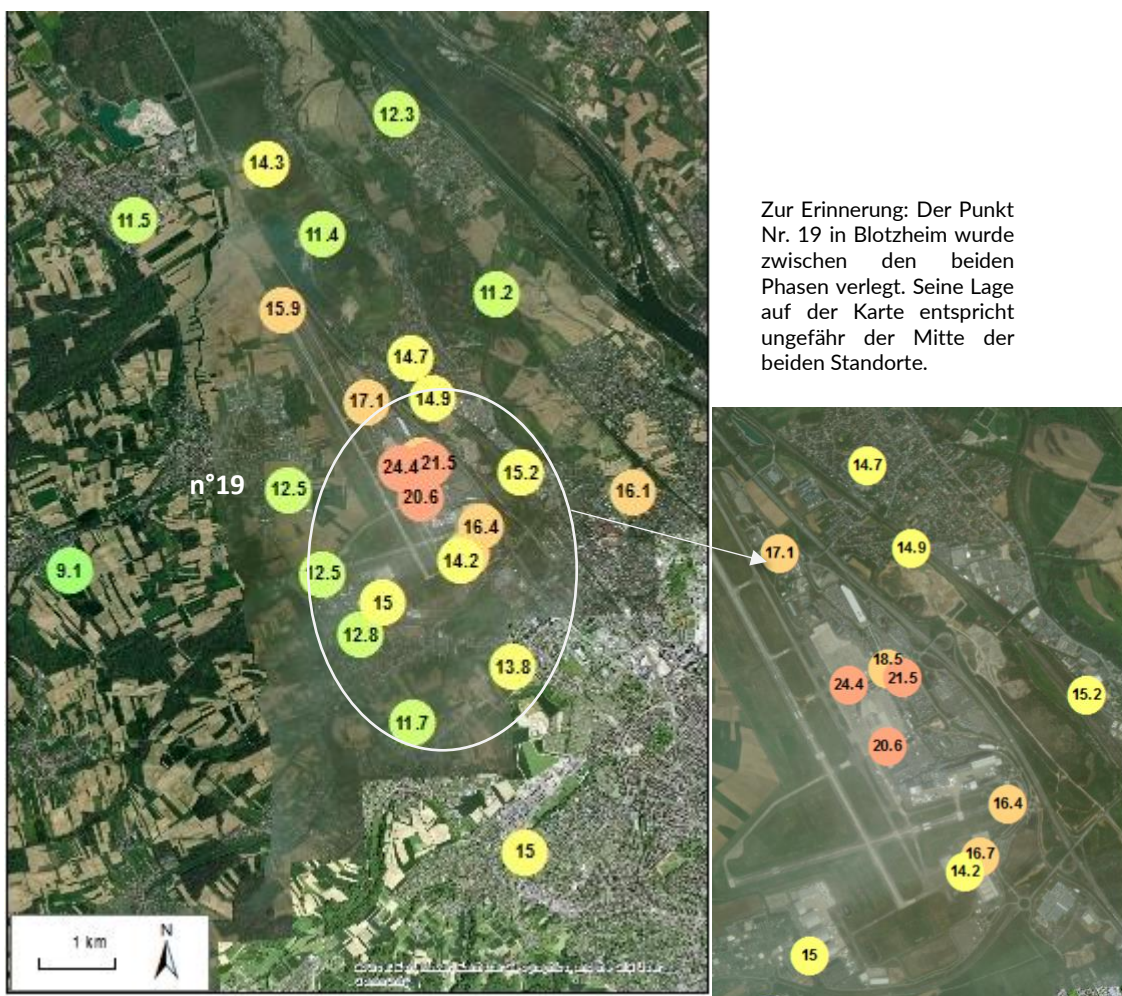
In der Schweiz schreibt die Luftreinhalte-Verordnung (LRV, vom 16.12.1985) einen Immissionsgrenzwert (Jahresmittelwert) von 30 µg/m³ vor.

Die WHO (Weltgesundheitsorganisation) hat ihre Richtlinien zur Luftqualität für 2021 aktualisiert⁹. Es werden neue Grenzwerte empfohlen, um die Gesundheit der Bevölkerung zu schützen. Für NO₂ wurde diese Leitlinie auf 10 µg/m³ im Jahresdurchschnitt festgelegt.

⁹ <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

An keinem anderen Messstandort wurden im Durchschnitt der beiden Phasen die Jahresgrenzwerte (Frankreich, Schweiz) oder das französische Luftqualitätsziel überschritten/erreicht, weder auf der Flughafenplattform (in öffentlichen oder reservierten Zonen) noch in den instrumentierten Gemeinden. Dieser Vergleich dient lediglich der Orientierung, da die Messphasen nicht über ein Kalenderjahr, sondern über ein gleitendes Jahr erfolgten. In Bezug auf Blotzheim, dessen Standort in beiden Phasen nicht derselbe war, werden die Grenzwerte in jeder Phase zur Orientierung eingehalten. Dagegen überschreiten alle Standorte die WHO-Richtlinie (Empfehlung).

Karte 01: Verteilung der jährlichen NO₂-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet (gemittelt über die Sommer- und Winterphase)



4.4.2. Benzol

Um die Mittelwerte von Benzol im Studiengebiet zu ermitteln, wurden 9 Standorte auf der Flughafenplattform mit Passivsammlern ausgerüstet, 16 in den Nachbargemeinden und 2 Stationen des Messnetzes von ATMO Grand Est.

Benzol, das aufgrund seiner Klopffestigkeit in Benzin enthalten ist, ist ein Indikator für den Flugverkehr, aber auch für die Verschmutzung durch Kraftfahrzeuge. Zusammen mit Benzol werden auch Toluol, Ethylbenzol und die Xylole analysiert, deren Jahresmittelwerte, wie sie im Rahmen dieser Messkampagne ermittelt wurden, im Anhang 2 aufgeführt sind.

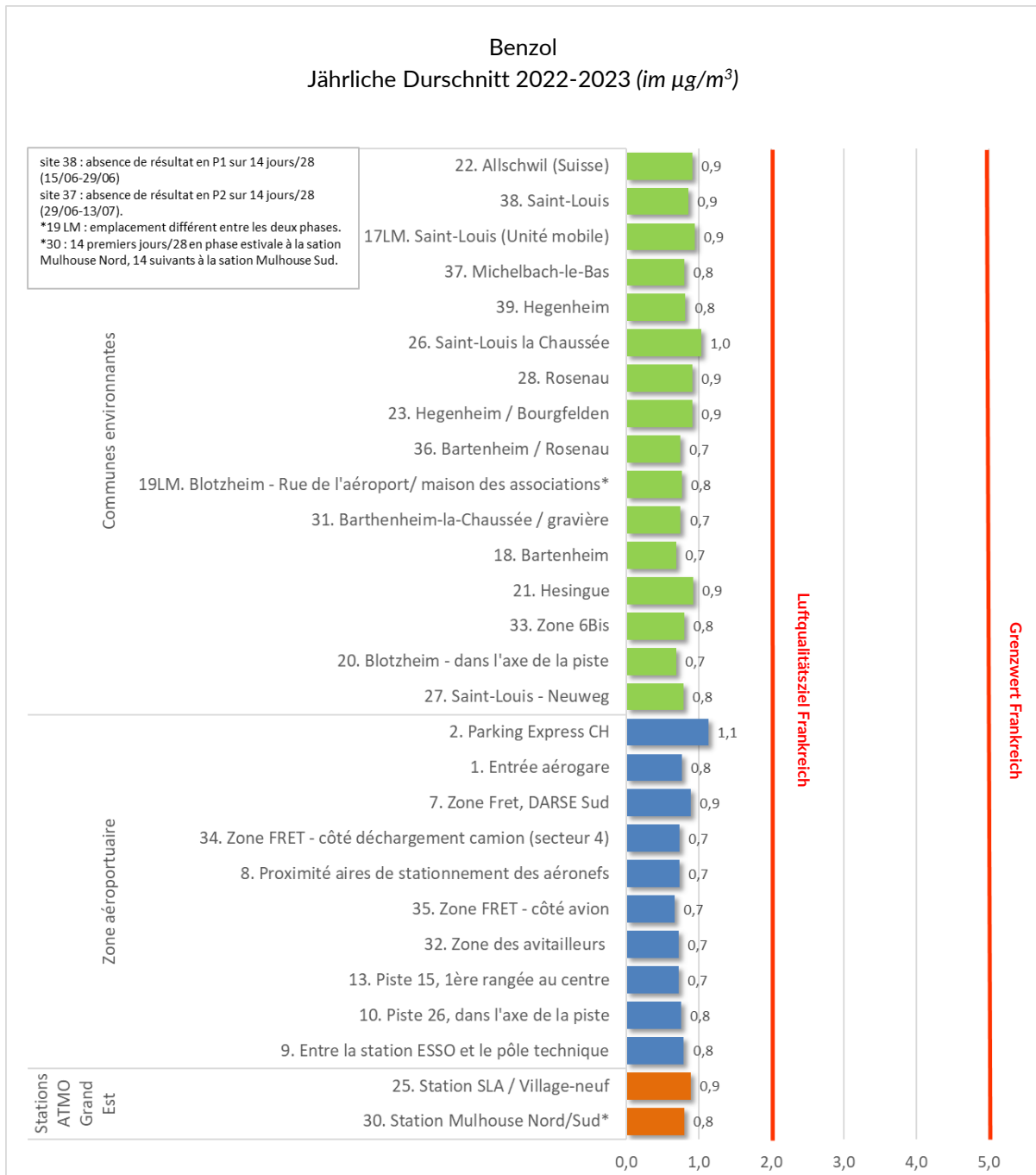


Abbildung 10: Verteilung der jährlichen Benzolkonzentrationen im Untersuchungsgebiet.

Verteilung der Benzol-Konzentrationen im Studiengebiet

Die hochgerechneten Benzol-Jahresmittelwerte für das Studiengebiet schwanken zwischen 0,7 und 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abb. 10). Die höchsten Werte wurden auf dem Flughafengelände mit 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bei der Parkhauseinfahrt auf Schweizer Seite (Standort 2).



Benzol-Konzentrationen auf dem Flughafengelände

Die höchsten Werte wurden auf dem Flughafengelände mit 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bei der Parkhauseinfahrt auf Schweizer Seite (Standort 2), in der Frachtzone südliches Rollfeld (Standort 7 mit 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Benzol wurden zwischen der Esso-Tankstelle und dem Technikzentrum (Standort 9), dem Bereich beim Terminal-Eingang auf französischer Seite (Standort 1) und dem Punkt in der Achse der Start- und Landebahn Nr. 26 (Standort 10) gemessen. An vielen Standorten (34- Frachtbereich Sektor 4 beim LKW-Umschlag, 8-Flugzeugabstellbereich, 35-Frachtbereich bei den Flugzeugen, 32-Betankungzone, 13-Landebahn) wurde eine Konzentration von 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen, die sich als die niedrigste in dem Gebiet herausstellte. In der Bilanz gibt es an den meisten Standorten nur geringe Abweichungen und die Jahreskonzentrationen liegen insgesamt unter 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Diese Verteilung lässt sich für die Standorte 1 und 2 gut erklären, da diese Punkte in der Nähe von Strassenemissionen liegen (Absetzen von Reisenden und Parken von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor) und die Konfiguration ihrer Umgebung die Ansammlung von Schadstoffen begünstigt (Messung an der Fassade des Flughafenterminals für Standort 1 und am Ausgang eines Parkhauses für Standort 2). Die Werte an den Standorten 32 und 9, Messpunkte in der Nähe von Treibstofflagerbereichen, waren niedriger bzw. ähnlich wie bei der vorherigen Kampagne.



Benzol-Konzentrationen in den Nachbargemeinden

Die Gehalte weisen nur geringe Abweichungen auf, sie reichen von 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bartenheim Standorte 36-31-18 und Blotzheim Standort 20) bis 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Standort 17MS Saint-Louis). Die übrigen Gemeinden weisen Zwischenwerte zwischen 0,8 und 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Insgesamt sind die angetroffenen Gehalte ähnlich oder niedriger als an den festen Stationen in Mulhouse und Village-Neuf (0,9 bzw. 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), abgesehen von Standort 17MS Saint-Louis. Der Standort 19MS in Blotzheim, dessen Standort zwischen den beiden Phasen geändert werden musste, liegt in der Sommerphase bei 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und in der Winterphase bei 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Bezug zum Gesetzesrahmen – Frankreich und Schweiz

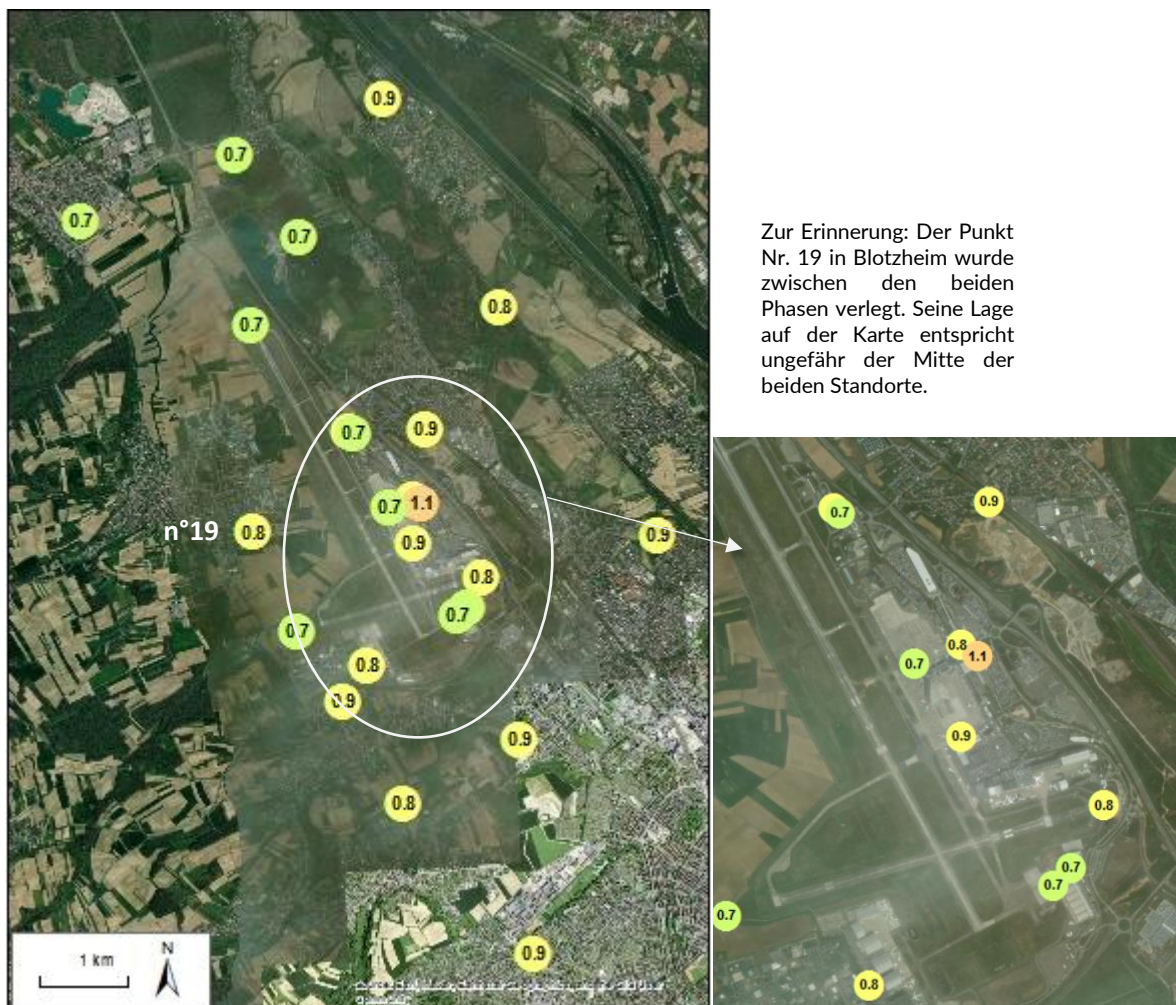
In Frankreich schreibt Artikel R221-1 Code de l'environnement (Umweltgesetz), geändert per Dekret Nr. 2010-1250 vom 21. Oktober 2010 (Art. 1, Version vom 7.1.2011) einen Jahresgrenzwert und ein Luftqualitätsziel von 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Benzol vor (Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008).

In der Schweiz schreibt die Luftreinhalte-Verordnung (LRV vom 16.12.1985) keine Grenzwerte für Benzol vor.

Die WHO hat 2005 für Benzol einen Wert von 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ausgedrückt als zusätzliches, überhöhtes Krebsrisiko) festgelegt.

Als Richtwert gilt, dass alle Standorte im gleitenden Jahr die französischen Grenzwerte einhalten. Der Standort 19MS in Blotzheim liegt zur Orientierung in jeder Phase unter diesen Schwellenwerten. Der WHO-Wert wird ebenfalls eingehalten, ausser an Punkt 2 (Parkhauseinfahrt auf Schweizer Seite).

Karte 02: Verteilung der jährlichen Benzolkonzentrationen im Untersuchungsgebiet (Durchschnitt der Sommer- und Winterphase)



4.4.3. Andere flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Zusätzliche VOC-Messungen wurden auf dem Flughafengelände in der Nähe von potenziellen VOC-Emissionsquellen durchgeführt. Bei den Messstandorten handelt es sich um die Standorte 32 (Betankungsbereich) und 33 (Bereich 6bis). Es ist zu beachten, dass der Messstandort 32 (Zone der Betankungsanlagen) einige Dutzend Meter von der ESSO-Station entfernt liegt (historisch Messpunkt Nr. 9 - für diese Kampagne entfernt). Tankstellen und Tanklager sind wichtige Quellen für VOC-Emissionen in die Luft.



Die Konzentrationen der gesamten VOC auf dem Flughafengelände (Abbildung 11) sind etwas höher als das städtische Hintergrundniveau in Mulhouse (dargestellt durch die Station Mulhouse Nord, die ebenfalls mit Passivsammler ausgestattet ist - Standort 30). Insgesamt können diese Gehalte, die alle unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen, für 40 Verbindungen als niedrig eingestuft werden. Die durchschnittlichen Konzentrationen an den Standorten 32 und 33 sind fast ähnlich und liegen bei etwa $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (etwa $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Agglomeration von Mulhouse).

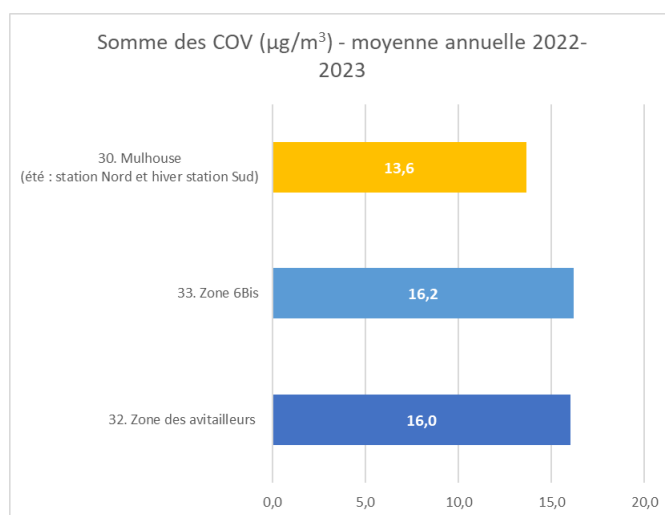


Abbildung 11: Jahresmittelwerte der Gesamt-VOC-Konzentrationen während der Messkampagne

Bei den in der Umgebung von Kraftstofflagern identifizierten Verbindungen (Abbildung 11) handelt es sich überwiegend um gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane: Dodekan, Iso-Oktan, n-Oktan und Isomere, n-Nonan und Isomere, n-Dekan und Isomere, n-Undekan und Isomere) sowie um aromatische Kohlenwasserstoffe (Xylole, ...). Tankstellen und Treibstoffdepots sind wichtige Quellen für VOC-Emissionen in die Umgebungsluft.

In der folgenden Abbildung 12 sind die Verbindungen einzeln aufgeführt. Es ist anzumerken, dass einige Verbindungen, deren Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenzen liegen, nicht dargestellt sind (hauptsächlich aus der Familie der Alkohole und Essigsäureester). Das Maximum der gemessenen Einzelgehalte beträgt $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für n-Dodekan (und Isomere) in Mulhouse. Die gleiche Verbindung wurde an beiden Standorten des Flughafens in grösseren Mengen gefunden ($2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Zone 6bis - Standort 33 und $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Betankungszone - Standort 32). Diese Beobachtung stimmt mit den Daten aus der Vergangenheit überein. Auch die Gesamtgehalte an VOCs sind in etwa ähnlich und gehen im Vergleich zu 2018-2019 leicht zurück.

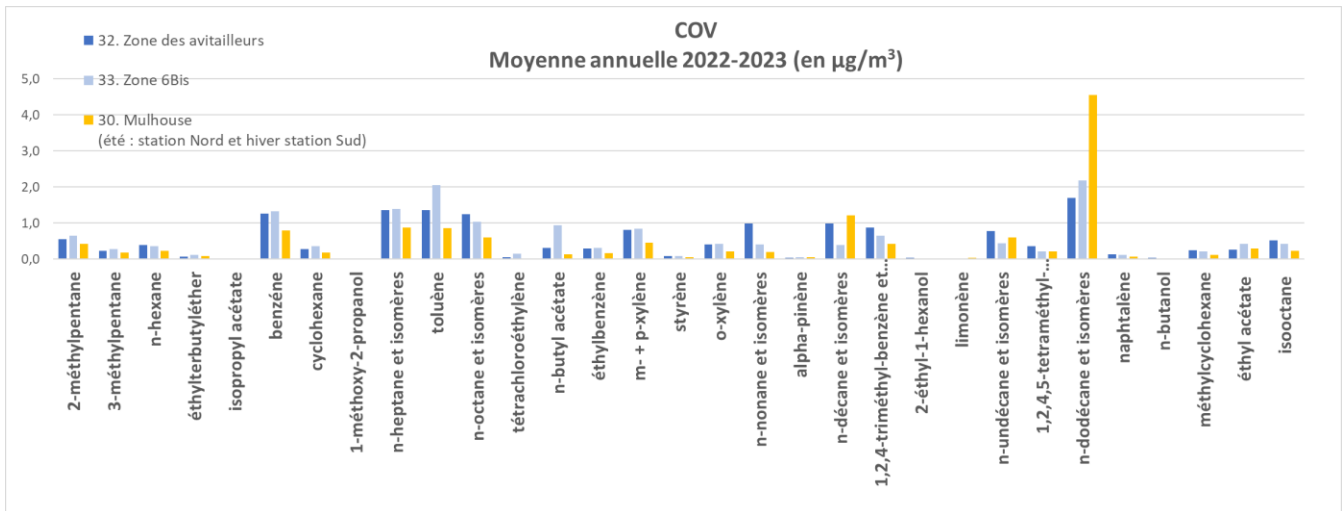


Abbildung 12: Jährliche durchschnittliche VOC-Konzentrationen (mit Spezialisierung) während der Messkampagne

Zusammensetzung der Treibstoffe für Strassenfahrzeuge und zivile Flugzeuge

Die Treibstoffe, die zum Antrieb von Auto-, Schiffs- und Flugzeugmotoren verwendet werden, sind Kohlenwasserstoffe. Damit bezeichnet werden alle chemischen Stoffe, deren Moleküle aus Wasserstoff und Kohlstoff bestehen. Kohlenwasserstoffe werden mittels Raffinierung von Rohöl, das im Untergrund abgebaut wird, gewonnen. Die Treibstoffe werden aufgrund des Anteils der verschiedenen Kohlenwasserstoffe unterschieden.

Treibstoff für Strassenfahrzeuge: Für die Verbrennungsmotoren werden Benzin und Diesel verwendet. Dabei handelt es sich um Kohlenwasserstoffgemische, die bisweilen durch weitere Brennstoffe und Additive ergänzt werden. Im Mittel sind folgende Stoffe enthalten:

- 30 bis 45 Prozent Alkene (ungesättigte Kohlenwasserstoffe)
- 30 bis 45 Prozent aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol-Gruppe)
- 20 bis 30 Prozent Alkane (gesättigte Kohlenwasserstoffe)
- 5 Prozent Cycloalkane (ringförmige gesättigte Kohlenwasserstoffe)

Flugbenzin: Für Flugzeuge mit Ottomotor (Kolbenmotor) wird ein eigener Kraftstoff eingesetzt. Es handelt sich um hochoctaniges Benzin, das behandelt wurde, um es weniger flüchtig zu machen als herkömmliches Benzin, gerade für das Fliegen in grosser Höhe. In der Leichtaviatik wird meist AVGAS 100LL (Low Lead) eingesetzt. Dieser blaue Kraftstoff enthält immer Tetraethylblei, das für den Autoverkehr längst verboten ist.

Für Strahl- und Turboprop-(Propellerturbinen-) -Flugzeuge wird als Treibstoffbasis Kerosin eingesetzt. Daraus werden die Jet-A- und Jet-B-Treibstoffe hergestellt.

Kerosin ist ein Kohlenwasserstoffgemisch aus Alkanen (C_nH_{2n+2}) mit den Molekülgrössen $C_{10}H_{22}$ bis $C_{14}H_{30}$

Bemerkungen: Am häufigsten werden Flugzeuge mit Düsen-/Turbopropantrieb eingesetzt.

Dodekan wird derzeit als potenzieller Ersatz für Kerosinkraftstoffe wie Jet-A, S-8 und andere herkömmliche Flugturbinenkraftstoffe untersucht. Es gilt als Kraftstoffersatz der zweiten Generation, der die Geschwindigkeit einer laminaren Flamme nachahmen soll.¹⁰

¹⁰ Experimental Investigation of the Thermophysical Properties of the Bio-Aviation Fuel Surrogates: Binary and Ternary Mixtures of n-Dodecane, Methyl Butyrate, and Methyl Decanoate. J. Chem. Eng. Data 2019, 64, 12, 5510–5522
Molecular dynamics simulation of thermophysical properties of binary RP-3 surrogate fuel mixtures containing trimethylbenzene, n-decane, and n-dodecane. Journal of Molecular Liquids Volume 359, 1 August 2022, 119258

Bezug zum Gesetzesrahmen – Frankreich und Schweiz



In Frankreich ist lediglich die Benzol-Konzentration gesetzlich geregelt. Die WHO hat Richtwerte für Toluol, Ethylbenzol und die Xylole erlassen:

- Toluol: Wochenmittel von 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Ethylbenzol: Wochenmittel von 22 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Xylole: Wochenmittel von 4800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Zur Illustration: Die ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail - Nationale Agentur für die Sicherheit von Lebensmitteln, Umwelt und Arbeit) hat langfristige (über ein Jahr) Innenraumluftleitwerte für Ethylbenzol (2016) und Toluol (2018) von 1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. 20 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel (für Innenräume) vorgeschlagen

In der Schweiz schreibt die Luftreinhalte-Verordnung (LRV vom 16.12.1985) keine Grenzwerte für flüchtige organische Verbindungen vor.

Die Proben wurden an zweimal 14 Tagen in zwei Zeiträumen genommen. Daher kann nur das Ergebnis für Ethylbenzol mit dem Referenzwert der WHO verglichen werden.

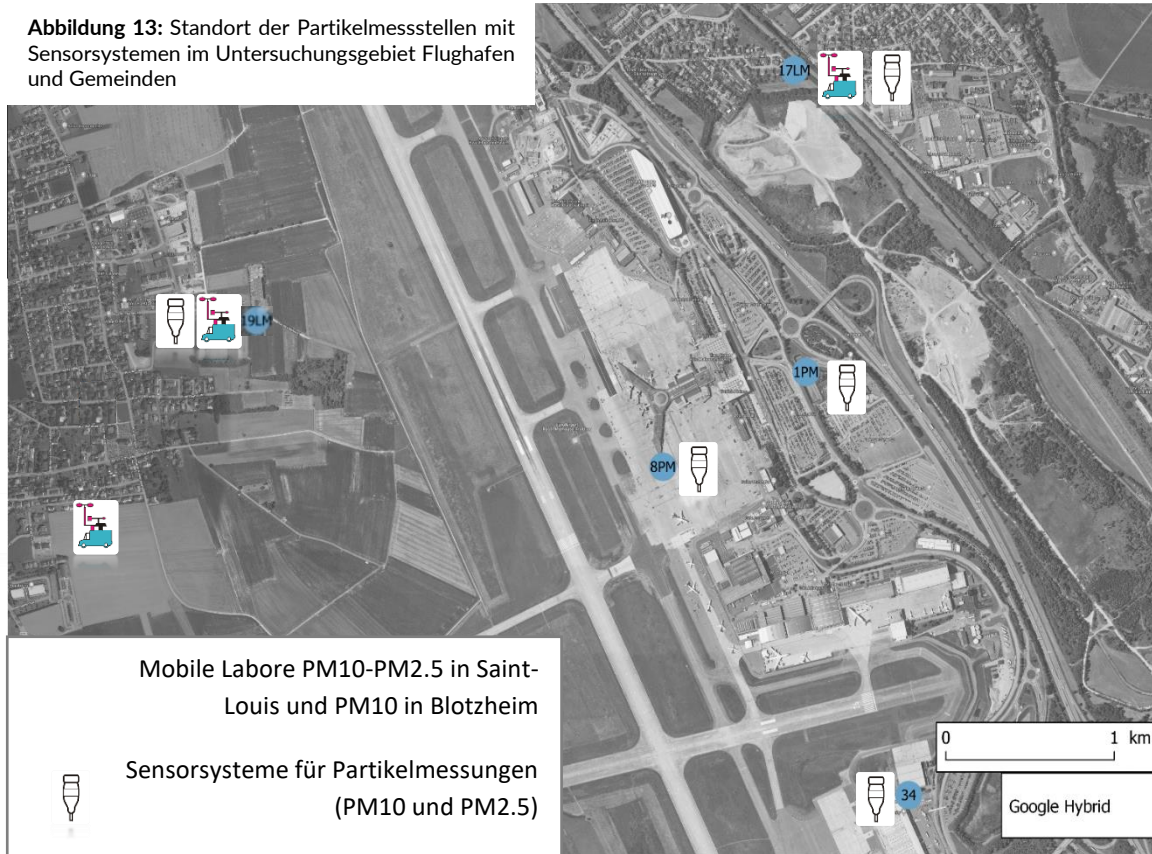
Für beide Verbindungen wurden die Werte weitgehend eingehalten. Der Tagesschwellenwert (Aussenluft) konnte aufgrund des Mittelwerts für Xylole nicht erreicht werden.

4.5. PARTIKELMESSUNGEN

Um die Konzentration von Feinstaub (PM10 und PM2.5) auf dem und beim Flughafen Basel-Mulhouse zu messen, wurden an folgenden Standorten Microvol-Partikelsammler angebracht (Figur 13):

- 1PM (Gewitterbeckenzone GBZ Terminal);
- 8PM (beim Flugzeug-Abstellbereich);
- 34 (Frachtzone beim LKW-Umschlag);
- 19MS (mobile Station Blotzheim) zum metrologischen Vergleich (Überprüfung der PM10-Dynamik) mit dem Referenzanalysegerät und zur Ergänzung der PM2.5-Messung (die mobile Station ist für PM2.5 nicht ausgerüstet). Zur Erinnerung: Die mobile Station wurde während der Winterphase an einen anderen Standort verlegt als in der Sommerphase.
- 17MS (mobile Station Saint Louis) zum metrologischen Vergleich (Überprüfung der PM10-PM2.5-Dynamik) mit den Referenzanalysegerät;
- 30 (Referenzstation Mulhouse Nord) für den metrologischen Vergleich von PM10 im Zeitraum vom 15/06 bis 29/06 in Mulhouse Nord Vauban für PM10 und im Zeitraum vom 29/06 bis 13/07/2022 an der Station Mulhouse Coteaux Sud (rue Lézard) für die Parallelmessung von PM10-PM2.5. In der Winterphase wurde die Ausrüstung vollständig an der Station Mulhouse Sud (PM10-PM2.5) installiert.

Abbildung 13: Standort der Partikelmessstellen mit Sensorsystemen im Untersuchungsgebiet Flughafen und Gemeinden



Die folgenden Abbildungen 14 und 15 zeigen die Verteilung der Partikelkonzentrationen, die von den Sensorsystemen, mobile Stationen und Stationen des ATMO GE-Netzes gemessen wurden.

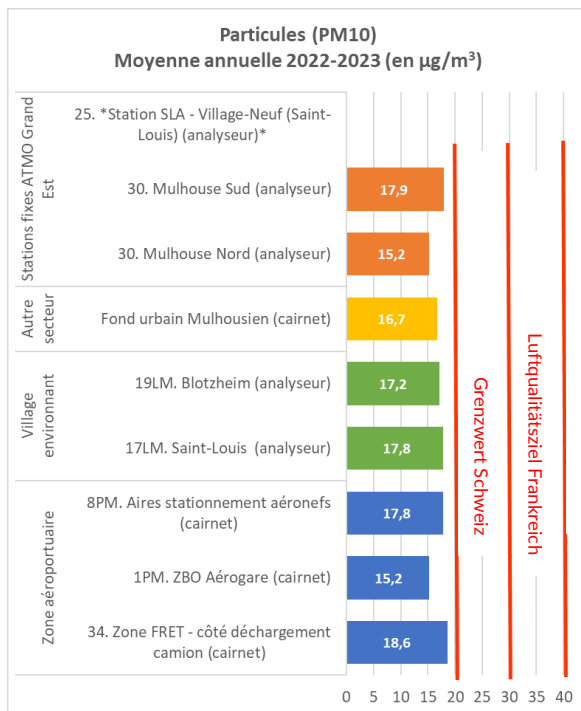


Abbildung 14: Verteilung der PM10-Jahreskonzentrationen im Studiengebiet

* Da die PM10-Messungen an der Station Village Neuf seit Januar 2023 eingestellt wurden, konnte der Jahresmittelwert nicht berechnet werden.

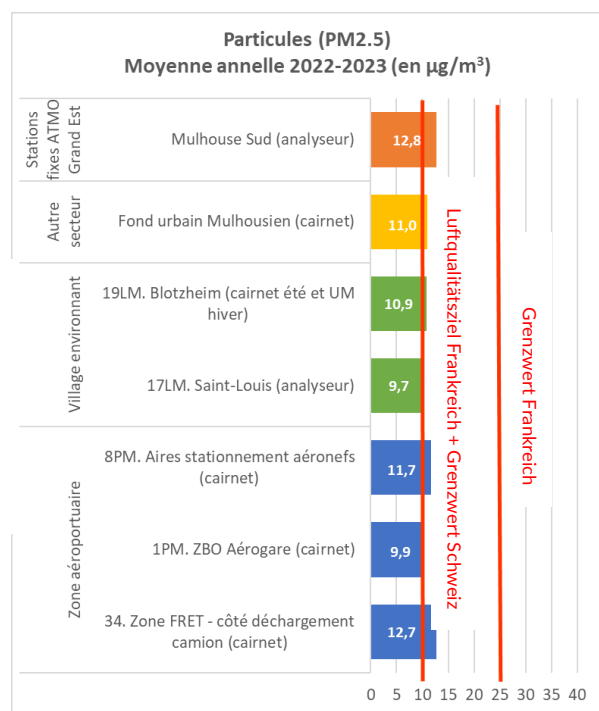


Abbildung 15: Verteilung der PM2.5-Jahreskonzentrationen im Studiengebiet

Anmerkung: Für die Flughafenmessstelle, die jeweils mit einem Sensorsystem (Cairnet) ausgestattet sind, fehlen aufgrund eines Stromausfalls die Daten der Tage 18.01., 19.02. von 00:00 bis 10:00 Uhr und 03.02. von 18:00 Uhr bis 06.02. 09:00 Uhr für den Standort 34PM, und 08.02. 14:00 bis 12.02. 11:00 Uhr für den Standort 1PM. Die monatlichen und täglichen Durchschnittswerte (siehe Abschnitt 4.6.3) wurden daher ohne diese Daten berechnet.

Feinstaub PM10 (Abbildung 14)

Der mittlere PM10-Feinstaubgehalt auf dem Flughafengelände (Standorte 1PM, 8PM und 34) lag zwischen $15,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Standort 8PM - Abstellbereich für Luftfahrzeuge in reservierten Bereichen) und $18,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Standort 34 - Frachtbereich auf der Seite der LKW-Entladung). Die Messungen des Standorts 34 und 8PM lagen leicht über den Messwerten in den Nachbargemeinden wie Blotzheim ($17,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Saint-Louis ($17,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die vorstädtischen Hintergrund-Messstation in Village-Neuf wies im Sommer (nicht im Jahresmittel) einen Wert von $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Die Konzentrationen im Flughafenzone (Blotzheim und Saint Louis) liegen zwischen den städtischem Hintergrund-Stationen von Mulhouse, die nicht von den Aktivitäten des Flughafens beeinflusst werden ($16,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit dem Sensorsystem an zwei Standorten in Mulhouse im Sommer, $15,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der festen Messstation Mulhouse Nord und $17,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Station Mulhouse Sud).

Feinstaub PM2.5 (Abbildung 15)

Die PM2.5-Werte auf dem Flughafen folgen dem gleichen Trend wie die PM10-Werte, wobei der Frachtbereich mit $12,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höhere Konzentrationen aufweist als die beiden anderen Punkte ($11,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Standort 8PM und $9,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Standort 1PM - Gewitterbecken des Terminals). Sie sind ähnlich und niedriger als im städtischen Hintergrund in Mulhouse, der nicht durch die Aktivitäten des Flughafens beeinflusst wird. In den Nachbargemeinden sind die Werte etwas niedriger als auf dem Flughafen und liegen unter den Werten des unbeeinflussten städtischen Hintergrunds (Mulhouse).



Bezug zum Gesetzesrahmen – Frankreich und Schweiz

In Frankreich schreibt Artikel R221-1 Code de l'environnement (Umweltgesetz), geändert per Dekret Nr. 2010-1250 vom 21. Oktober 2010 (Art. 1, Version vom 7.1.2011) vor:

- PM10: Jahresgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Luftqualitätsziel von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008).
- PM2.5: Jahresgrenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Luftqualitätsziel von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008).

In der Schweiz schreibt die Luftreinhalte-Verordnung (LRV, vom 16.12.1985) einen Immissionsgrenzwert (Jahresmittelwert) von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die PM10 vor.

Die WHO legt jährliche Richtlinien (Empfehlungen) von $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM10 und $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM2.5 fest.

Die gemessenen PM10-Werte überschreiten an keinem Standort den Jahresgrenzwert (zur Information über ein gleitendes Jahr) aber sie überschreiten für alle Standorte ausser 1PM die WHO-Empfehlungen.

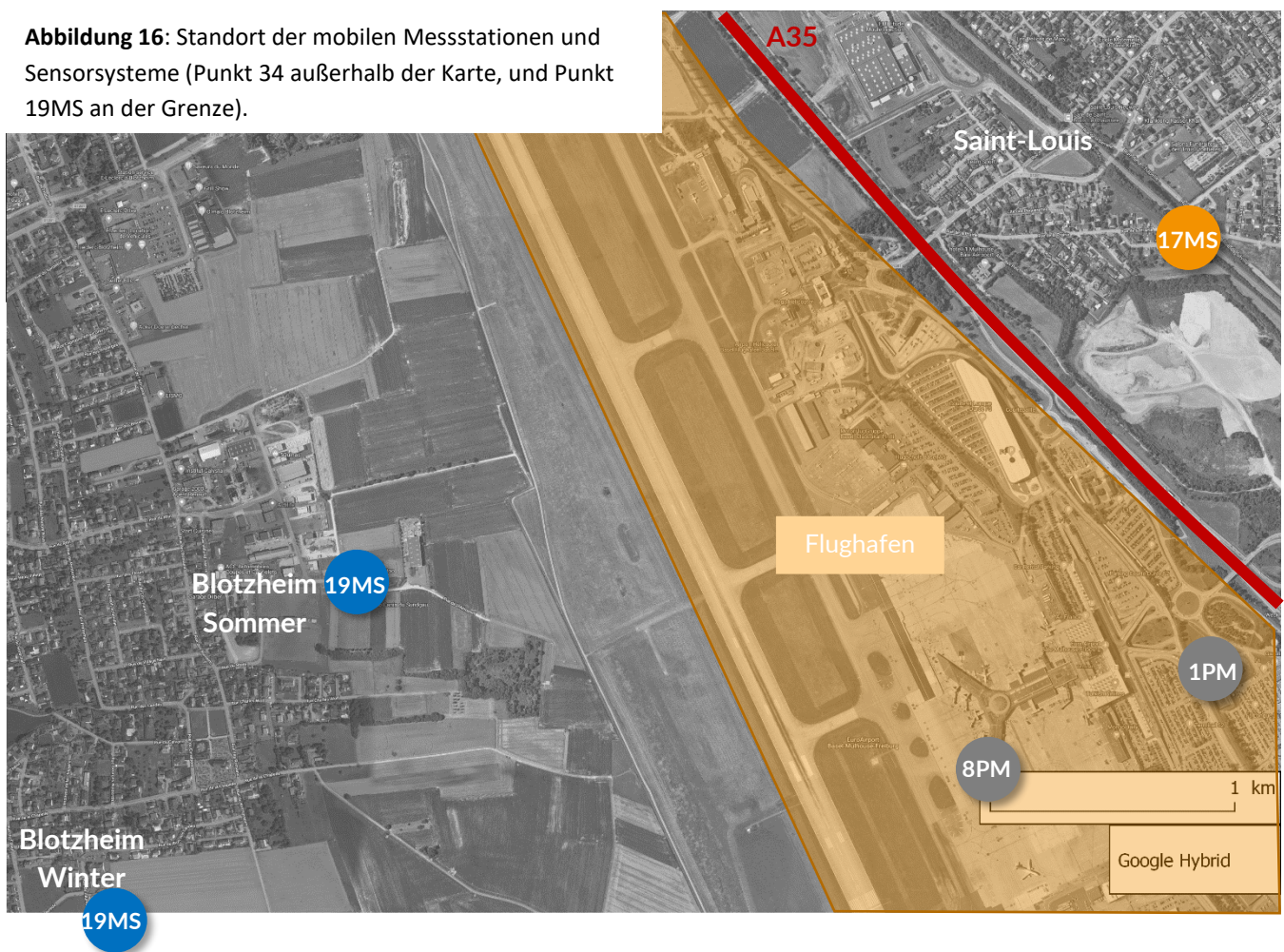
Die gemessenen PM2.5-Werte halten den französischen Grenzwert weitgehend ein (zur Information über ein gleitendes Jahr), liegen aber leicht über dem Schweizer Grenzwert und dem französischen Luftqualitätsziel, ausser für den Standorten 1PM und Saint-Louis. Der WHO-Schwellenwert wird weit überschritten, diese Feststellung gilt auch im regionalen Messnetz.

Die Dynamik der PM (zeitliche Entwicklungen) wird im folgenden Abschnitt behandelt.

4.6. MESSRESULTATE DER MOBILEN STATIONEN (NO₂-PM-SO₂) UND DER MIKROSENSOREN

Um die Entwicklung der Stunden- und Tageswerte der Luftverschmutzung angesichts der Luftqualitätsvorschriften zu beurteilen, wurden für die Messung von Stickstoffdioxid (NO₂ und NO), PM10- und PM2.5-Feinstaub, Schwefeldioxid (SO₂) zwei Laborlastwagen mit automatischen Messgeräten für die kontinuierliche Messung östlich und westlich des Flughafens, in den Nachbargemeinden Saint-Louis (Standort 17MS) und Blotzheim (19MS) aufgestellt. In der mobilen Messstation in Blotzheim kommen die PM2.5-Werte aus einem Sensorsystem. Auf dem Flughafen wurden ebenfalls PM10-PM2.5-Sensorsysteme eingerichtet (siehe Abschnitt 4.5).

Abbildung 16: Standort der mobilen Messstationen und Sensorsysteme (Punkt 34 außerhalb der Karte, und Punkt 19MS an der Grenze).



Die Messresultate der beiden mobilen Stationen (Blotzheim und Saint-Louis) sowie der 3 Mikrosensoren im Flughafen wurden mit den geltenden Normen und mit den Daten des regionalen Messnetzes von ATMO Grand Est verglichen.

4.6.1. Analyse der Tagesschwankungen

In diesem Kapitel werden die durchschnittlichen Tagesprofile der mobilen Messstationen ermittelt, also die durchschnittliche Schadstoffkonzentration während der Messphase für jede Stunde des Tages, und zwar für folgende Primärschadstoffe: NO₂, PM10 (MS + CAIRNETs) und SO₂ (nur MS), im Vergleich mit den Messstationen von ATMO Grand Est.

Alle Stunden sind in Lokalzeitausgedrückt. Die Ergebnisse lesen sich wie folgt: 08.00 Uhr = Durchschnitt der Gehalte zwischen 07.00 und 08.00 Uhr; 09.00 Uhr = Durchschnitt der Ergebnisse zwischen 08.00 und 09.00 Uhr, usw.

NO₂

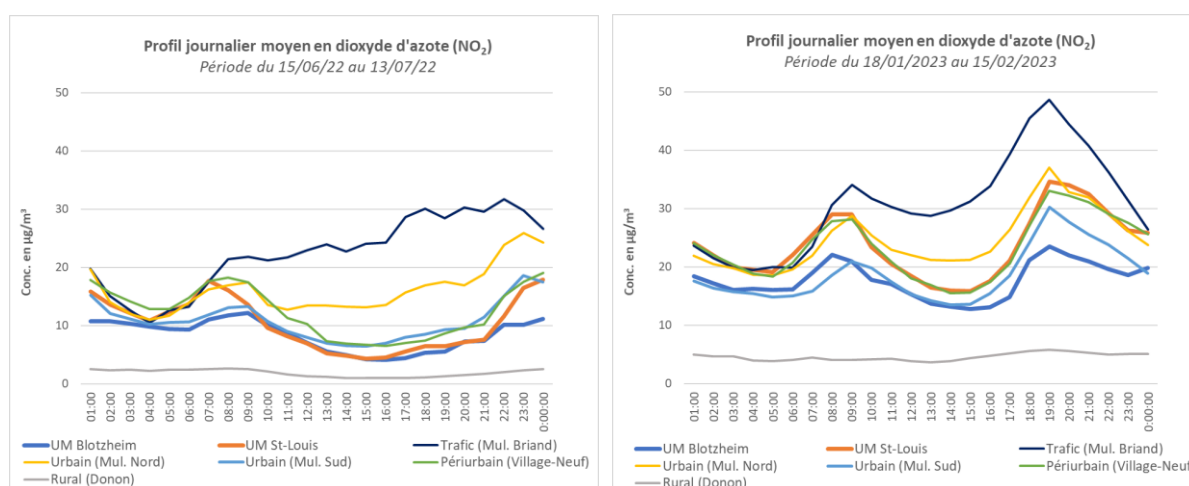


Abbildung 17: Durchschnittlichen Tagesprofile Winter- und Sommerphase – Stickstoffdioxid NO₂

Die Mittelwerte von Stickstoffdioxid (NO₂), die in Saint-Louis (17MS) gemessen wurden, zeigen zweimal pro Tag, einmal am Morgen, einmal am Nachmittag bzw. Abend einen Anstieg der Belastung (Abb. 15). Diese beiden Spitzenwerte erreichen in der Sommerphase etwa 18 µg/m³ (um 07:00 Uhr) und 18 µg/m³ (um Mitternacht), in der Winterphase 29 µg/m³ (um 08:00 und 09:00 Uhr) und 35 µg/m³ (um 19:00 Uhr). Zwischen diesen beiden Spitzenwerten sind die Konzentrationen niedriger. Diese Schwankungen korrelieren sehr gut mit dem Profil der in Village-Neuf aufgestellten Station im vorstädtischen Hintergrund (Standort Saint Louis Agglomeration), deren Messwerte in der Sommerphase durchweg höher und in der Winterphase sehr ähnlich sind. Die Messwerte an der MS in Saint-Louis sind insgesamt niedriger als an einem vom Strassenverkehr beeinflussten Standort (in Mulhouse), ausser während eines Teils der Nacht (fast gleich hohe Werte), und liegen zwischen den beiden städtischen Hintergrund-Messstellen in Mulhouse.

Am Standort Blotzheim (19MS) weisen die Stickstoffdioxid-Werte ebenfalls zwei Tagesspitzen auf, wobei sie deutlich weniger ausgeprägt sind als in Saint Louis: 12 µg/m³ um 9.00 Uhr (Sommerphase) bzw. 23,5 µg/m³ um 19.00 Uhr (Winterphase). Die Werte sind in Blotzheim im Vergleich zu Saint-Louis insgesamt niedriger. Das allgemeine Mittelwertprofil von Blotzheim liegt zwischen demjenigen eines ländlichen und eines vorstädtischen Standorts.

NO

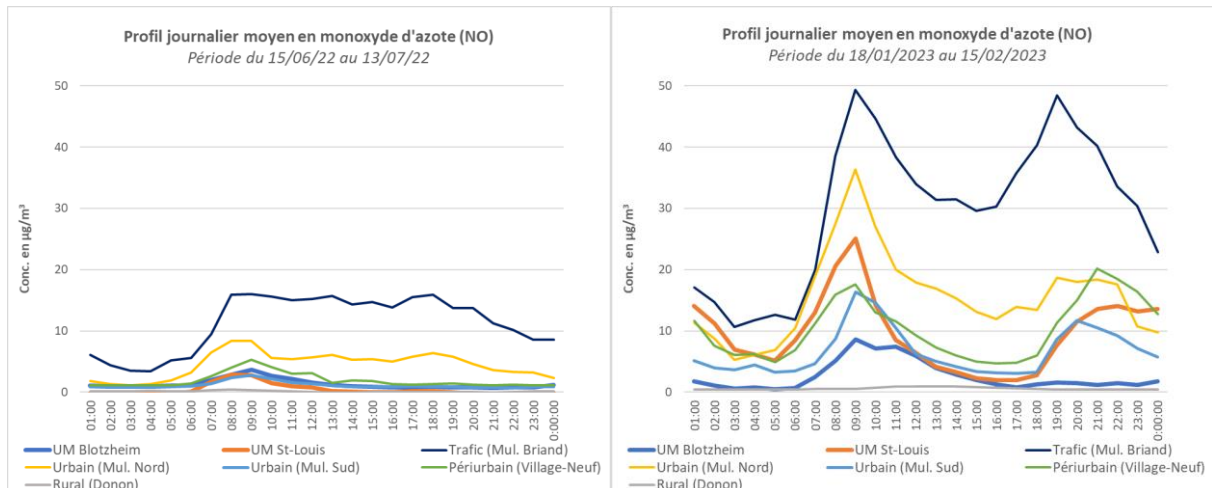


Abbildung 18: Durchschnittliche Tagesprofile Winter- und Sommerphase – Stickstoffmonoxyd NO

Bei Stickstoffmonoxid (NO) ist ein deutlicher Anstieg zwischen den beiden Phasen zu beobachten, wobei wie bei NO_2 die Konzentrationen in Saint-Louis am höchsten sind. In der Sommerphase ist nur die Morgenspitze auf beiden mobilen Stationen ausgeprägt. Dasselbe gilt im Winter für Blotzheim, während in Saint-Louis ein Anstieg zwischen 18:00 und 23:00 Uhr auftritt. Das an diesen beiden Standorten gemessene NO, ein Marker für den Nahbereich (Primärschadstoff, der direkt aus Verschmutzungsquellen vom Typ Verbrennung stammt), zeigt Profile mit niedrigeren Werten im Vergleich zu einem Standort, der vom Strassenverkehr beeinflusst wird (Mulhouse Briand), und einem städtischen Standort wie Mulhouse Nord. Sie sind eher mit einem vorstädtischen Hintergrund vergleichbar.

PM10

- ✓ Sommerphase:

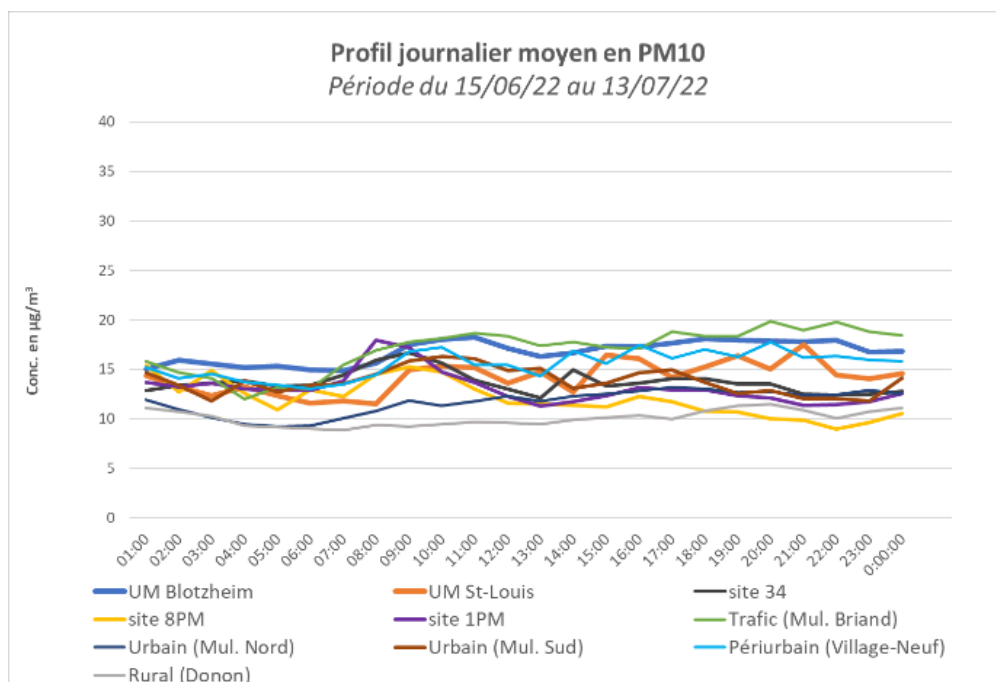


Abbildung 19: Durchschnittliche Tagesprofile Sommerphase – PM10

Der Standort 1PM weist einen Spitzenwert zwischen 07:00 Uhr ($13,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und 08:00 Uhr ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) auf. Dann nehmen die Werte im Laufe des Tages und der Nacht allmählich ab (mit zeitweiligen Schwankungen nach oben). Der Standort 8PM schwankt nachts regelmässig, bevor er um 09:00 Uhr sein Maximum erreicht ($15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), und ab 09:00 Uhr folgt er demselben Trend wie der Standort 1PM. Die 3 Messungen auf dem Vorfeld liegen insgesamt unter den vorstädtischen Hintergrundwerten (Station Village-Neuf). Dagegen liegen sie nachts bis 13.00 Uhr über dem städtischen Hintergrund von Mulhouse, nähern sich ihm aber danach an (abgesehen von Standort 34). Tagsüber sind sie sehr weit von den städtischen Werten des Verkehrseinflusses (Mulhouse Briand) entfernt, nachts jedoch näher dran.

Der Standort Blotzheim ist ziemlich stabil und für die Jahreszeit besonders hoch. Er bleibt zu allen Zeiten über den städtischen Hintergrundwerten in der Stadt Mulhouse, den vorstädtischen Hintergrundwerten in Saint-Louis und den Werten auf dem Flughafen. Am Morgen sind die Werte um 10:00 Uhr ($18,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und 11:00 Uhr ($18,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) am höchsten und ähneln den Werten, die zur gleichen Zeit an einer Station in Mulhouse mit Verkehrseinfluss gemessen wurden. Die Werte sind vor allem nachts hoch, mit $18,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um 22.00 Uhr und noch $16,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um Mitternacht. Zwischen 02:00 und 07:00 Uhr liegen die Werte über denen der Station mit Verkehrseinfluss in Mulhouse. Ein Einfluss landwirtschaftlicher Aktivitäten, die Partikel erzeugen, ist in diesem von Feldern umgebenen Gebiet nicht auszuschliessen.

Der Standort Saint-Louis zeigt einen Anstieg am Morgen zwischen 8.00 Uhr ($11,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und 11.00 Uhr ($15,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Danach schwanken die Werte zwischen Anstiegen und Rückgängen (mit einer Amplitude von +/- 2 bis $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Das Maximum des Profils wird um 21.00 Uhr erreicht ($17,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Danach und bis zum frühen Morgen sinken die Werte (und liegen unterhalb der Verkehrsstation von Mulhouse). Die Werte liegen über den parallel gemessenen Werten am Flughafen und dem städtischen Hintergrund von Mulhouse, aber insgesamt (Ausnahmen um 15:00 und 21:00 Uhr) unter der vorstädtische Station Saint-Louis/Village Neuf.

✓ Winterphase:

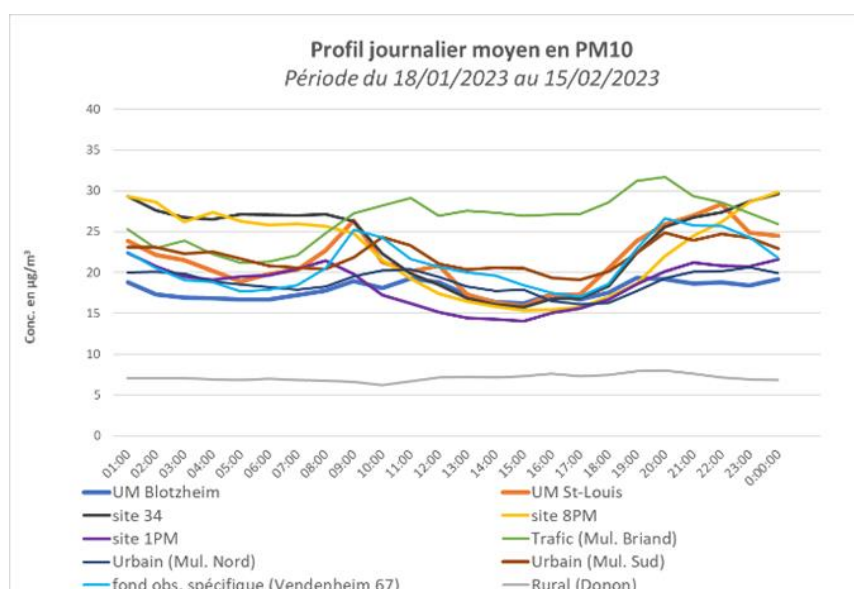


Abbildung 20: Durchschnittliches Tagesprofil Winterphase - PM10

Die drei Standorte auf dem Flughafen weisen eine ähnliche Dynamik auf. Standort 34 weist höhere Konzentrationen auf als die beiden anderen Standorte, wobei Standort 8 immerhin noch recht nahe liegt.

An diesen drei Standorten sind die Werte zwischen 9:00 und 17:00 Uhr am niedrigsten. Am Abend und in der Nacht sind sie höher (Maximum: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an den Standorten 34 und 8 um Mitternacht; 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an Standort 1 um 01:00 Uhr).

Der Standort Blotzheim bleibt niedriger als der Standort Saint-Louis, er schwankt mit geringer Amplitude. Die Höchst- und Tiefstwerte liegen bei 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (19:00 Uhr) bzw. 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ um (15:00 Uhr), während in Saint-Louis die stündlichen Konzentrationen im Monatsmittel zwischen 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (22:00 Uhr) und 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15:00 Uhr) schwanken. An den Flughafenstandorten bleiben die PM10-Werte in der Nacht hoch. In den beiden umliegenden Gemeinden sind die Konzentrationen eher rückläufig, bevor sie am Morgen wieder ansteigen. In Saint-Louis und Blotzheim treten um 9.00 Uhr Spitzenwerte auf (26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die städtischen Stationen in Mulhouse reagieren ähnlich wie Blotzheim und Saint Louis mit einer leichten Verzögerung bei den Morgenspitzen.

Blotzheim liegt insgesamt unter den beiden städtischen Stationen in Mulhouse (manchmal etwas höher als Mulhouse Nord). Saint-Louis liegt über Mulhouse Nord und zu bestimmten Zeiten (zwischen 19:00 und 01:00 Uhr sowie 08:00 und 10:00 Uhr) auch über Mulhouse Süd. Die Standorte mit den mobilen Stationen liegen unter dem Verkehrsstandort Mulhouse. Der Vergleich mit einer lokalen vorstädtischen Station ist in der Winterphase nicht möglich, da die PM10-Messungen an der Station Village Neuf eingestellt wurden.

Zur Kenntnisnahme können die Daten mit der Station Vendenheim im Departement Bas-Rhin verglichen werden, einer Hintergrundstation, die in einer vorstädtischen Umgebung angesiedelt ist, aber aufgrund ihrer Platzierung in der Nähe eines landwirtschaftlichen Feldes (Nichteinhaltung sämtlicher Regeln des Leitfadens für die Ansiedlung fester Messstationen) einer besonderen Beobachtung entspricht. Die mobile Station in Saint-Louis bewegt sich auf Werten nahe bei Vendenheim. Blotzheim liegt konstant darunter. Ausserdem liegt der Standort Blotzheim unter den Flughafenstandorten (mit Ausnahme von 1 PM). Der Standort Saint-Louis liegt zwischen 23:00 und 13:00 Uhr unterhalb dieser Standorte (ausser 1PM) und ansonsten sehr nah an ihnen.

Die Flughafenstandorte 8 und 34PM liegen nur am Abend und in der Nacht über den städtischen Stationen. Tagsüber sinken sie so weit ab, dass sie unterhalb oder sehr nahe bei den Werten liegen. Der Standort 1 PM hingegen liegt unterhalb dieser Stationen.

Anmerkung: Im Gebiet der Communauté d'Agglomération de Saint-Louis im Jahr 2020 (Quelle: Invent'Air 2022 ATMO Grand Est) sind die Hauptemissionsquellen für PM10 der Wohnsektor (hauptsächlich Heizung) und die Land-/Forstwirtschaft. Im Winter ist im gesamten Netz ein deutlicher Anstieg der PM10-Gehalte zu beobachten, der mit der Beheizung von Wohngebäuden zusammenhängt. Im Frühjahr und Sommer führt die Landwirtschaft zu Spitzenwerten und einem Anstieg der PM10-Belastung zu bestimmten Zeiten, insbesondere in Gebieten in der Nähe von Feldern.

Die PM10-Schwankungen in den beiden Zeiträumen der Kampagne sind typisch für die jahreszeitliche Entwicklung der Partikel.

PM2.5

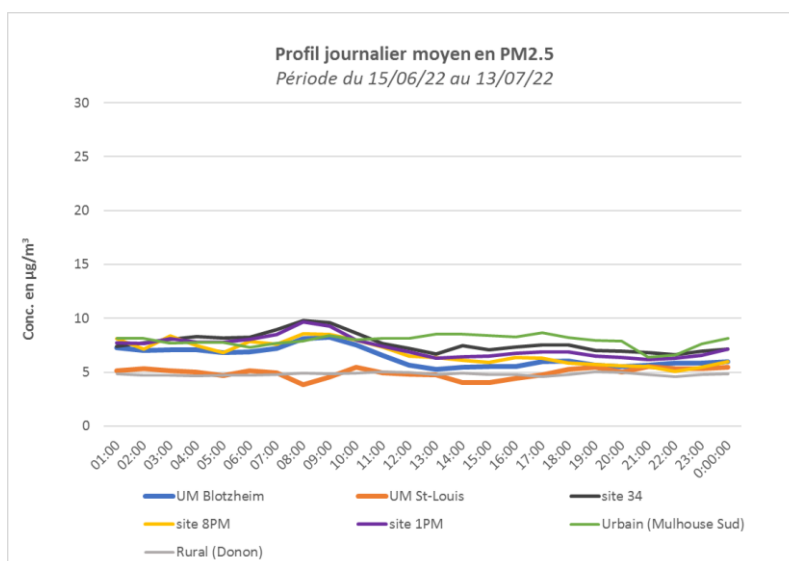


Abbildung 21: Durchschnittliches Tagesprofil - Sommerphase PM2.5

✓ Sommerphase :

Bei PM2.5 sind die Werte an den Flughafenstandorten (8PM-1PM und 34) in der gleichen Größenordnung und schwanken in gleicher Weise (Standort 8 PM nachts leicht unterschiedlich). Zwischen 11:00 und 02:00 Uhr liegen die Werte unter oder nahe dem städtischen Hintergrundniveau, das weit entfernt von einem Flughafengebiet liegt (Station Mulhouse Sud). Zwischen 03:00 und 10:00 Uhr sind sie höher.

Der Standort Blotzheim weist höhere Werte auf als der Standort St-Louis (abgesehen von den Abendstunden). Saint-Louis ähnelt fast einem ländlichen Hintergrundwert. Blotzheim ist höher, aber niedriger als der städtische Hintergrund von Mulhouse. Die mobilen Stationen weisen Gehalte auf, die einer von Flughafenaktivitäten unbeeinflussten Umgebung ähneln. Ausserdem sind die Werte niedriger als die des Flughafens.

✓ Winterphase :

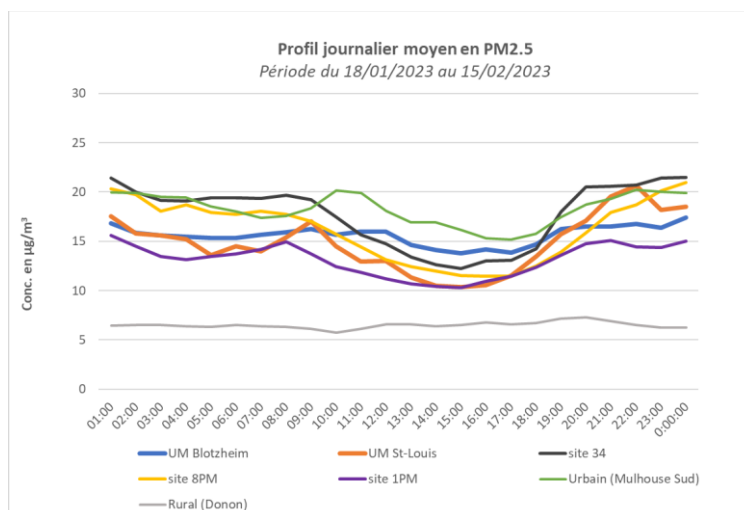


Abbildung 22: Durchschnittliches Tagesprofil - Winterphase PM2.5

Wie bei PM10 weisen die drei Flughafenstandorte die gleiche Tagesdynamik und die gleichen Werte auf, wobei die Gehalte tagsüber niedriger sind als abends/nachts und am Standort 34 PM die Konzentrationen höher sind als an den beiden anderen Standorten. Nur der Standort 34PM überschreitet zeitweise (nachts) den städtischen Hintergrund von Mulhouse, der nicht durch Flughafenaktivitäten beeinflusst wird.

Die umliegenden Gemeinden Saint-Louis und Blotzheim haben ebenfalls ähnliche Schwankungen bei PM10, aber bei PM2.5 liegt Blotzheim manchmal über Saint-Louis, besonders tagsüber. Die Werte liegen unter der städtischen Hintergrundstation in Mulhouse und zwischen den Flughafenstandorten.

Anmerkung: Im Gebiet der Communauté d'Agglomérations de Saint-Louis im Jahr 2020 (Quelle: Invent'Air 2022 ATMO Grand Est) sind die Hauptemissionsquellen für PM2.5 wie bei PM10 der Wohnsektor, jedoch mit einem höheren Anteil (59 %), und der Sektor Landwirtschaft/Forstwirtschaft mit einem geringeren Anteil (12 %).

SO₂

Die durchschnittlichen Konzentrationen von Schwefeldioxid (SO₂), die während der beiden Phasen in Saint-Louis (17MS) und Blotzheim (19MS) gemessen wurden, lagen unterhalb der Nachweisgrenze des Messgerätes (2 ppb bzw. 5,34 µg/m³). Sie weisen im Gegensatz zu einer Station mit industriellem Einfluss keine nennenswerten Veränderungen auf.

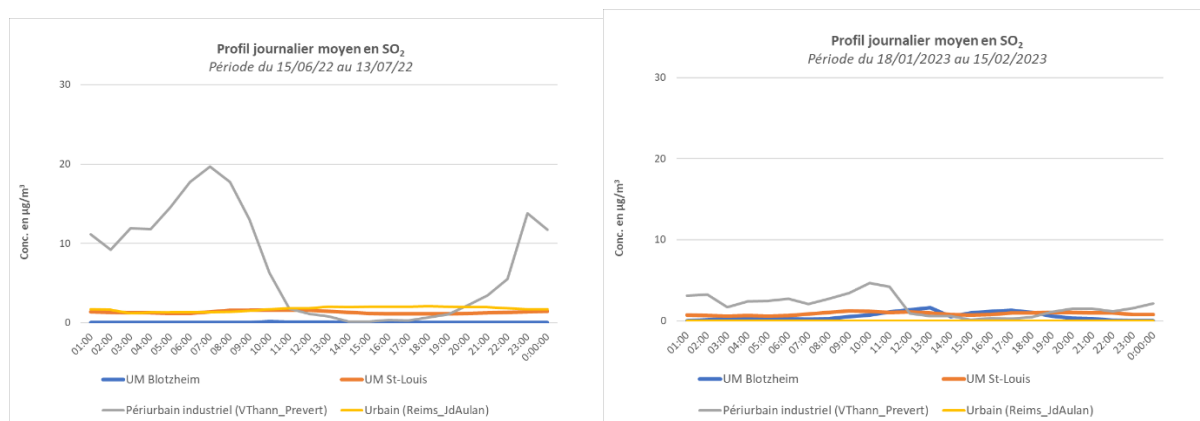


Abbildung 23: Durchschnittliches Tagesprofil - Sommer- und Winterphase - Schwefeldioxid SO₂

4.6.2. Untersuchung der Korrelationen mit dem Strassenverkehr auf der A35 (nur Sommerphase) und dem Flugverkehr des Flughafens Basel-Mulhouse (Sommer- und Winterphase)

Zunächst wurde das durchschnittliche Tagesprofil für jeden Schadstoff, das in beiden Phasen im Untersuchungsgebiet durch Messgeräte (Blotzheim und Saint-Louis) und Sensorsysteme (Flughafen) gemessen wurde, mit dem durchschnittlichen Tagesprofil des Flugverkehrs auf der Flughafenplattform (ATD/ATA¹¹, unter Berücksichtigung der Start- und Landezeiten) sowie für die Sommerphase mit dem des Strassenverkehrs auf der A35 (Zählstation Blotzheim A35) verglichen. Die Zählraten des Flugverkehrs (Sommer und Winter) wurden vom Euroairport zur Verfügung gestellt, während die Daten der A35 für den Sommer von der Collectivité européenne d'Alsace (Europäische Gemeinschaft Elsass, CeA) übermittelt wurden. Die Winterdaten des Strassenverkehrs konnten aufgrund eines Ausfalls des Zählsensors der CeA nicht empfangen werden.

In einem zweiten Schritt wurde auf Wunsch der Anwohner eine Analyse der Konzentrationen in Abhängigkeit von der Startrichtung (Nord oder Süd) durchgeführt.

Hinweis: Die Interpretationsmöglichkeiten für diese Analyse sind begrenzt, weil sie sich lediglich darauf beschränkt, die zwei Emissionsquellen Strassenverkehr A35 und Luftverkehr Flughafen Basel-Mulhouse mit den Schadstoffwerten zu vergleichen, die in der Nähe des Flughafens gemessen wurden. Doch sind das Vorhandensein und die Entwicklung von Luftschadstoffen viel komplexer, da sie auf physikalischen und chemischen Prozessen (Übertragung, chemische Reaktionen, Deposition) beruhen, die von zahlreichen Faktoren abhängig sind, wie etwa:

- Emission von Luftschadstoffen aus menschlichen Quellen – die also auf menschliche Tätigkeiten zurückgehen, sich aber nicht auf den Strassenverkehr der A35 und den Luftverkehr des EuroAirport beschränken – sowie aus natürlichen Quellen, die das Vorhandensein und die Zusammensetzung von Substanzen in der Luft direkt beeinflussen ;
- Witterungsverhältnisse, die sich auf die Übertragung und das chemische Verhalten der Luftschadstoffe auswirken; dabei sind die Windverhältnisse (Geschwindigkeit, Richtung), Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge, Wolkendecke und vertikaler Temperaturgradient, der die Stabilität der Atmosphäre beeinflusst, äusserst sensible Parameter (vgl. Kap. 4.1);
- Die Standortverhältnisse (Bodennutzung, Gebäudetypologie) beeinflussen die Dispersion und die Deposition der Schadstoffe;
- Einführung von Schadstoffen aus Quellen ausserhalb des Studiengebiets;

Die Ergebnisse lesen sich wie folgt: 08.00 Uhr = Durchschnitt der Gehalte zwischen 07.00 Uhr und 08.00 Uhr. 09.00 Uhr = Durchschnitt der Ergebnisse zwischen 08.00 Uhr und 09.00 Uhr.

¹¹ Actual Time of Departure, Tatsächliche Abreisezeit et Actual Time of Arrival, Tatsächliche Ankunftszeit

Untersuchung der Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen in Bezug auf die durchschnittlichen täglichen Gesamtbewegungen im Zeitraum

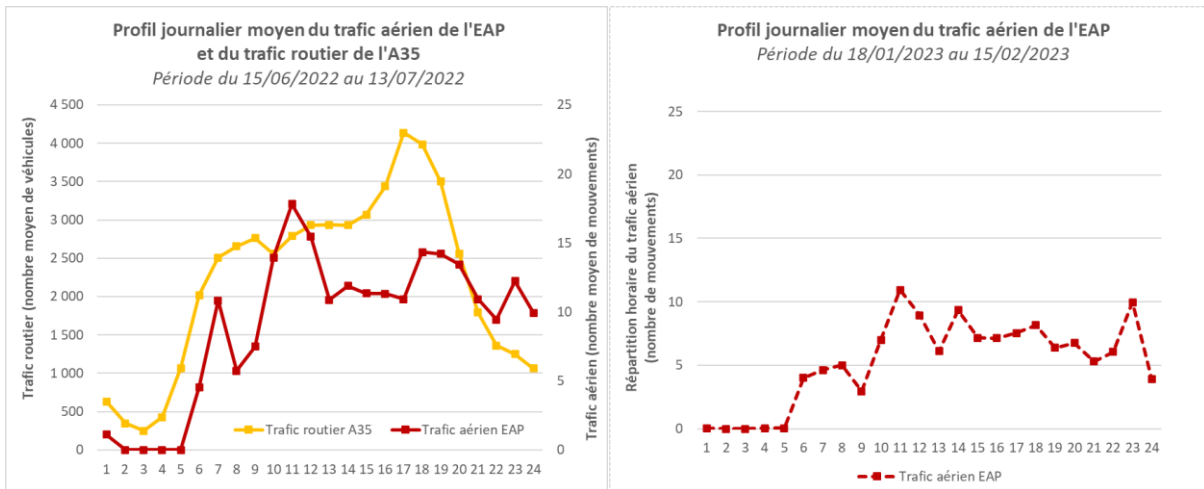


Abbildung 24: durchschnittliche Tagesprofile : Sommerphase - Flugbewegungen des Euroairports (Landungen + Starts) und Strassenverkehr – Winterphase - Flugbewegungen des Euroairports (Landungen + Starts)

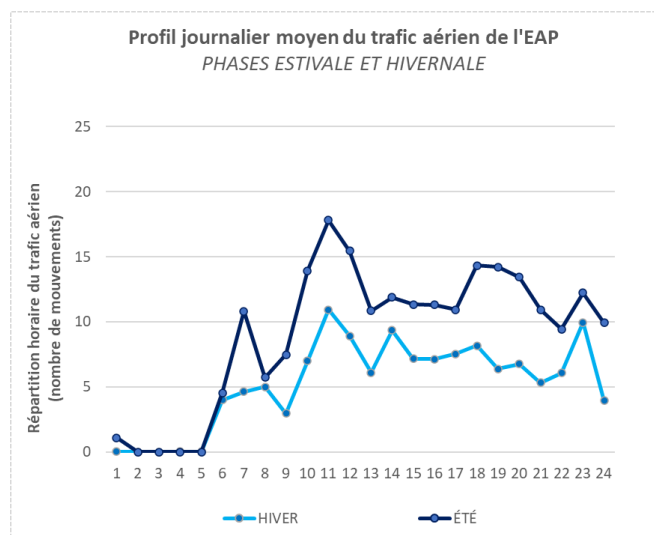


Abbildung 25: Tagesdurchschnittsprofile des gesamten Flugverkehrs: Sommer- und Winterphase.

In der Sommerphase ist auf der A35 (Strassenverkehr) zwischen 04:00 und 09:00 Uhr ein deutlicher Anstieg des Verkehrsaufkommens von weniger als 500 Fahrzeugen pro Stunde auf fast 2800 Fahrzeuge pro Stunde zu verzeichnen. Zwischen 09:00 und 10:00 Uhr nimmt der Verkehr punktuell ab und steigt dann bis zum Mittag (12:00 Uhr) wieder auf fast 3.000 Fahrzeuge pro Stunde an. Von 12.00 bis 14.00 Uhr stabilisiert sich der Verkehr. Zwischen 14.00 und 17.00 Uhr nimmt der Verkehr zu und erreicht um 17.00 Uhr einen Höchststand von 4100 Fahrzeugen pro Stunde. Von 17.00 Uhr bis 03.00 Uhr nimmt der Verkehr ab (250 Fahrzeuge/Stunde um 03.00 Uhr), bevor er in den frühen Morgenstunden wieder zunimmt. Zur Erinnerung: Winterdaten zum Strassenverkehr aus der CeA sind nicht verfügbar.

Die Dynamik des Flugverkehrs ist im Sommer wie im Winter ähnlich, die Anzahl der Flugbewegungen pro Stunde ist im Sommer jedoch höher. 06:00 Uhr (zwischen 05:00 und 06:00 Uhr) markiert den Beginn der Aktivitäten auf dem Rollfeld mit einer ersten Spitze von durchschnittlich 11 Flugbewegungen um 07:00 Uhr im Sommer und 5 Flugbewegungen um 08:00 Uhr im Winter. Danach nehmen die Starts/Landungen ab, bevor sie von 09:00 bis 11:00 Uhr ansteigen, wobei um 11:00 Uhr die Spitze mit 18 Bewegungen im Sommer und

11 Bewegungen im Winter erreicht wird (stündliches Maximum des Tages). Zwischen 11.00 und 13.00 Uhr nimmt die Aktivität ab (11 Bewegungen um 13.00 Uhr im Sommer und 6 im Winter) und stabilisiert sich dann, wobei sie zwischen 13.00 und 18.00 Uhr zwischen 11 und 14 Bewegungen im Sommer und 6 bis 8 Bewegungen im Winter schwankt. Ab 18.00 Uhr sinkt das Verkehrsaufkommen bis 22.00 Uhr im Sommer (9,5 Bewegungen) und 21.00 Uhr im Winter (5,3 Bewegungen), bevor es bis 23.00 Uhr wieder leicht ansteigt (10 Bewegungen im Winter, dem zweiten Stundenmaximum des Tages, und 12 Bewegungen im Sommer). Danach nimmt die Aktivität stetig ab, bis sie zwischen 02:00 und 05:00 Uhr im Sommer und 01:00 und 05:00 Uhr im Winter zum Stillstand kommt.

→ Im Sommer zeigt sich eine Intensivierung des Strassenverkehrs auf der A35 und des Flugverkehrs auf der Flughafenplattform, die mit denselben Zeiten am Morgen korreliert, von 04.00-05.00 Uhr bis etwa 10.00-11.00 Uhr (mit einer Verzögerung beim Auftreten der Verkehrsspitze: 09.00 Uhr auf der A35 und 11.00 Uhr auf der Startbahn). Während sich der Flugverkehr am Nachmittag stabilisiert, kommt es auf der A35 zwischen 15.00 und 17.00 Uhr zu einem erneuten Anstieg des Verkehrsaufkommens. Der Rückgang des Verkehrs auf der A35 und dem Flughafen beginnt gegen 19.00 Uhr. Während die Aktivitäten auf der Start- und Landebahn des Flughafens in der Nacht (zwischen 02:00 und 05:00 Uhr) zum Erliegen kommen, wird auf der A35 ein minimaler Strassenverkehr aufrechterhalten (weniger als 500 Fahrzeuge/Stunde). Bei der Analyse von Strassenverkehrsdaten aus einem früheren Jahr werden im Durchschnitt die gleichen stündlichen Schwankungen mit mehr oder weniger Fahrzeugen beobachtet. Die Schlussfolgerungen aus der Sommerphase können daher als Anhaltspunkt auf die Winterphase übertragen werden.

Die Tagesprofile des Strassenverkehrs auf der A35, des Flugverkehrs und der Schadstoffwerte der Sommer- und Winterphase mit dem Flugverkehr und den Schadstoffwerten sind durch die Abbildungen 26 bis 30 dargestellt.

NO₂-NO

✓ Sommerphase

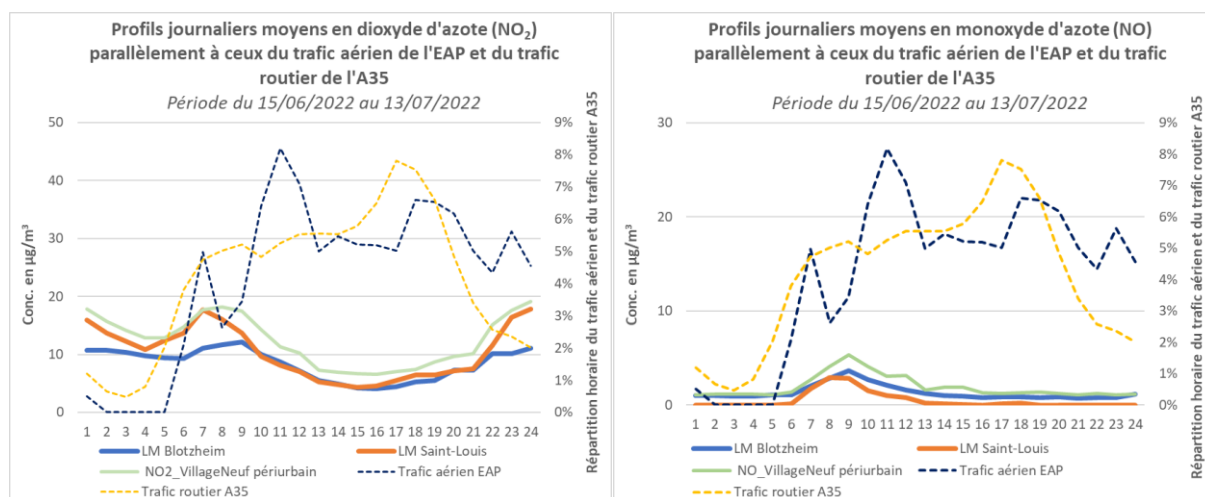
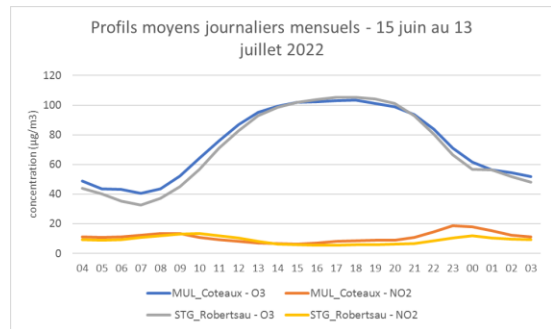


Abbildung 26: Tagesprofile Sommerphase: Gesamtbewegungen des Flugverkehrs, des Straßenverkehrs und von NO₂ - NO

Im Sommer entsprechen die in Blotzheim und Saint-Louis beobachteten Spitzenkonzentrationen von Stickoxiden (NO, NO₂) zwischen 05:00 und 07:00-08:00 Uhr der Zeit, in der der Verkehr sowohl auf der A35 als auch auf dem Flughafen (und die menschlichen Aktivitäten im Allgemeinen) zunimmt.

Im Sommer würden die zwischen 21:00 und 00:00 Uhr wahrgenommenen Korrelationen (nur) für NO₂ mit dem Flugverkehr (und nicht mit dem Strassenverkehr auf der A35) tendenziell den Einfluss des Flughafens auf die gemessenen Gehalte beiderseits des Flughafens zeigen. Die an der Station Village-Neuf, die 2 km östlich der Plattform liegt (ein Standort, der weniger vom Flughafenbetrieb beeinflusst wird), gemessenen Konzentrationen, die höher sind als die mobilen Laboren in Blotzheim und Saint-Louis und die die gleiche Dynamik aufweisen, deuten jedoch eher auf einen globalen Emissionsursprung im Untersuchungsgebiet hin (ebenfalls, NO₂ ist eine Ozonvorstufe und wird tagsüber zusammen mit anderen Primärschadstoffen bei starker Sonneneinstrahlung und Wärme durch die photochemischen Reaktionen zur Ozonbildung verbraucht, so dass es bei gleichen Emissionen tendenziell tagsüber abnimmt und abends ansteigt, vgl. Tagesmittelwertprofile von NO₂ und O₃ an den Stationen Mulhouse und Strasbourg auf der gegenüberliegenden Seite).



✓ Winterphase

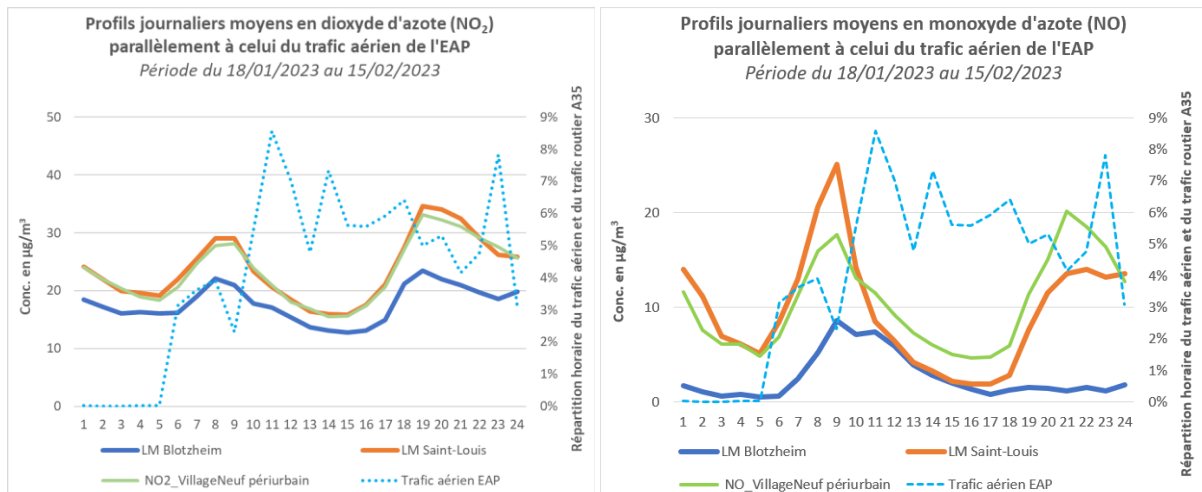


Abbildung 27: Tagesprofile Winterphase: Gesamtbewegungen des Flugverkehrs und NO₂ - NO

Im Winter entsprechen die in Blotzheim und Saint-Louis beobachteten Spitzenkonzentrationen von Stickoxiden (NO, NO₂) zwischen 05:00 und 07:00-08:00 Uhr dem Anstieg der Flugbewegungen auf dem Rollfeld (und wahrscheinlich auch des Strassenverkehrs). Nach den morgendlichen Spitzenwerten steigen die Werte am späten Nachmittag/frühen Abend an, genauer gesagt zwischen 16:00 und 19:00 Uhr für NO₂ (zu diesen Zeiten gibt es einen leichten Anstieg des Flugverkehrs und wahrscheinlich eine Intensivierung des Pendlerverkehrs auf der Strasse) und zwischen 17:00 und 21:00 Uhr für NO (in Saint-Louis und Village-Neuf). Während der zweiten Spitze des Flugverkehrs zwischen 21:00 und 23:00 Uhr gab es keinen deutlichen Anstieg der Konzentrationen in den umliegenden Gebieten. Die Schwankungen der NO₂-NO-Konzentrationen in der Umgebung des Flughafens, in Blotzheim, Saint-Louis und Village-Neuf scheinen multifaktoriell zu sein und mit allen Aktivitäten in ihrer Umgebung zusammenzuhängen.

An den beiden mobilen Stationen, parallel zur grössten Spitze des Flugverkehrs, sind die Konzentrationen bereits seit einigen Stunden rückläufig.

PM10

✓ Sommerphase

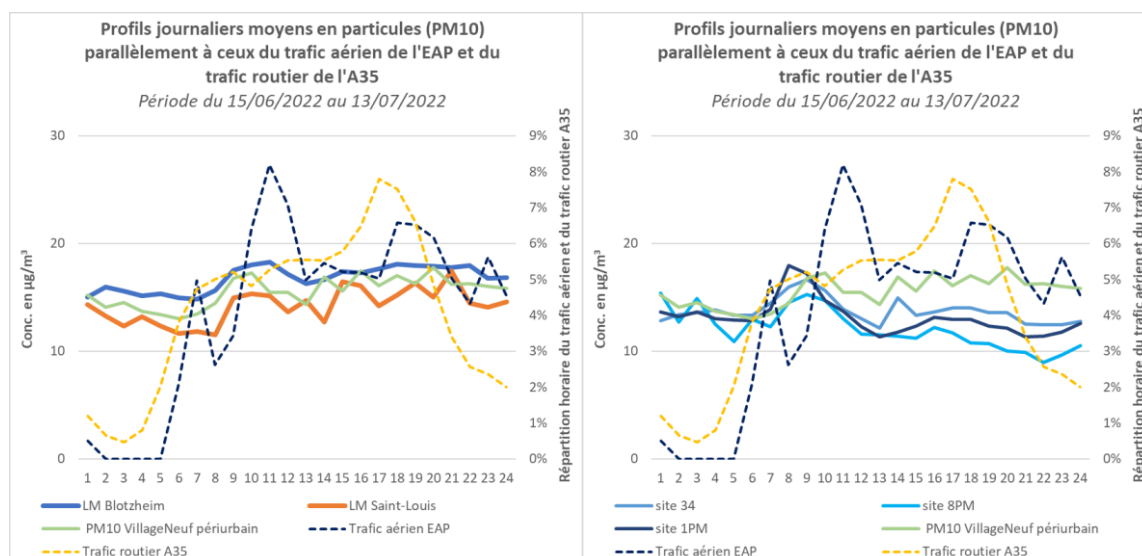


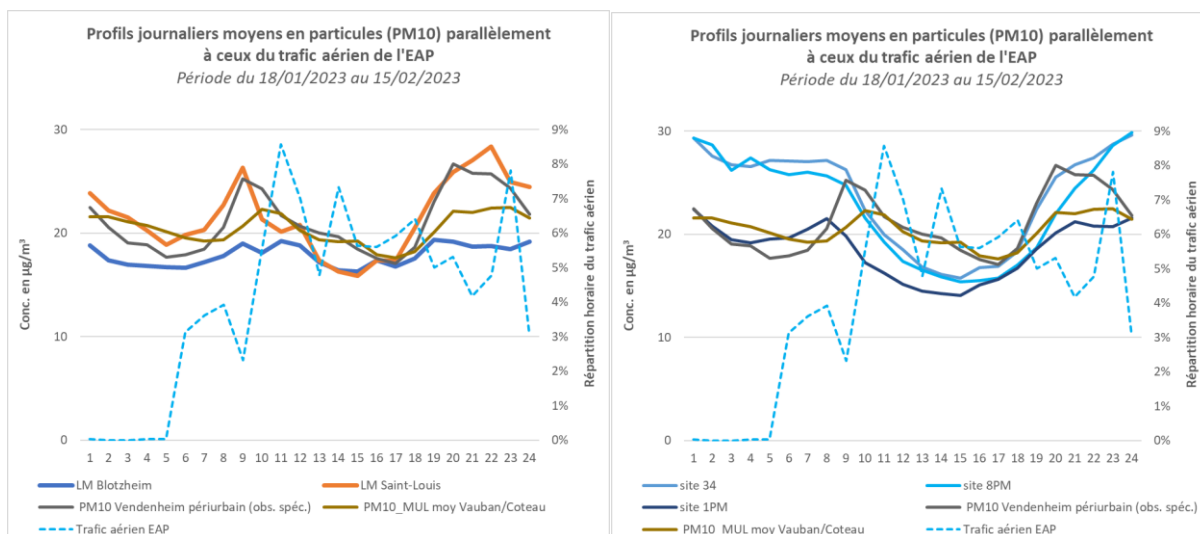
Abbildung 28: Tagesprofile Sommerphase: Gesamtbewegungen von Flugverkehr, Straßenverkehr und PM10

Die Flughafenstandorte (1PM-34PM und 8PM) weisen in der Sommerphase jeweils einen morgendlichen Spitzenwert um 09:00 Uhr auf, der leicht von der ersten Spitze des Flugverkehrs abweicht und den ersten Anstiegen der zweiten Spitze (von 08:00 Uhr bis 11:00 Uhr) entspricht. Die Werte sanken ab 09:00 Uhr, während der Flugverkehr weiter anstieg. Parallel dazu stieg auch der Strassenverkehr zwischen 04:00 und 09:00 Uhr an. Am Nachmittag reagieren die Standorte 34 und 1PM auf den Anstieg des Flug- und Strassenverkehrs zwischen 13:00 und 17:00 Uhr. Der Standort 8 PM ist etwas zeitversetzt. Während der Strassenverkehr in der Nacht abnimmt, korrelieren die Anstiege an den Flughafenstandorten mit dem kleinen und letzten Anstieg des Flugverkehrs in diesem Zeitraum. Der Standort 8PM scheint mit einer Spitze um 01:00 Uhr wieder etwas verschoben zu sein.

Die beiden Standorte Blotzheim und Saint-Louis verzeichnen während der ersten morgendlichen Intensivierung des Flug- und Strassenverkehrs (05:00-07:00 Uhr) keinen Anstieg der PM10-Gehalte. Der Standort Saint-Louis verzeichnet einen deutlichen Anstieg der PM10-Gehalte während der zweiten Morgenaktivität zwischen 08:00 und 11:00 Uhr, in der der Flugverkehr zunimmt, während der Strassenverkehr seinen um 04:00 Uhr begonnenen Anstieg langsam fortsetzt. Im Laufe des Tages und bis 20:00 Uhr scheinen die Schwankungen in Saint-Louis mit den Schwankungen des Flug- und Strassenverkehrs einherzugehen. Die Werte in Blotzheim steigen am Morgen zwischen 07:00 und 11:00 Uhr an und sinken zwischen 11:00 und 13:00 Uhr, was auf eine geringere Aktivität auf der Start- und Landebahn zurückzuführen ist, während der Strassenverkehr stabil bleibt. Die Werte schwanken danach weniger als in Saint-Louis und steigen den ganzen Nachmittag/Abend über leicht an. Am Abend scheint die leichte Wiederaufnahme der Aktivitäten auf der Start- und Landebahn für eine Stunde keinen Einfluss auf die Gehalte beider Mobilstationen zu haben.

An der weiter entfernten Station Village-Neuf bleiben die Konzentrationen zu allen Zeiten über den Standorten 34PM, 8PM, Saint-Louis und ausser zwischen 07:00 und 09:00 Uhr am Standort 1PM. Blotzheim hingegen liegt ständig über (oder zu bestimmten Zeiten gleich hoch) dem vorstädtischen Hintergrund. Da der Flughafen nachts weniger aktiv ist und das mobile Station nur wenig im Windschatten des Flughafens liegt, könnte die Atmosphäre in Blotzheim zu dieser Zeit sehr lokalen Einflüssen unterliegen haben.

✓ Winterphase



Station
Village
Neuf
PM10:
Daten im
Winter
nicht
verfügbar

Abbildung 29: Tagesprofile Winterphase: Gesamtbewegungen des Flugverkehrs und PM10

An den drei Standorten des Flughafens steigen die PM10-Konzentrationen in der Winterphase ab dem Nachmittag (15:00 Uhr) und den ganzen Abend und die Nacht hindurch bis 01:00 Uhr an, während der Flugverkehr schwankt (aufeinanderfolgende Anstiege und Rückgänge, Anstiege nur zwischen 16:00-18:00 Uhr und 21:00-23:00 Uhr). Von 01:00 bis 04:00 Uhr nehmen die Konzentrationen ab, ausser am Standort 8PM, wo es zwischen 03:00 und 04:00 Uhr zu einem sehr geringen, einmaligen Anstieg kommt. Die Konzentrationen an diesem Standort sinken dann bis zu dem oben erwähnten allgemeinen Anstieg. An den beiden anderen Standorten, 1PM und 34PM, gehen die Konzentrationen nicht zurück, sondern steigen bis 08:00 Uhr nur sehr leicht an, während der Flugverkehr von 05:00 Uhr bis 08:00 Uhr (Daten von 07:00 bis 08:00 Uhr) wieder aufgenommen wird und deutlich zunimmt. Ab 09:00 Uhr bis 11:00 Uhr, als der Flugverkehr seinen Höhepunkt erreicht, ist an den Flughafenstandorten bis 15:00 Uhr ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen (der bereits um 08:00 Uhr begann).

In Saint-Louis schwanken die Konzentrationen stärker als in Blotzheim, und die Dynamik ist zu verschiedenen Zeiten unterschiedlich. Wie an den Flughafenstandorten steigen die Werte ab 15:00 Uhr bis 22:00 Uhr in Saint-Louis und 19:00 Uhr in Blotzheim an. In Blotzheim sind die Werte am Abend und in der Nacht ziemlich stabil (Schwankungen von plus oder minus 1 µg/m³), wobei sie zwischen 01:00 und 02:00 Uhr etwas stärker sinken. In Saint-Louis sinken sie zwischen 22:00 und 05:00 Uhr. Die abendliche Spitze des Flugverkehrs macht sich bei den Konzentrationen in diesen beiden Gemeinden nicht bemerkbar. Während der Flugverkehr zwischen 05:00 und 08:00 Uhr am aktivsten ist, steigen die Konzentrationen in beiden mobilen Stationen zwischen 05:00 und 09:00 Uhr an und sinken dann dauerhaft bis 15:00 Uhr in Saint-Louis, während sie in Blotzheim zwischen 09:00 und 10:00 Uhr sehr leicht sinken (-1 µg/m³), zwischen 10:00 und 11:00 Uhr wieder leicht ansteigen (+1 µg/m³) und dann kontinuierlich bis 15:00 Uhr sinken. Die Spitze des Flugverkehrs am späten Vormittag um 11:00 Uhr, die zu einem Anstieg der lokalen Emissionen führt, schlägt sich nicht in einem Anstieg der Konzentrationen in Blotzheim und Saint-Louis nieder.

Im Gegensatz zum Sommer liegt Blotzheim in dieser Winterphase deutlich unter Saint-Louis und ist auch niedriger als die festen Hintergrundstationen in der Stadt von Mulhouse und im Vorort Vendenheim (Bas-Rhin). Saint-Louis liegt darüber, ausser tagsüber von 10:00 bis 16:00 Uhr. Diese festen Stationen, die sehr weit vom Flughafen entfernt sind und einen globalen Hintergrund der Verschmutzung widerspiegeln, weisen im Übrigen eine ähnliche Dynamik wie die beiden Gemeinden auf, insbesondere bei den Spitzenwerten am Morgen und am Abend.

PM2.5

✓ Sommerphase

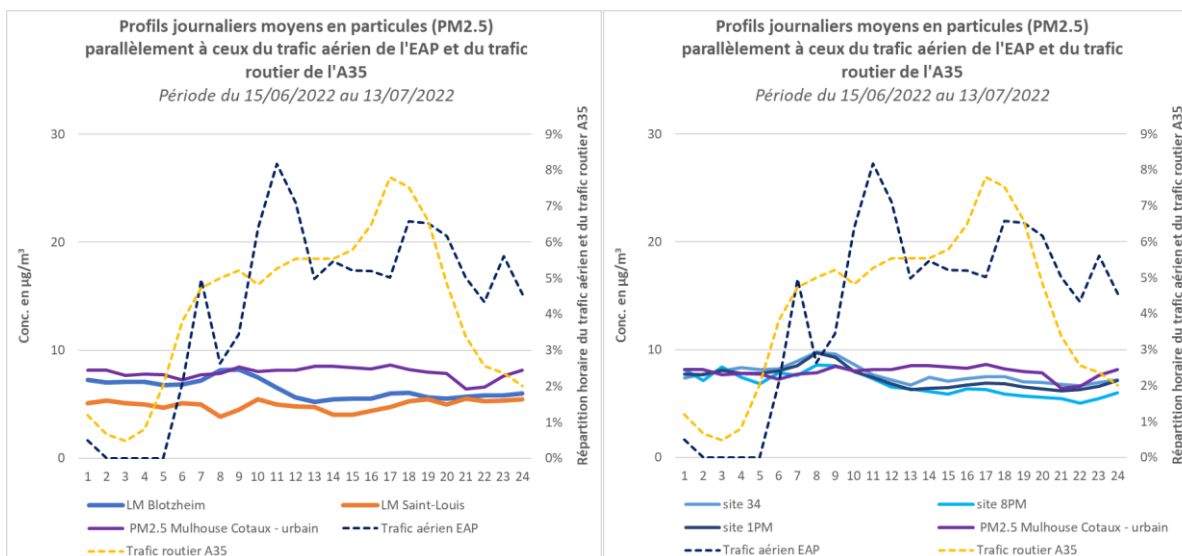
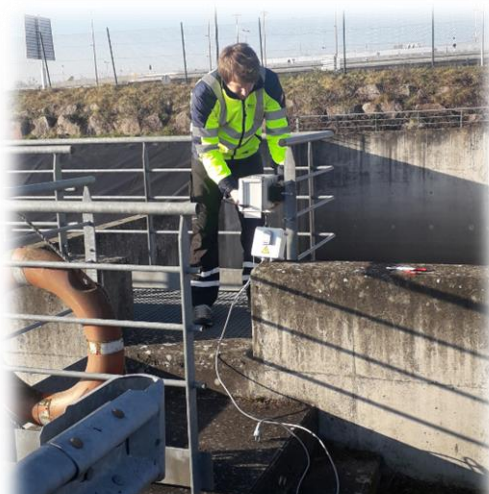


Abbildung 30: Tagesprofile Sommerphase: Gesamtbewegungen von Flugverkehr, Straßenverkehr und PM2.5

Die Werte auf dem Flughafen stiegen zwischen 07:00 und 08:00 Uhr leicht an, was mit der ersten morgendlichen Zunahme der Flugbewegungen (ab 05:00 Uhr), aber auch des weiter entfernten Strassenverkehrs zusammenhängt. Danach sanken die Werte bis 13.00 Uhr, während der Verkehr auf der Start- und Landebahn nach einem Rückgang zwischen 7.00 und 8.00 Uhr ab 8.00 Uhr wieder zunahm. Während des gesamten Nachmittags und Abends zeigten die Werte im Gegensatz zum Flug- und Strassenverkehr kaum Schwankungen.

Die mobile Station in Saint-Louis, wo die Werte insgesamt niedrig sind, zeigt zwischen 08:00 und 10:00 Uhr sowie zwischen 14:00 und 19:00 Uhr leichte Anstiege aufgrund des Flug- und Strassenverkehrs. Blotzheim zeigt ebenfalls einen leichten Anstieg zwischen 07:00 und 09:00 Uhr, bevor die Werte kontinuierlich sinken oder sich stabilisieren. Die PM2.5-Werte beider UM liegen unterhalb des städtischen Hintergrunds, der nicht durch Flughafenaktivitäten beeinflusst wird.



Standort 1PM



Standort 34

Winterphase

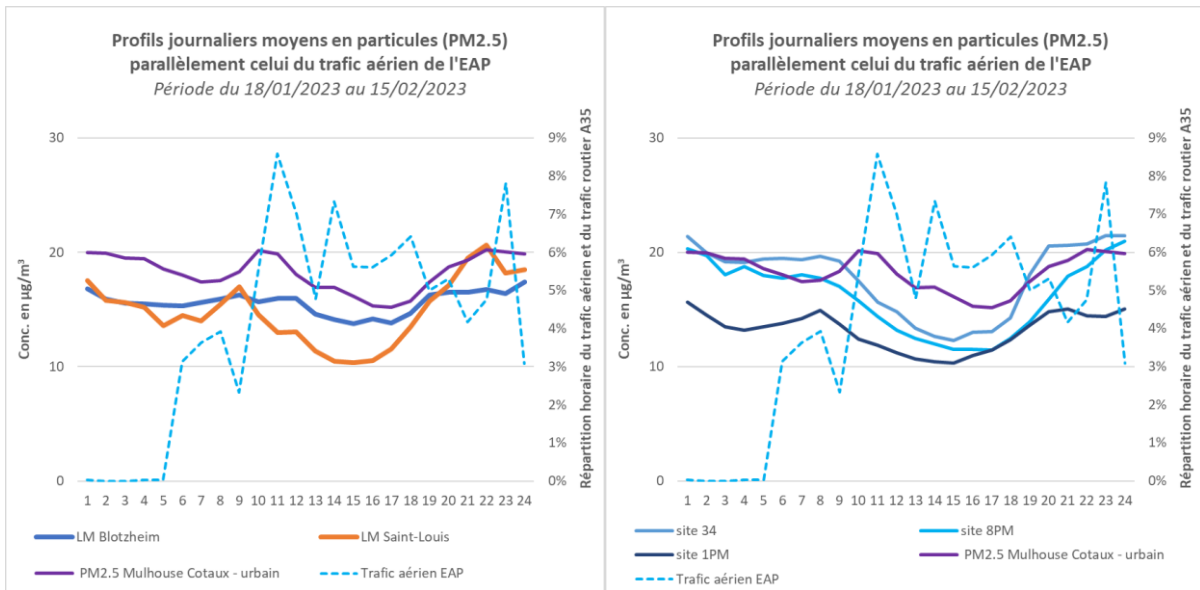


Abbildung 30: Tagesprofile Winterphase: Gesamtbewegungen des Flugverkehrs und PM2.5

Die Konzentrationen entwickeln sich ähnlich wie bei PM10, allerdings auf niedrigeren Niveaus. Der Standort 34PM liegt von 05:00 bis 10:00 Uhr und von 19:00 bis Mitternacht über der Station für den städtischen Hintergrund von Mulhouse. Die beiden anderen Standorte am Flughafen liegen tiefer als die Station. Blotzheim liegt unter der festen Station und Saint-Louis ebenfalls, ausser um 21:00 und 22:00 Uhr, wo die Konzentrationen gleich sind.

SO₂

Die Ergebnisse sind in beiden Phasen sehr niedrig (unter 2 µg/m³). Im Sommer scheint sich die mobile Station in Saint-Louis in einem Hintergrundniveau zu befinden, das zwischen 07:00 und 13:00 Uhr hauptsächlich nach oben (leicht) schwankt, was einer Zunahme des Flug- und Strassenverkehrs entspricht. Die mobile Station in Blotzheim liegt bei 0 und reagiert zwischen 09:00 und 13:00 Uhr sehr schwach (0,1 µg/m³).

Im Winter weisen die beiden mobilen Stationen mehr Schwankungen auf, insbesondere Blotzheim, das sich in Zeiten mit stärkerem Flugverkehr nach oben zu bewegen scheint. Saint-Louis schwankt weniger stark und bleibt zwischen 1 und 1,6 µg/m³.

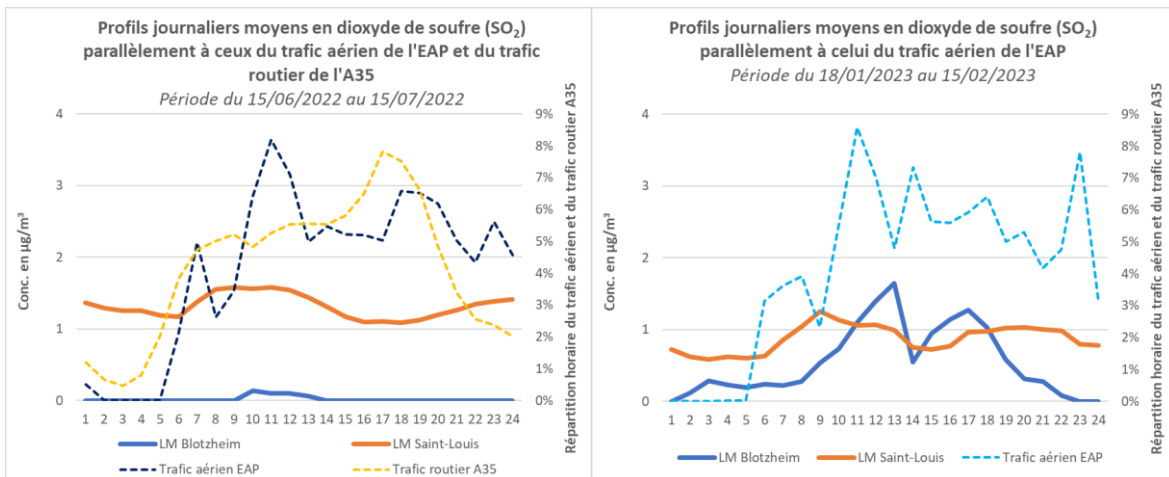


Abbildung 31: Tagesprofile Sommer- und Winterphase: Gesamtbewegungen des Flugverkehrs, Straßenverkehrs (Sommer) und SO₂

4.6.3. Messergebnisse der mobilen Stationen und Bezug zum Gesetzesrahmen

➤ Vergleichswerte:

Folgende französische Gesetzesbestimmungen wurden für die kurzfristigen Werte berücksichtigt (Tab. 6):

Schadstoffe	Grenzwerte	Qualitätsziel (Jahresmittelwerte)	Informations- und Empfehlungsschwellen	Warnschwellen
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert: 40 µg/m ³	40 µg/m ³	Stundenmittelwert: 200 µg/m ³	Stundenmittelwert <ul style="list-style-type: none"> • 400 µg/m³ in 3 aufeinanderfolgenden Stunden überschritten • 200 µg/m³ wenn dieser Schwellenwert am Vortag überschritten wurde und die Gefahr besteht, dass dieser Schwellenwert am nächsten Tag überschritten wird
	Stundenmittelwert: 200 µg/m ³ darf nicht an mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden			
Schwefeldioxid (SO ₂)	Tagesmittelwert: 125 µg/m ³ darf nicht an mehr als 3 Tagen pro Jahr überschritten werden	50 µg/m ³	Stundenmittelwert: 300 µg/m ³	Stundenmittelwert an 3 aufeinanderfolgenden Stunden: 500 µg/m ³
	Stundenmittelwert: 350 µg/m ³ darf nicht an mehr als 24 Stunden pro Jahr überschritten werden			
Feinstaub PM10	Jahresmittelwert : 40 µg/m ³	30 µg/m ³	Tagesmittelwert: 50 µg/m ³	Tagesmittelwert: 80 µg/m ³
	Tagesmittelwert: 50 µg/m ³ darf nicht an mehr als 35 Tagen pro Jahr überschritten werden			
Feinstaub PM2.5	25 µg/m ³	10 µg/m ³	/	/

Tabelle 6: Französische Gesetzesbestimmungen über die Luftqualität

Folgende Schweizer Gesetzesbestimmungen wurden berücksichtigt (Tab. 7):

Schadstoffe	Immissionsgrenzwerte	Statistische Definition
Schwefeldioxid (SO ₂)	30 µg/m ³	Jahresmittelwerte (arithmetische Durchschnitt)
	100 µg/m ³	95 % der Halbstundenmittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³
	100 µg/m ³	24-h-Mittelwert Darf nicht mehr als einmal pro Jahr überschritten werden
Stickstoffdioxid (NO ₂)	30 µg/m ³	Jahresmittelwerte (arithmetische Durchschnitt)
	100 µg/m ³	95 % der Halbstundenmittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³
	80 µg/m ³	24-h-Mittelwert Darf nicht mehr als einmal pro Jahr überschritten werden
Feinstaub (PM10)	20 µg/m ³	Jahresmittelwerte (arithmetische Durchschnitt)
	50 µg/m ³	24-h-Mittelwert Darf nicht mehr als dreimal pro Jahr überschritten werden
Feinstaub (PM2.5)	10 µg/m ³	Jahresmittelwerte (arithmetische Durchschnitt)

Tabelle 7: Schweizer Gesetzesbestimmungen über die Luftqualität.
https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1986/208_208/fr#app7ahrfe0

➤ Für NO₂

Die stündlichen Tageshöchstwerte für NO₂, die zwischen dem 15.06.2022 und dem 13.07.2022 aufgezeichnet wurden, schwankten zwischen:

- 11,0 et 44,4 µg/m³ am Standort 17MS in Saint-Louis, östlich der Flughafenplattform;
- 7,0 et 30,1 µg/m³ in der Gemeinde Blotzheim (Standort 19 MS), westlich des Flughafengeländes.

Die stündlichen Tageshöchstwerte für NO₂, die zwischen dem 18.01.2023 und dem 15.02.2023 aufgezeichnet wurden, schwankten zwischen:

- 18,3 et 84,2 µg/m³ am Standort 17 MS in Saint-Louis, östlich der Flughafenplattform;
- 7,4 et 56,6 µg/m³ in der Gemeinde Blotzheim (Standort 19 MS), westlich des Flughafengeländes.

Diese Werte liegen unter den französischen Schwellenwerten für Information/Empfehlung und Warnung, die auf 200 bzw. 400 µg/m³ für eine Stunde festgelegt sind (Abbildung 32).

Die täglichen Sommermittelwerte für NO₂ schwankten zwischen:

- 4,8 et 19,3 µg/m³ am Standort 17 MS in Saint-Louis, östlich der Flughafenplattform;
- 2,6 et 15,1 µg/m³ in der Gemeinde Blotzheim (Standort 19 MS), westlich des Flughafengeländes.

Die Tagesmittelwerte für NO₂ im Winter schwankten zwischen:

- 4,8 et 19,3 µg/m³ am Standort 17 MS in Saint-Louis, östlich der Flughafenplattform;
- 8,5 et 41,3 µg/m³ in der Gemeinde Blotzheim (Standort 19 MS), westlich des Flughafengeländes.

Diese Werte liegen unter dem Schweizer Immissionsgrenzwert von 80 µg/m³ für einen Tag, der nicht öfter als einmal pro Jahr überschritten werden darf (Abbildung 33).

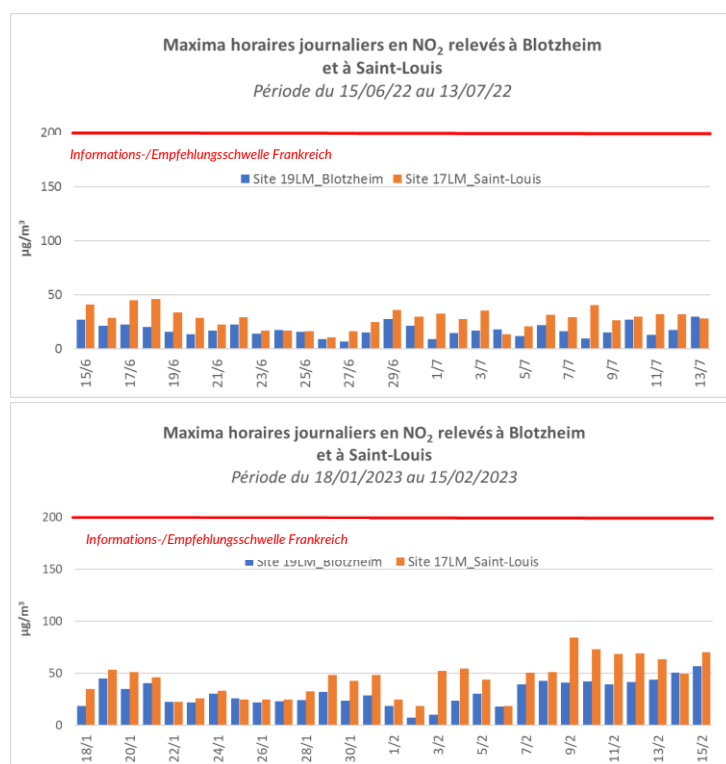


Abbildung 32: Stündliche Tagesmaxima - Blotzheim und Saint-Louis (mobile Stationen) für NO₂ - Sommer-/Winterphase

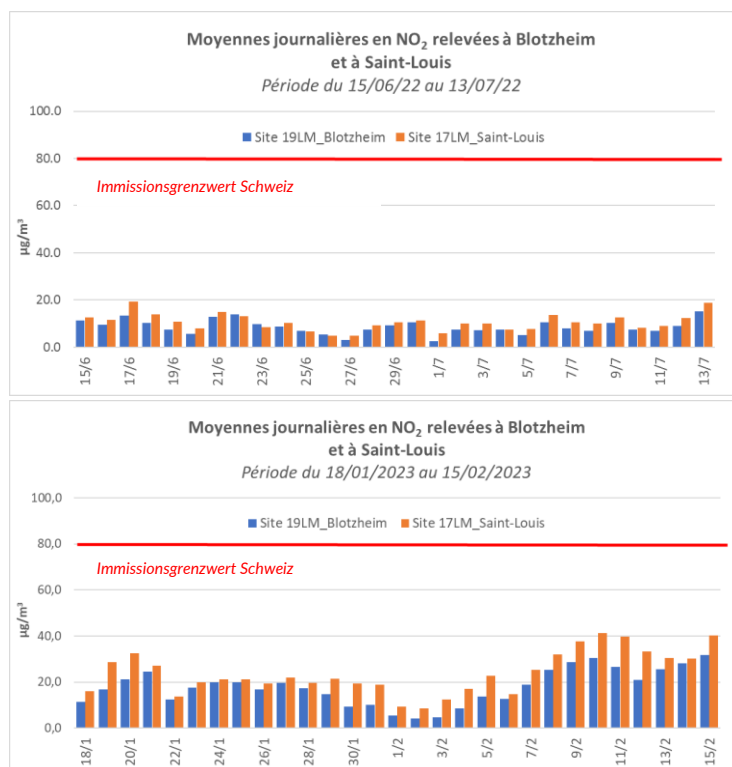


Abbildung 33: Tagesmittelwerte - Blotzheim und Saint-Louis (UM) für NO₂ - Sommer-/Winterphase

➤ Für PM10

Die Tagesmittelwerte für PM10 schwankten in der Sommerphase zwischen:

- Saint Louis 17 MS: 3,1 und 33,9 µg/m³ am Standort 17MS in der Sommerphase und 5,8 und 49,5 µg/m³ in der Winterphase;
- Blotzheim 19 MS: 5,0 und 35,9 µg/m³ in der Sommerphase und 3,9 und 38,8 µg/m³ in der Winterphase;
- Standort 34 auf der Flughafenplattform: 2,5 und 41,7 µg/m³ in der Sommerphase und 6,1 und 47,7 µg/m³ in der Winterphase;
- Standort 1 PM auf der Flughafenplattform: 2,4 und 37,7 µg/m³ in der Sommerphase und 6,0 und 45,3 µg/m³ in der Winterphase;
- Standort 8 PM auf der Flughafenplattform: 4,4 und 30,9 µg/m³ in der Sommerphase und 11,1 und 134,7 µg/m³ in der Winterphase.

Diese Werte liegen unter den französischen Informations-/Empfehlungs- und Alarmschwellen von 50 bzw. 80 µg/m³ im 24-Stunden-Mittel sowie unter dem Schweizer Immissionsgrenzwert von 50 µg/m³ im 24-Stunden-Mittel, der nicht mehr als einmal pro Jahr überschritten werden darf (Abbildung 34). Der Vergleich für die Standorte auf dem Flughafen, die mit den Sensorsystemen instrumentiert sind, dient nur der Veranschaulichung.

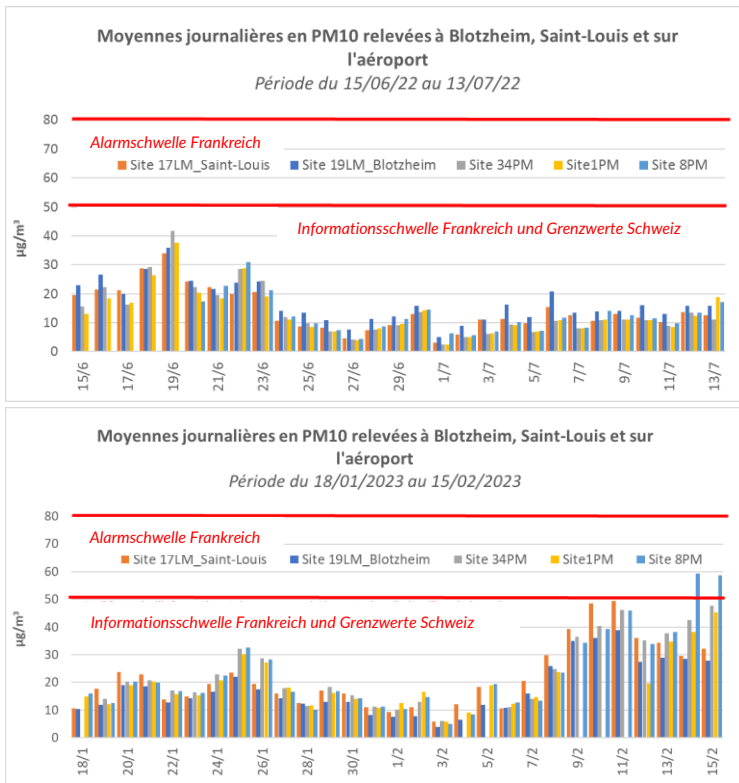


Abbildung 34: Tagesmittelwerte - Blotzheim und Saint-Louis (mobile Stationen) in PM10 - Sommer-/Winterphase

Fehlende Daten von den Tagen 18/01 und 04-05/02 für den Standort 34PM und 9-10-11/02 für den Standort 1PM.

➤ Besonderheit während der Wintermesskampagne

An beiden Standorten war ein Anstieg der PM10-, aber auch der NO₂-Werte zu verzeichnen, als sich das Ende der Winterkampagne näherte. Dieser Befund ist nicht spezifisch für das Untersuchungsgebiet, sondern hat regionalen Charakter (Abbildung 35).

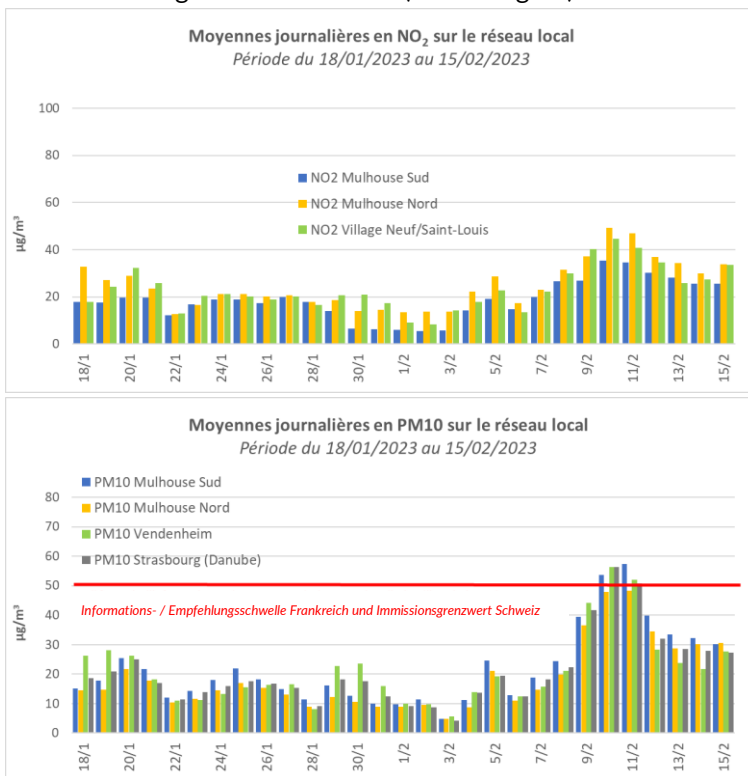


Abbildung 35: Tagesmittelwerte - einige Messstationen des Elsass-Netzes in NO₂ und PM10 - Winterphase

Tatsächlich war die Region zwischen dem 9. und 15. Februar 2023 von einer PM10-Belastungsepisode betroffen, wobei für den Haut-Rhin an insgesamt 5 Tagen Verfahren eingeleitet wurden: Am 10.02. wurde das Informations-/Empfehlungsverfahren ausgelöst und an den anderen 4 Tagen das Warnverfahren (bei Persistenz keine Überschreitung der Alarmschwelle).

Beispiel für eine Pressemitteilung am 10.02.2023

➤ Für SO₂

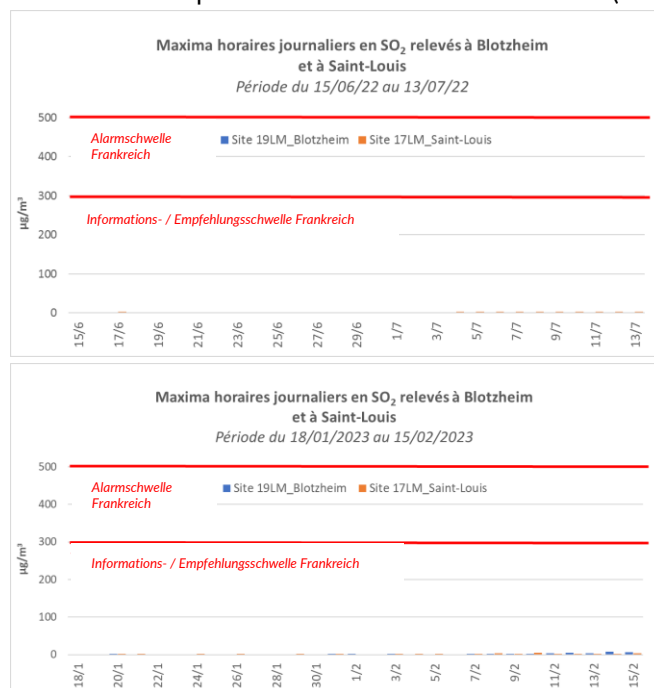
Die täglichen stündlichen SO₂-Maxima, die in den beiden Phasen registriert wurden, schwankten zwischen:

- 0 und 2,7 µg/m³ in der Sommerphase und 0 und 5,0 µg/m³ in der Winterphase am Standort 17 MS in Saint-Louis, östlich der Flughafenplattform;
- 0 und 3,0 µg/m³ in der Sommerphase und 0 und 7,3 µg/m³ in der Winterphase in der Gemeinde Blotzheim (Standort 19LM), westlich des Flughafens.

Diese Werte liegen unter den französischen Informations-/Empfehlungs- und Alarmschwellen, die auf 300 bzw. 500 µg/m³ für eine Stunde festgelegt sind (Abbildung 36).

Die SO₂-Tagesmittelwerte zeigten wenig Variabilität, alle lagen unterhalb von 3 µg/m³ unabhängig von der Beobachtungsstelle.

Diese Werte liegen unter dem Schweizer Immissionsgrenzwert von 100 µg/m³ für einen Tag, der nicht öfter als einmal pro Jahr überschritten werden darf (Abbildung 37).



Episode de pollution de l'air dans le Grand Est
 Avec procédure(s) préfectorale(s)
 Polluant: Particules fines, diamètre Type: Mixte
 Communiqué du: 10/02/2023 à 11:57

Pour le vendredi 10 février 2023

Pour le samedi 11 février 2023

Description épisode
 Les conditions atmosphériques rencontrées depuis plusieurs jours sont propices aux émissions de particules primaires (chauffage et trafic routier) et ont conduit à une augmentation des concentrations en particules PM10 entraînant un dépassement des critères réglementaires relatifs à l'exposition des populations pour ce vendredi 10 février pour les départements : Ardennes, Aube, Marne, Meurthe-et-Moselle, Moselle, Bas-Rhin et Haut-Rhin. Cet épisode de pollution de type « Mixte » est caractérisé par une forte part de particules d'origine carbonée auxquelles se rajoutent une part de particules secondaires formées à partir d'ammoniac et d'oxydes d'azote. Un dépassement de la valeur moyenne journalière de SO₂ (µg/m³) a été enregistré sur la station Sainte-Savine (Aube) sur la journée du 9 février.

Evolution et tendance
 Une évolution des conditions atmosphériques conduira à limiter les émissions de particules primaires (chauffage) entraînant une diminution des concentrations en PM10 sur la quasi-totalité de la région. Toutefois, les niveaux particulaires attendus sur les départements de la Meurthe-et-Moselle et du Haut-Rhin justifieront le maintien de la procédure sur la journée du 11 février, entraînant la mise en place de la procédure d'alerte par persistance sur ces deux départements.

Abbildung 36: Tagesmaxima - Blotzheim und Saint-Louis (Mobilstation) in SO₂ - Sommer/Winter-Phasen

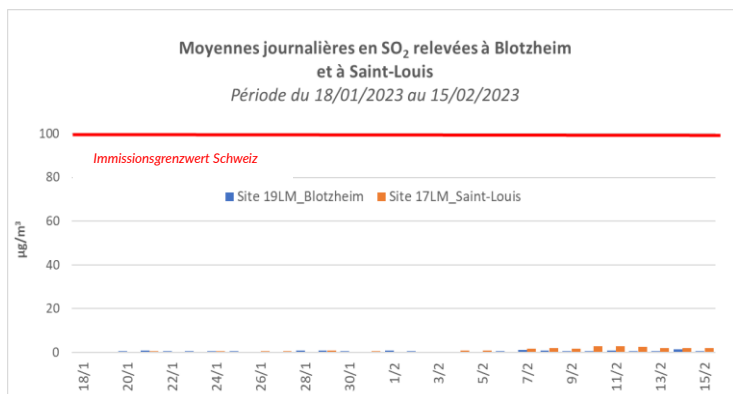
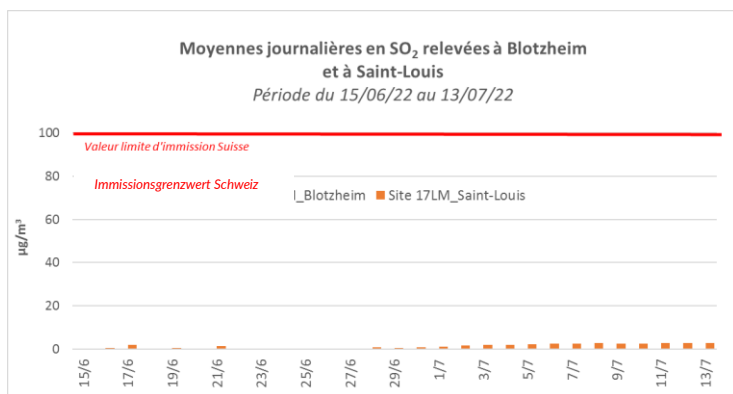


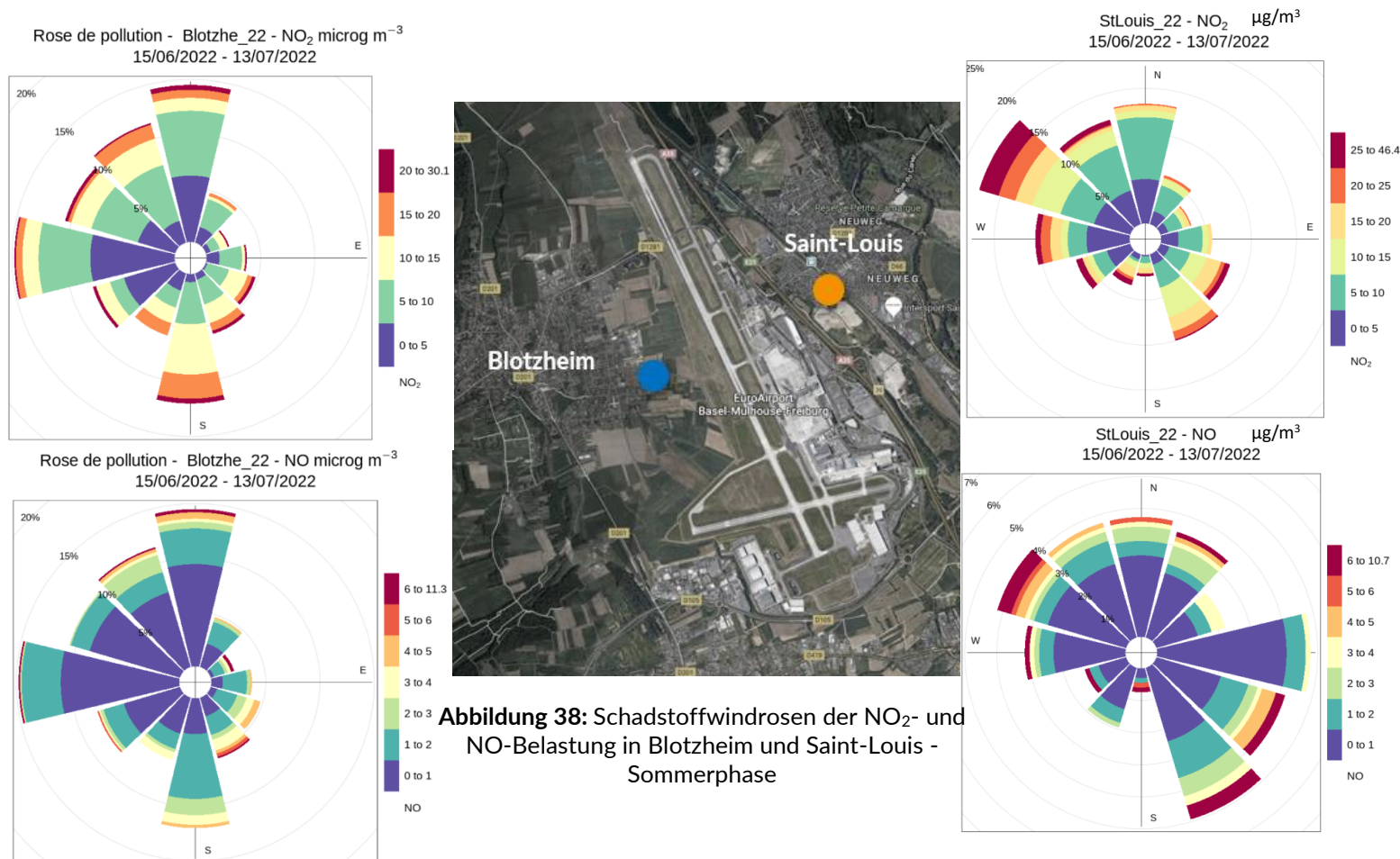
Abbildung 37: Tagesmittelwerte - Blotzheim und Saint-Louis (Mobilstation) in SO₂ - Sommer/Winter-Phasen

4.6.4. Monatliche Schadstoffwindrosen auf stündlichen Daten

Die Schadstoffrosen werden durch die Kombination von Winddaten und Schadstoffkonzentrationen erstellt. Sie zeigen die stündlichen Konzentrationen des Schadstoffs im Messmonat für jede Hauptrichtung um den Messpunkt herum (zur Erinnerung: ausgehend von den stündlichen Daten).



Sommerphase :

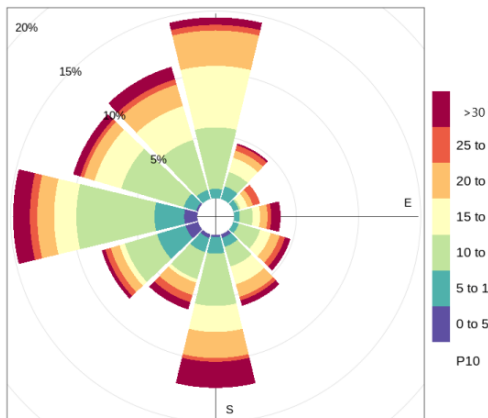


Die Stickstoffdioxid (NO₂)-Schadstoffwindrose, die am Standort 19 MS in Blotzheim erstellt wurde - mit einer monatlichen Durchschnittskonzentration von 8,4 µg/m³ während der Messkampagne - zeigt, dass die höchsten stündlichen Durchschnittswerte während des Zeitraums bei verschiedenen Windrichtungen beobachtet wurden: eine Hauptwindrichtung aus dem Süden, und nach Norden hin: Sektoren West/Nordwest bis Nord. Im Osten der Flughafenplattform, in Saint-Louis (17LM), einem Standort mit einer durchschnittlichen Konzentration über den Zeitraum von 10,4 µg/m³, wurden die höchsten durchschnittlichen Konzentrationen ebenfalls in mehreren Windrichtungen festgestellt: eine Hauptwindrichtung aus dem Sektor West/Nordwest und mehrere Nebenwindrichtungen aus mehreren Richtungen (hauptsächlich Südost und Nord/Nordwest).

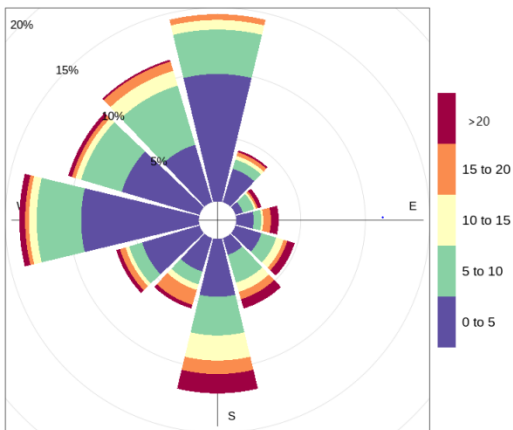
Die Schadstoffwindrose, die für Stickstoffmonoxid an den Standorten Blotzheim und Saint-Louis erstellt wurden, bestätigen die für Stickstoffdioxid (NO₂) festgestellten Trends.

Diese Schadstoffwindrose unterstreichen auch die niedrigen NO-Konzentrationen, die während dieser Messkampagne gemessen wurden.

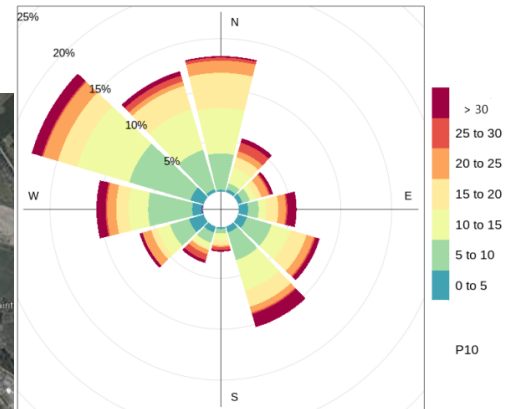
Blotzhe_22 · PM10 µg/m³
15/06/2022 - 13/07/2022



Rose de pollution - Blotzhe_22 - PM 2.5 microg m⁻³
15/06/2022 - 13/07/2022



StLouis_22 - PM10 µg/m³
15/06/2022 - 13/07/2022



StLouis_22 - PM2.5 µg/m³
15/06/2022 - 13/07/2022

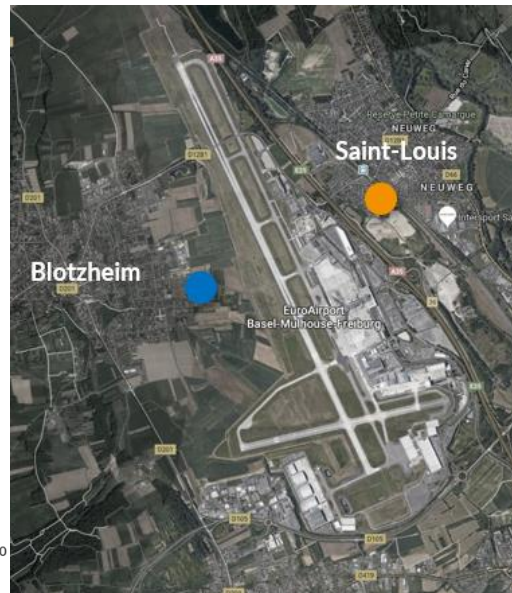
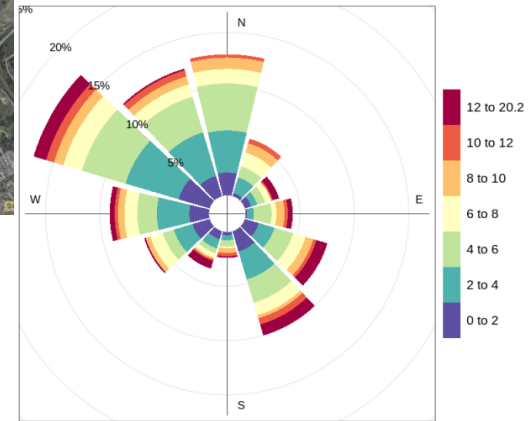


Abbildung 39: PM10- und PM2.5-Schadstoffwindrosen in Blotzheim und Saint-Louis - Sommerphase

Die PM10-PM2.5-Belastung, die im Westen (Blotzheim) und Osten (Saint-Louis) der Flughafenplattform gemessen wird, weist ebenfalls viele Variabilitäten auf. Die höchsten durchschnittlichen Konzentrationen sind bei südlichen, westlichen und nordwestlichen Winden in Blotzheim und bei südöstlichen, westlichen und westlichen sowie nordwestlichen Winden am Standort Saint-Louis zu beobachten.

Diese Schadstoffwindrosen zeigen tendenziell, dass der räumliche Ursprung der Verschmutzung im Untersuchungsgebiet während der Sommerphase sehr unterschiedlich ist. Auch die Quellen sind vielfältig, insbesondere mit dem Flughafen und der A35.

Die mobile Station in Blotzheim (in der Sommerphase in der Rue de l'aéroport) kann bei Ost-, Nordost- und Südostwinden durch den Flughafen und die A35 belastet werden.

Die mobile Station in Saint-Louis kann durch den Flughafen und die A35 bei Nordwest-, West- und Südwest- oder sogar Südwinden belastet werden → **Die mobile Station in Saint Louis scheint direkter belastet zu sein, da die höchsten stündlichen Konzentrationen bei diesen Winden beobachtet werden.**

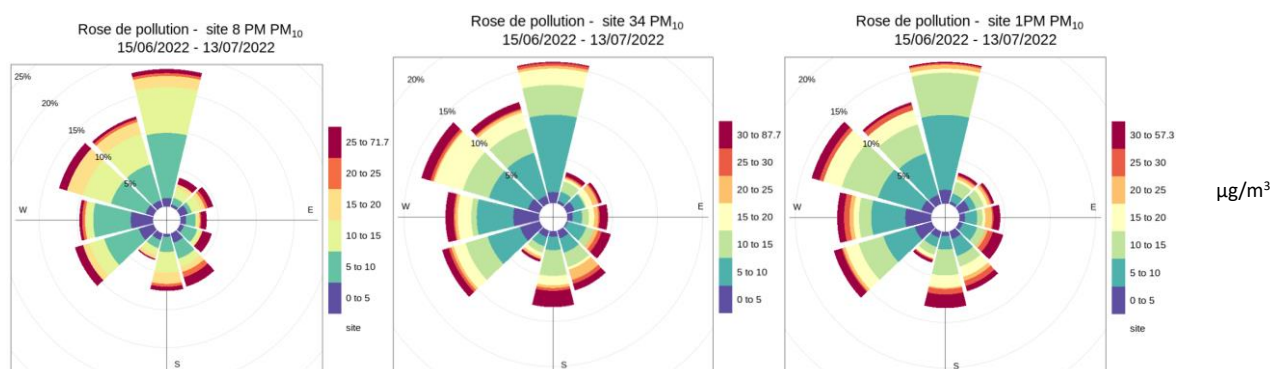


Abbildung 40 : PM₁₀-Feinstaub-Windrose PM₁₀ an Flughafenstandorten (mit Winddaten der Station Météo France), von links nach rechts: Standorte 8PM-34-1PM – Sommerphase

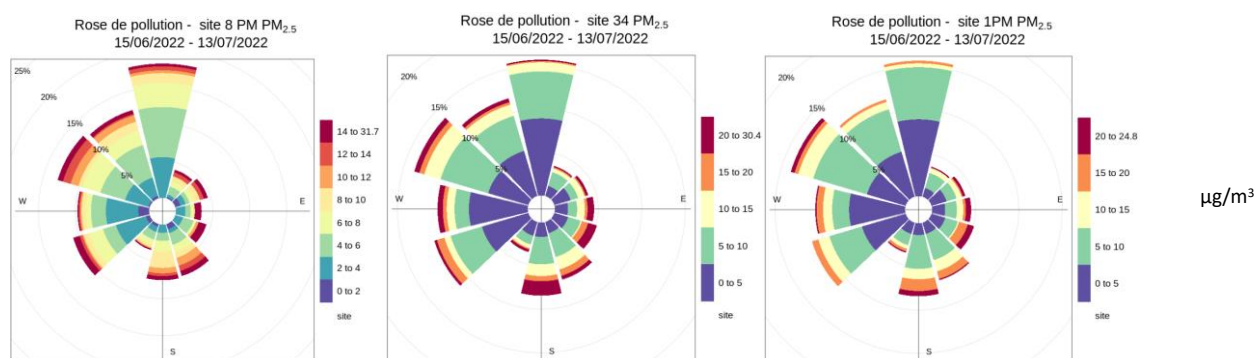


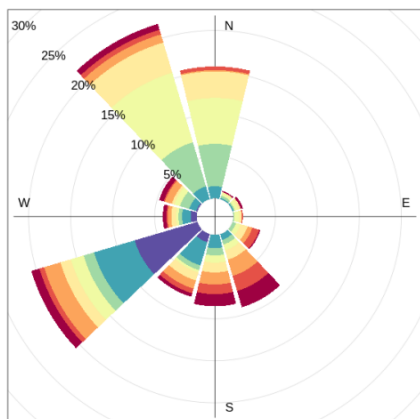
Abbildung 41: PM₁₀-Feinstaub-Windrose PM_{2.5} an Flughafenstandorten (mit Winddaten der Station Météo France), von links nach rechts: Standorte 8PM-34-1PM – Sommerphase

Auf dem Flughafen (Abb. 40-41) weisen die drei Messstandorte Ähnlichkeiten mit heterogenen Richtungen in allen Sektoren auf. Die Standorte sind östlich der Start- und Landebahn positioniert. Aufgrund der Ausrichtung der Start- und Landebahn können Winde aus Nordwest, West, Südwest oder sogar Süd direkt auf sie einwirken. Dies zeigt sich auf den Schadstoffwindrosen mit den dargestellten Nordwest- bis Südsektoren.

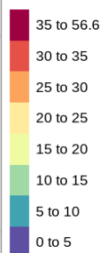
Die niedrigen SO₂-Gehalte lassen keine Interpretation der Schadstoffwindrosen zu.

Winterphase:

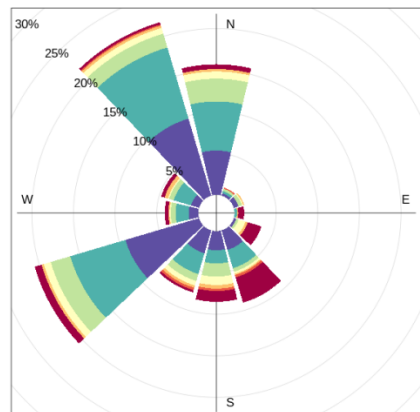
Rose de pollution - BLO
BLO NO₂ HIVER



µg/m³



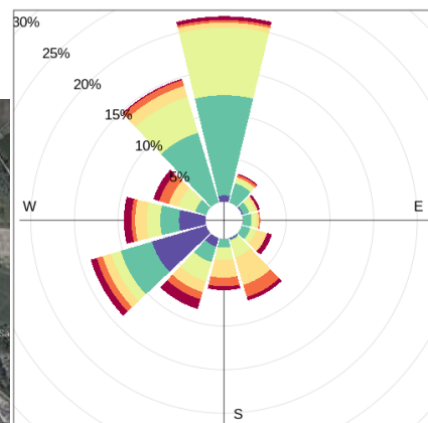
Rose de pollution - BLO
BLO NO HIVER



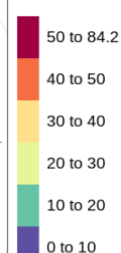
µg/m³



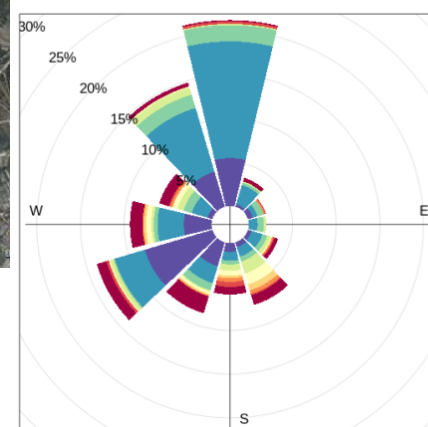
Rose de pollution - Saint Louis
NO₂ Saint Louis HIVER



µg/m³



Rose de pollution - Saint-Louis
NO Saint-Louis HIVER



µg/m³

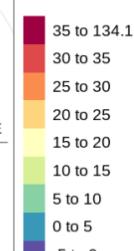
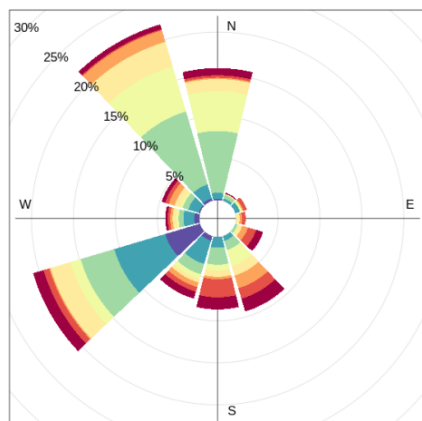


Abbildung 42: Stickstoffoxid-Windrose (NO₂ und NO) der Standorte Blotzheim und Saint-Louis - Winterphase

Die Stickstoffdioxid-Windrose (NO₂) für den 19LM-Standort Blotzheim - mit einer monatlichen Durchschnittskonzentration von 18 µg/m³ während der Messkampagne - zeigt, dass die höchsten stündlichen Durchschnittswerte (orange/rote Bereiche) während des Zeitraums aus südöstlichen bis westlich-südwestlichen Richtungen beobachtet wurden. Die mittleren Konzentrationen (gelbe Bereiche) wurden bei Winden aus dem Nord-Nord/West- und Nordsektor erreicht. Im Osten der Flughafenplattform, in Saint-Louis (17MS), wo der Mittelwert über den Zeitraum 24 µg/m³ betrug, wurden die höchsten durchschnittlichen Konzentrationen vor allem zwischen Süd/Südost und West/Nordwest festgestellt. Die niedrigsten Konzentrationen, werden mit den Sektoren Nord/Nordwest und Nord in Verbindung gebracht.

Die Stickstoffmonoxid-Windrosen (NO₂) für den Standorten Blotzheim und Saint-Louis bestätigen die festgestellten Trends für die NO₂.

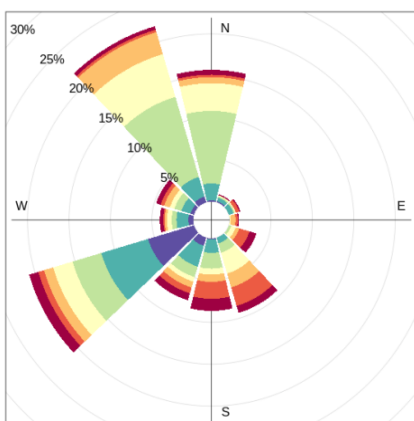
Rose de pollution
BLO PM₁₀ HIVER



µg/m³



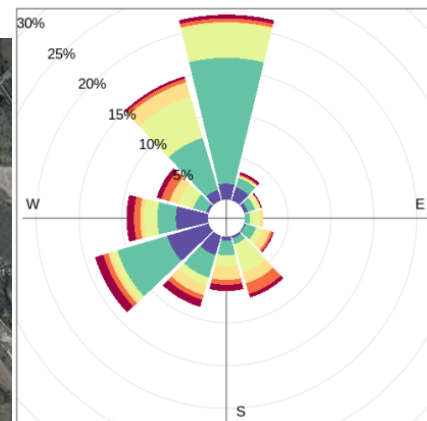
Rose de pollution
BLO PM_{2.5} HIVER



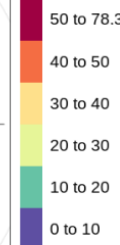
µg/m³



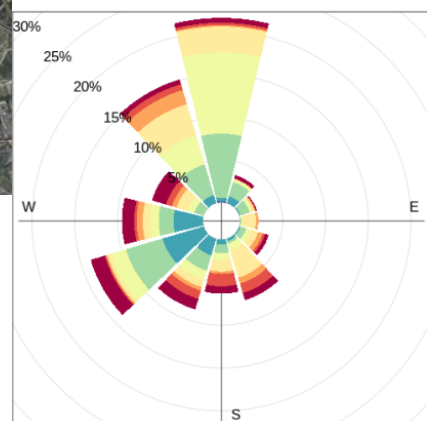
Rose de pollution
PM₁₀ Saint-Louis HIVER



µg/m³



Rose de pollution
PM_{2.5} Saint-Louis HIVER



µg/m³

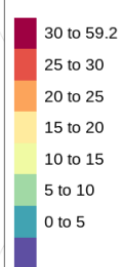


Abbildung 43: PM₁₀ und PM_{2.5}-Feinstaub-Windrose der Standorte Blotzheim und Saint-Louis – Winterphase

Die PM₁₀-PM_{2.5}-Verschmutzung, die im Westen (Blotzheim) und Osten (Saint-Louis) der Flughafenplattform gemessen wird, weist ebenfalls eine grosse Variabilität auf. Die höchsten durchschnittlichen Konzentrationen (orange/rote Achsen) decken grosse Windsektoren ab. Sie treten bei Ost-/Südost- bis Südwestwinden in Blotzheim auf und bei Winden, die die Sektoren Süd-Süd/Ost bis Nord/Nordwest am Standort Saint-Louis einschliessen. Die Sektoren Nord/Nordwest und Nord machen einen grossen Teil der niedrigeren Konzentrationen in den beiden Gemeinden aus.

Diese Schadstoffwindrosen zeigen tendenziell, dass der räumliche Ursprung der Verschmutzung in dieser Winterphase im Untersuchungsgebiet sehr unterschiedlich ist. Bei den höchsten Konzentrationen lassen sich nicht wirklich dominante Bereiche erkennen. Die Verschmutzungsquellen in der Umgebung der Gemeinden sind vielfältig, insbesondere durch den Flughafen und die A35. Hinzu kommen für PM₁₀-PM_{2.5} jahreszeitlich bedingte Quellen wie die Landwirtschaft im Sommer und die Heizung von Wohngebäuden im Winter. Die mobile Station in Blotzheim (im Winter in der Nähe des Vereinshauses) kann durch den Flughafen und die A35 bei Nordost-, Ost- und Südostwinden beeinträchtigt werden.

Die mobile Station in Saint-Louis kann durch den Flughafen und die A35 bei Nordwest-, West- und Südwest- oder sogar Südwinden belastet werden → Die mobile Station in Saint Louis scheint direkter belastet zu sein, da die höchsten stündlichen Konzentrationen bei diesen Winden beobachtet werden. Blotzheim ist weniger betroffen, die Konzentrationen bei Nordost- und Ostwinden sind praktisch nicht vorhanden. Lediglich die Konzentrationen bei Winden aus dem Südosten sind einflussreich, aber im Verhältnis zu allen anderen Sektoren sind sie nur gering vertreten.

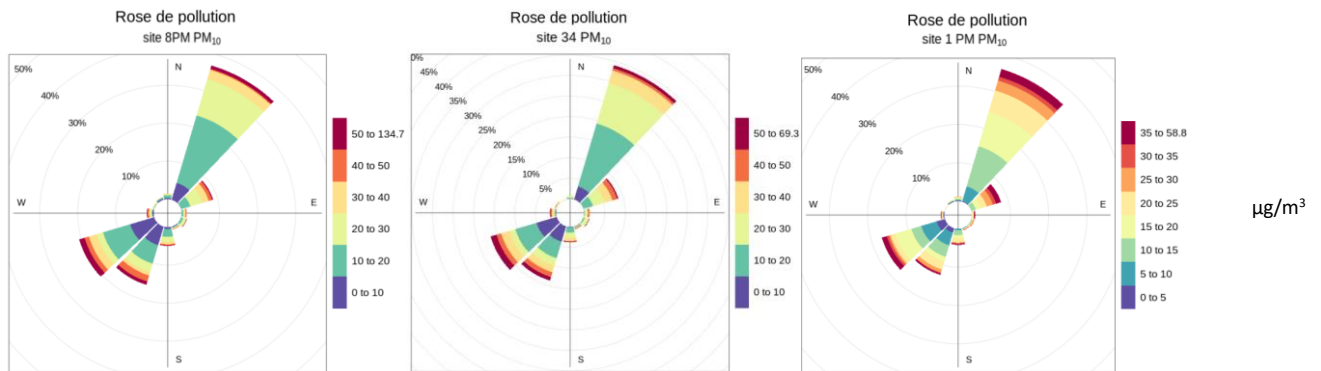


Abbildung 44 : PM10 Feinstaub-Windrose an Flughafenstandorten (mit Winddaten der Station Météo France), von links nach rechts: Standorte 8PM-34-1PM – Winterphase

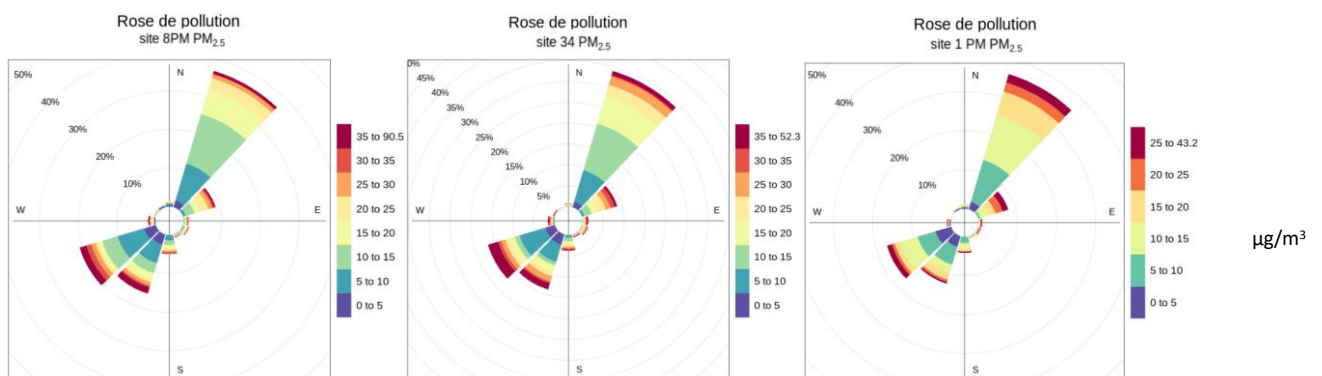


Abbildung 45 : PM2.5 Feinstaub-Windrose an Flughafenstandorten (mit Winddaten der Station Météo France), von links nach rechts: Standorte 8PM-34-1PM – Winterphase

Die 3 Messstandorte auf dem Flughafen sind sehr ähnlich mit einer Dominanz im Nordosten in der Verteilung aller Konzentrationen und höheren Konzentrationen in diesem Sektor (insbesondere Standort 1 PM), aber auch im Süd/Südwest- und Südwestsektor (an den Punkten 8PM und 34PM).

Die Standorte sind östlich der Start- und Landebahn positioniert. Aufgrund der Ausrichtung der Start- und Landebahn können Winde aus Nordwest, West, Südwest oder sogar Süd direkt auf sie einwirken. Die Sektoren Süd/Südwest und Südwest erscheinen auf den Windrosen, sind aber insgesamt unterrepräsentiert, ausser bei den höchsten Konzentrationen an den Punkten 8PM und 34.

Les teneurs faibles en SO₂ ne permettent pas une interprétation des roses de pollution.

Die niedrigen SO₂ -Gehalte lassen keine Interpretation der Schadstoffwindrosen zu.

5. ENTWICKLUNG DER LUFTBELASTUNG

5.1. JÄHRLICHE ÜBERWACHUNG DER LUFTBELASTUNG SEIT 2005

Die Messstation SLA, die im Studiengebiet in Village-Neuf liegt, misst die Luftbelastung seit 2005 kontinuierlich. Damit lassen sich die Jahreswerte im Studiengebiet überwachen. In Abbildung 46 wird diese Entwicklung für den NO₂ - und PM10-Gehalt ausgewiesen, die einen sinkenden Trend der Luftverschmutzung seit 2005 erkennen lässt. Es ist jedoch zu beachten, dass die NO₂-Gehalte zwischen 2016 und 2020 und die PM10-Gehalte seit 2019 tendenziell stagnieren. Der erhebliche Rückgang von NO₂ zwischen 2019 und 2020 steht im Zusammenhang mit der Gesundheitskrise (Covid19), die zu einer Verlangsamung der menschlichen Aktivitäten geführt hat (Feststellung im gesamten Netz). Die durchschnittliche Jahreskonzentration im Jahr 2022 (Normaljahr) ist niedriger als im Jahr 2019 (vor der Covid-Krise).

Hinweis: Der Anstieg der Feinstaubbelastung, wie er zwischen 2006 und 2007 gemessen wurde, hängt mit dem Ersatz der TEOM- durch TEOM-FDMS-Messgeräte zusammen, die anders als zuvor bei der Partikelmessung auch den volatilen Anteil berücksichtigt.

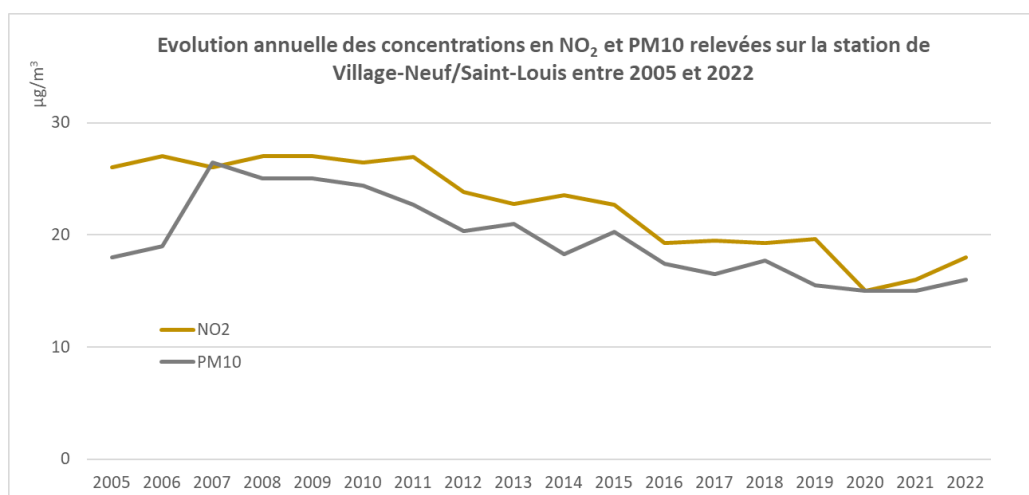


Abbildung 46: Jährliche Entwicklung der 2022 NO₂ et PM10 -Konzentrationen an der Station Village-Neuf/Saint-Louis zwischen 2005 und 2022

5.2. ENTWICKLUNG DER LUFTBELASTUNG IM MESSNETZ DES FLUGHAFENS ZWISCHEN 2019-2020 UND 2022-2023

Die Abbildungen 47 bis 50 zeigen die Entwicklung der durchschnittlichen jährlichen Konzentrationen von NO₂, Benzol und PM10-PM2.5 zwischen 2019-2020 und 2022-2023 in den verschiedenen Bereichen des Untersuchungsgebiets, die beiden Kampagnen gemeinsam sind und für die alle Daten verfügbar sind. Einige Punkte sind nicht in den Kartierungen enthalten. Dies hängt zusammen:

- Für NO₂: auf die Rücknahme der Punkte 16-24-29 in der Kampagne 2022-2023 im Vergleich zu 2019-2020. In 2020 fehlt für Punkt 32 ein Messzeitraum von 14 Tagen. Ausserdem musste Punkt 19 in der Rue de l'aéroport (nur Passivröhrchen 2019-2020 und mobile Labor + Passivsammler 2022-2023) in der Winterphase 2023 verlegt werden (Parkplatz maison des associations). Auf der Karte bleibt der Standort, an dem man die Entwicklung sehen kann, auf der Rue de l'aéroport erhalten. Dagegen ist der Standort 19 MS (mobile Station Blotzheim) nicht auf der Karte verzeichnet, da er sich 2019-2020 an einem anderen Ort (Kreuzung Rue des Landes und Rue du cimetière) befand als der Standort 2022-2023 (Rue

de l'aéroport und Maison des associations). Es gibt keine gemeinsame Platzierung der beiden Studien des Standorts 19LM.

- Für Benzol: bei der Entfernung der Punkte 16-24-29. Die Punkte, die beiden Studien gemeinsam sind, aber in der Kartierung fehlen, sind folgende: 2019-2020 fehlen die Daten der Jahresmittelwerte (da eine Messperiode von 14 Tagen oder 2 mal 14 Tagen fehlt) für die gemeinsamen Punkte: 26-38 und an der Station Mulhouse Nord Standort Nr. 30. In den Jahren 2022-2023 fehlen die Daten für Jahresdurchschnittswerte (es fehlt ein 14-tägiger Messzeitraum im Jahr 2022) für die gemeinsamen Punkte: 37-38. Punkt 19 (rue de l'aéroport), der ursprünglich beiden Studien gemeinsam war, wurde 2019-2020 am Ende der rue de l'aéroport platziert, dem Sommerstandort der mobilen Station im Jahr 2022, die jedoch im Winter 2023 verlegt werden musste (alle auf der mobilen Station vorhandenen Passivsammler waren vorsichtshalber verlegt worden). Es ist dennoch auf der Kartografie in dieser Strasse zu finden (wie bei NO₂).

- Für PM10: Da die Station Village Neuf im Jahr 2023 keine PM10-Messungen mehr durchführt, ist der Jahresmittelwert nicht berechenbar und die Daten an dieser Station werden daher nicht angezeigt. Für den Standort 19LM: Der Standort der mobilen Station in Blotzheim an der Kreuzung der Rue des Landes und der Rue du cimetière unterscheidet sich von den Standorten 2022-2023 (Rue de l'aéroport und Maison des associations). Auf der Kartografie ist dieser Punkt in der Mitte all dieser Standorte (etwa auf Höhe der Kapelle) sichtbar.

- Für PM2.5: Die PM2.5-Daten sind in Saint Louis (Punkt 19LM) im Jahr 2020 nicht vorhanden. Für den Standort 19 MS siehe oben.

Die folgende Tabelle fasst die gemeinsamen Punkte der Studien 2019-2020 und 2022-2023 zusammen und ordnet sie den Gebieten in den Grafiken 47 bis 50 zu (Mittelwerte der Punkte/Gebiet).

N° de site	Sites	zones	NO ₂	Benzène	PM10/PM2.5
1	Entrée aérogare Airport, sur un lampadaire	Zone publique	x	x	
2	Entrée parking souterrain - descente Trolley côté suisse	Zone publique	x	x	
1PM	ZBO Aérogare	Zone publique	x	x	x
7	DARSE Sud - Proximité zone Fret (sur un grillage)	Zone réservée	x	x	
8	A proximité des aires de stationnement des aéronefs	Zone réservée	x	x	
9	Entre la station ESSO et le pôle technique,	Zone réservée	x	x	
34	Zone FRET - côté déchargement camion (secteur 4)	Zone réservée	x	x	x
8PM	A proximité des aires de stationnement des aéronefs	Zone réservée			x
35	Zone FRET - côté avion	Zone réservée	x	x	
32	Zone des aviateurs - dans le passage piéton	Zone réservée		x	
10	Côté piste 26	Bout de piste	x	x	
13	Côté piste 15	Bout de piste	x	x	
33	Zone 6Bis	Zone 6Bis	x		
18	BARTENHEIM	Villages environnants	x	x	
20	BLOTZHEIM/HESINGUE	Villages environnants	x	x	
21	HESINGUE	Villages environnants	x	x	
22	ALLSCHWILL	Villages environnants	x	x	
23	HEGENHEIM/BOURGFELDEN	Villages environnants	x	x	
31	BARTHENHEIM LA CHAUSSEE/ST LOUIS LA CHAUSSEE	Villages environnants	x	x	
26	ST LOUIS LA CHAUSSEE	Villages environnants	x		
27	ST LOUIS NEUWEG	Villages environnants	x	x	
37	MICHELBAACH-LE-BAS	Villages environnants	x		
39	HEGENHEIM	Villages environnants	x	x	
28	ROSENAU	Villages environnants	x	x	
20	BLOTZHEIM - DANS L'AXE DE LA PISTE	Villages environnants	x		
19LM*	BLOTZHEIM	Villages environnants	x	x	x
36	BARTENHEIM / ROSENAU	Villages environnants	x		
17LM	LM. SAINT-LOUIS (UNITE MOBILE)	Villages environnants	x	x	x
33	Zone 6Bis	Villages environnants		x	
36	BARTENHEIM/ROSENAU	Villages environnants		x	
38	SAINT-LOUIS	Villages environnants	x		
30	MULHOUSE moyenne des deux stations de fond urbain	Stations fixes	x		x (PM2.5 : Mul Sud)
25	VILLAGE-NEUF - Station fixe SLA	Stations fixes	x	x	

* pas au même endroit entre 2020 et 2023

Tabelle 8: Punkte zum Vergleich Entwicklung des Niveaus nach Zonen

Aus dieser Analyse ergibt sich:

- Sinkende NO₂-Werte zwischen 2019-2020 und 2022-2023 an allen Standorten des Flughafens (durchschnittlich -27%) und der umliegenden Dörfer (-21%), während sich die Konzentrationen an den Hintergrundstationen in Village Neuf (vorstädtisch) und Mulhouse (städtisch – Mittelwert von Mulhouse Nord und Süd) in diesen Zeiträumen nicht verändern.

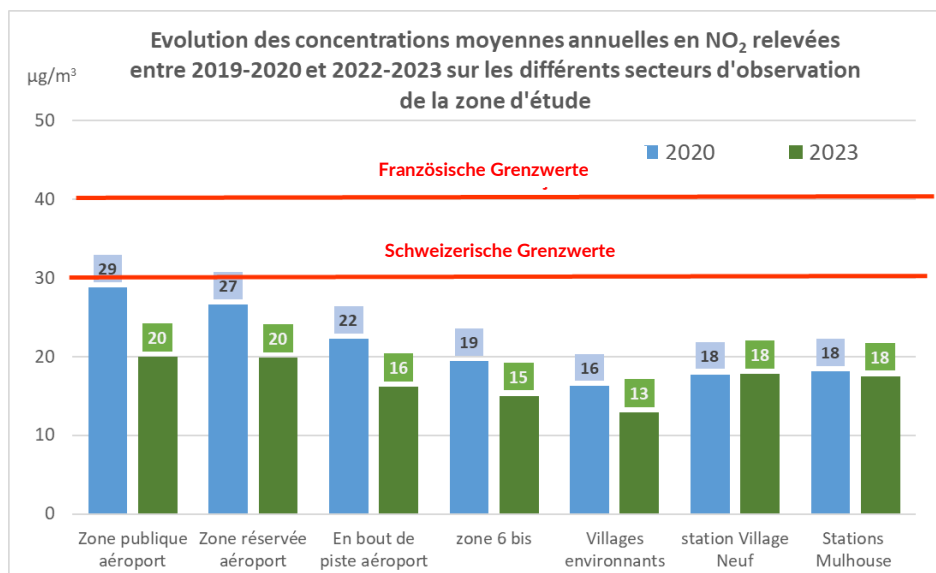


Abbildung 47: Entwicklung der durchschnittlichen jährlichen NO₂-Konzentrationen, die zwischen 2019-2020 und 2022-2023 in den verschiedenen Beobachtungssektoren des Untersuchungsgebiets gemessen wurden.

- Die PM₁₀-Konzentrationen am Flughafen sind rückläufig (durchschnittlich -15%). In den umliegenden Dörfern steigen die Konzentrationen an beiden Standorten leicht an (Standort Blotzheim je nach Jahr unterschiedlich), während der städtische Hintergrund in Mulhouse stagniert.

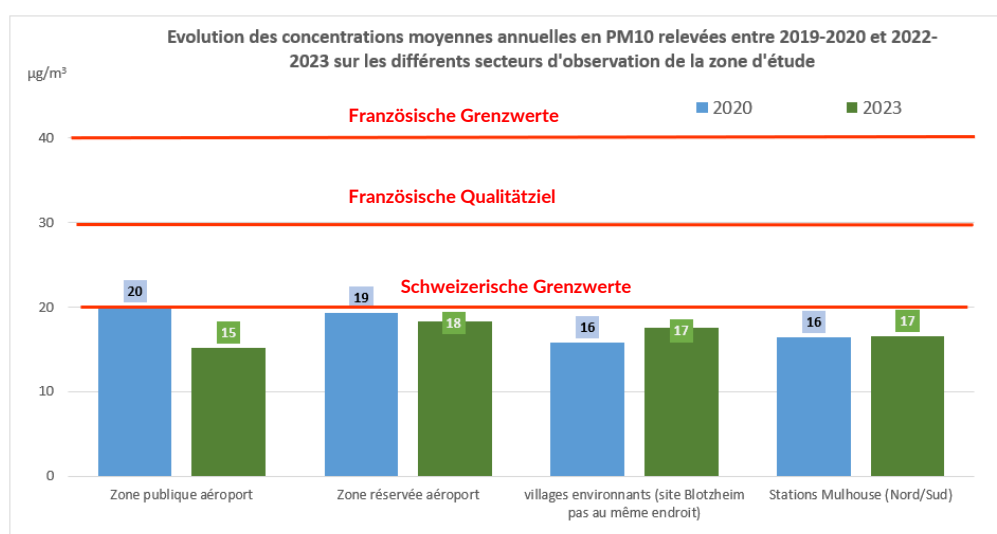


Abbildung 48: Entwicklung der durchschnittlichen jährlichen PM₁₀-Konzentrationen, die zwischen 2019-2020 und 2022-2023 in den verschiedenen Beobachtungssektoren des Untersuchungsgebiets gemessen wurden.

- PM2.5 sind am Flughafen leicht rückläufig. In den umliegenden Dörfern ist die Konzentration in Blotzheim 2022-2023 niedriger als zuvor (begrenzter Vergleich, da die Standorte zwischen den beiden Zeiträumen divergieren). Für Saint-Louis ist ein Vergleich aufgrund des fehlenden Jahresdurchschnitts 2019-2020 nicht möglich.

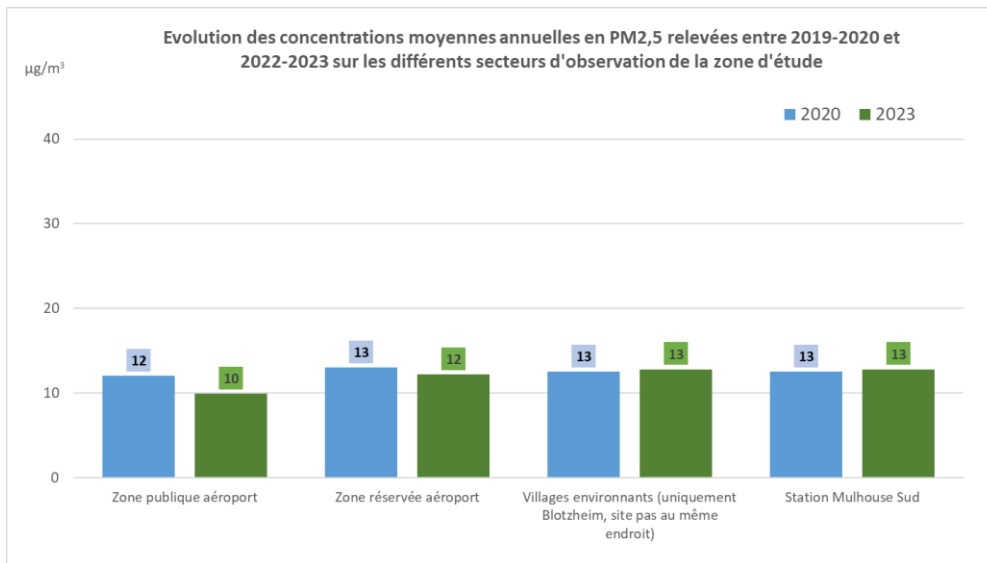


Abbildung 49: Entwicklung der durchschnittlichen jährlichen PM2.5-Konzentrationen, die zwischen 2019-2020 und 2022-2023 in den verschiedenen Beobachtungssektoren des Untersuchungsgebiets gemessen wurden.

- Bei Benzol ein sehr leicht ansteigender Trend in allen Bereichen ausser in der öffentlichen Zone des Flughafens (leichter Rückgang).

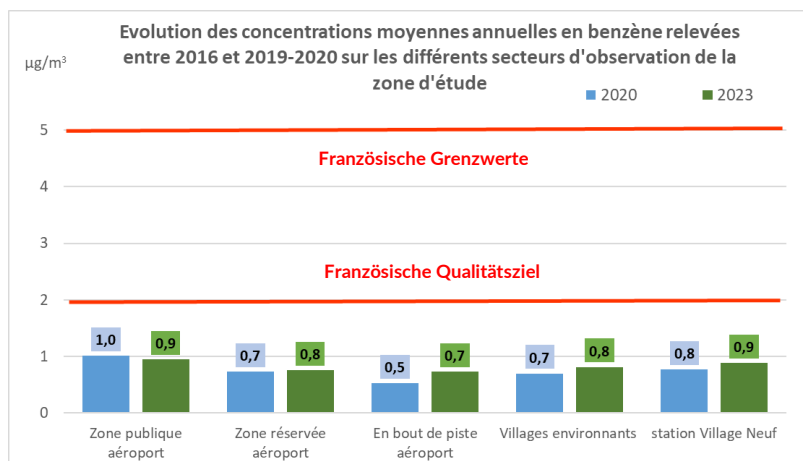
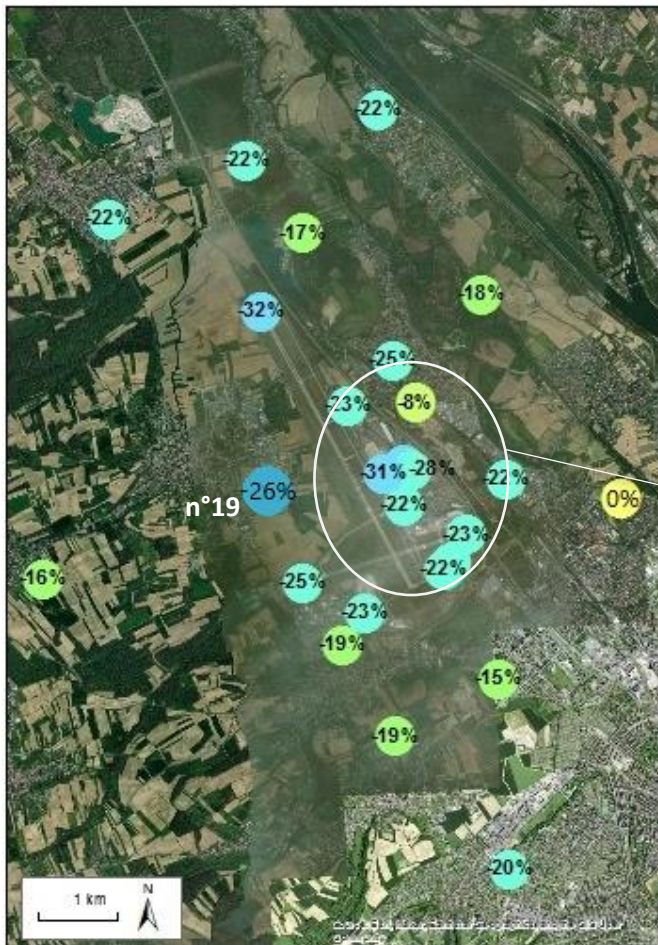


Abbildung 50: Entwicklung der durchschnittlichen jährlichen Benzolkonzentrationen, die zwischen 2019-2020 und 2022-2023 in den verschiedenen Beobachtungssektoren des Untersuchungsgebiets gemessen wurden.

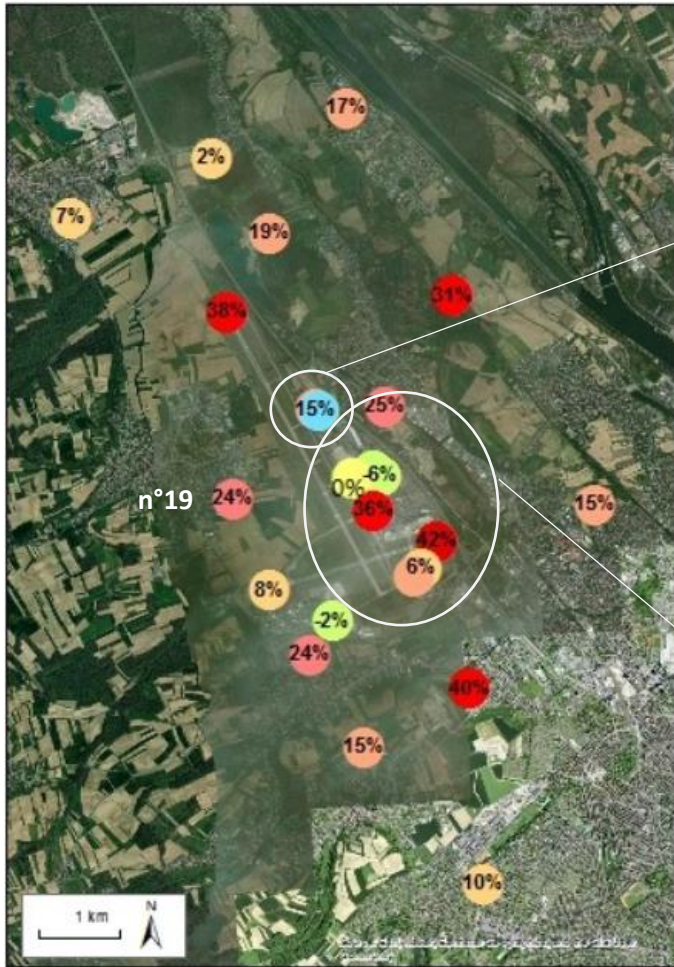
Eine detailliertere Darstellung dieser Entwicklungen ist auf den Karten 03 bis 06 zu sehen (die Entwicklung wird durch die gemessene relative Abweichung zwischen den Jahreskonzentrationen 2019-2020 und 2022-2023 an ähnlichen Standorten, für die Daten verfügbar sind, wiedergegeben).



Karte 03: Entwicklung der NO₂-Konzentrationen, dargestellt durch die gemessene relative Abweichung zwischen den Jahreskonzentrationen 2019-2020 und 2022-2023.

Zur Erinnerung: Punkt Nr. 19 befand sich zwischen 2019-2020 und 2022-2023 nicht an derselben Standort.





Zur Erinnerung: Punkt Nr. 19 befand sich zwischen 2019-2020 und 2022-2023 nicht an derselben Standort.



Karte 04: Entwicklung der Benzolkonzentrationen, dargestellt durch die gemessene relative Abweichung zwischen den Jahreskonzentrationen 2019-2020 und 2022-2023.



Karte 05: Entwicklung der PM10-Konzentrationen, dargestellt durch die gemessene relative Abweichung zwischen den Jahreskonzentrationen 2019-2020 und 2022-2023.



Karte 06: Entwicklung der PM_{2.5}-Konzentrationen, dargestellt durch die gemessene relative Abweichung zwischen den Jahreskonzentrationen 2019-2020 und 2022-2023.

6. KARTOGRAFIE MIT GEOSTATISTISCHER OPERATION

Die NO₂-Kartierung für das Gebiet stammt aus einer Modellierung, die im Rahmen der jährlichen Berichterstattung von ATMO Grand Est für das Jahr 2022 durchgeführt wurde. Das verwendete Modellierungswerkzeug ist SIRANE mit einer feinen Auflösung (10 Meter).

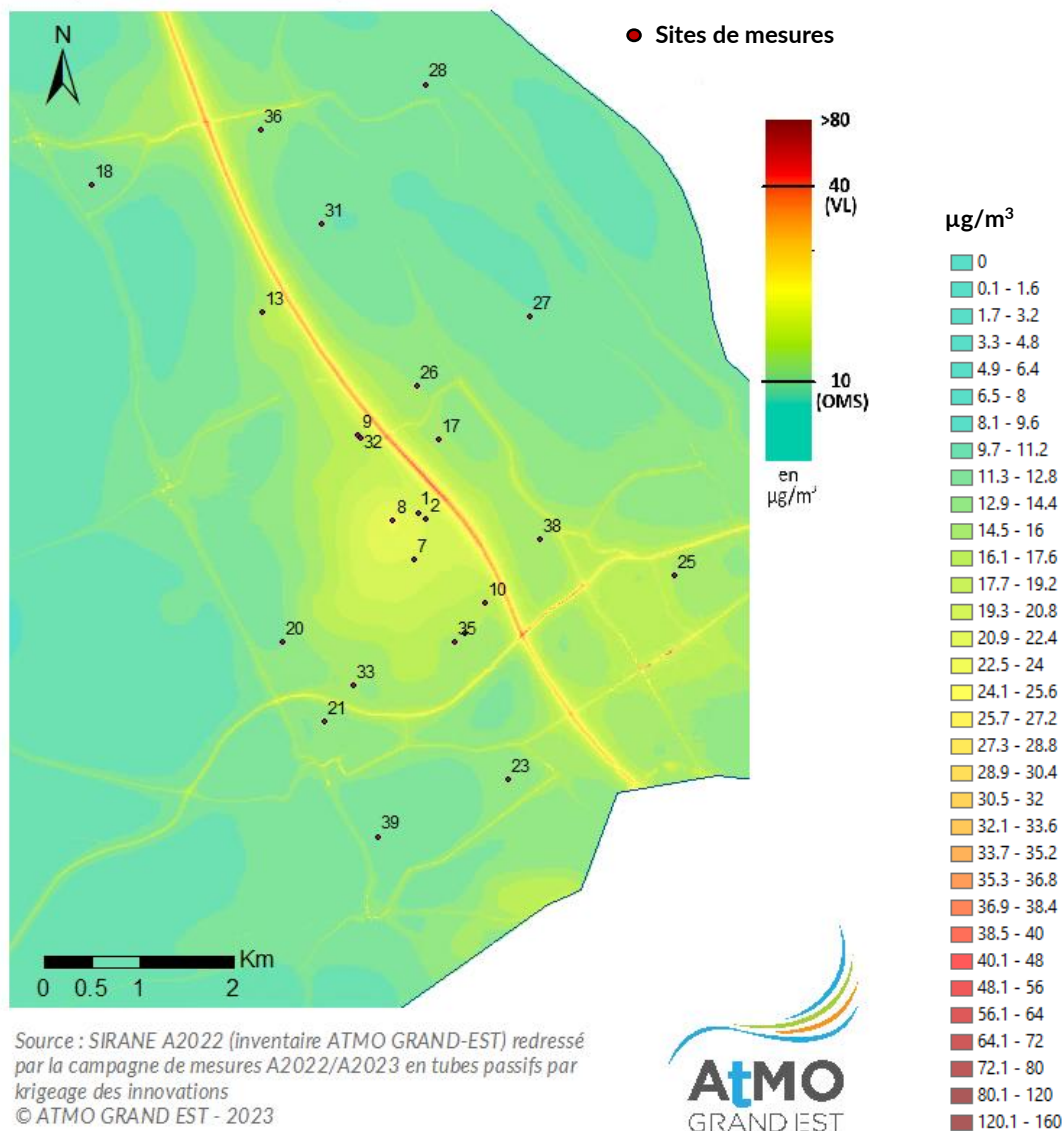
Die Berichterstattung betrifft nur den Grand Est. Der Oberrhein ist also nicht integriert (im Gegensatz zur vorherigen Kartografie, die von der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit von Atmo Vision profitierte), aber der Grossteil des Flughafens befindet sich auf der französischen Seite.

Eine geostatistische Bereinigung durch die Ergebnisse der Messkampagne mit Passivsammler im Zeitraum Sommer 2022 und Winter 2023 ergibt somit die untenstehende Karte (Karte 07). Die verwendete geostatistische Technik wird als „Innovations-Kriging“ bezeichnet, da sie die folgenden Vorgänge beschreibt:

- Bestimmen von Innovationen: die Unterschiede zwischen den Rohdaten (ursprüngliche Karte) und den Messwerten der Passivsammler werden rechnerisch bestimmt.
- Bestimmen eines Schätzmodells (oder Variogramms): Das experimentelle Variogramm (der Messpunkte) wird modelliert und darauf ein Modell-Variogramm justiert.
- Kriging: Anhand einer geostatistischen Schätzung wird die Varianz reduziert, womit die dank Anwendung des Modell-Variogramms auf die Innovationen erwarteten Unterschiede (Innovationen) übertragen werden können.
- Korrektur: Die (positiven/negativen) kartografischen Innovationen werden auf die ursprüngliche Karte übertragen, um die definitive Karte zu erlangen.

Karte 07:

Concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote à proximité de l'aéroport Bâle-Mulhouse en 2022



Der stärkste Einfluss für Stickstoffdioxid in dem Gebiet ist die Nord-Süd-Passage der Autobahn A35. Andere Strassen, die D469 und die D66, haben einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag und erscheinen als die strukturierenden Achsen in der Gemeinde Saint-Louis. Mit zunehmender Entfernung von den Emissionsbereichen Strassen- und Luftverkehr nähern sich die Konzentrationen allmählich dem Schwellenwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Sammler in den Bereichen, in denen sich die Flugzeuge langsam bewegen (Parken und Rollen) oder an den Eingängen der Tiefgarage und des Terminals (Sammler Nr. 1, 2, 7 und 8) waren mit $18,5$ bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ am stärksten belastet. Diese durch die Aktivitäten des Flughafens verursachte Überkonzentration breitet sich über eine Entfernung von etwa 1 km aus. Die durch die Autobahn, die 500 m vom Flughafen entfernt liegt, verursachten Überschreitungsbereiche werden also durch die Flughafenaktivitäten nur geringfügig erweitert. Die Entfernung zwischen der Autobahn und dem Flughafen ist so gross, dass der Jahresgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Bereich des Flughafens nicht überschritten wird.

7. BILANZ DER GRENZWERTÜBERSCHREITUNGEN

Nur bei PM_{2.5} gibt es einige Überschreitungen der Normen. Sie betreffen die Standorte 8 PM und 34, die das jährliche französische Luftqualitätsziel und den Schweizer Grenzwert überschreiten (der Standort 34 um etwa 3 µg/m³ und der Standort 8 PM um 2 µg/m³), sowie die Standorte 1PM und 17MS, die sich diesem Grenzwert nähern, ihn aber nicht überschreiten. Der städtische Hintergrund von Mulhouse liegt ebenfalls über diesem Grenzwert.

Entwicklung der Überschreitungen zwischen 2019-2020 und 2022-2023

Die Standorte 8 und 2, jeweils in der Nähe der Flugzeugparkplätze und am Eingang zur Tiefgarage auf der Schweizer Seite in der öffentlichen Zone, überschreiten (Standort 8) bzw. erreichen (Standort 2) den Schweizer NO₂-Jahresimmissionsgrenzwert in den Jahren 2022-2023 im Gegensatz zu ihren Jahresmittelwerten 2019-2020 nicht mehr.

Der Schweizer Jahresimmissionsgrenzwert für PM₁₀ wurde an den Standorten 1PM (bei den Regenbecken) und 8PM (in der Nähe der Flugzeugparkplätze) früher (2019-2020) nicht eingehalten, jetzt wird er 2022-2023 an diesen beiden Standorten eingehalten.

In den Jahren 2019-2020 wurde für PM_{2.5} das Jahresziel für die französische Luftqualität und der Schweizer Grenzwert für Partikel von 10 µg/m³ an allen Standorten überschritten. Drei Jahre später, 2022-2023, überschreiten zwei Standorte 8PM und 34PM immer noch diesen Grenzwert (mit einem deutlichen Rückgang bei 8PM und einem leichten Anstieg bei 34PM) und zwei Standorte (1PM und 17MS/Saint-Louis) erreichen den Grenzwert von 10 µg/m³.

Anhang 4 enthält eine tabellarische Übersicht über die Situation in Bezug auf die französischen und schweizerischen Normen für jeden Standort.



SCHLUSSFOLGERUNGEN

Dieser Bericht enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Messungen, die vom 15. Juni bis 13. Juli 2022 (Sommermessphase) und vom 18.01.2023 bis 25.02.2023 in einem Untersuchungsgebiet durchgeführt wurden, das den Flughafen Basel-Mulhouse und seine Umgebung umfasst.



Zur Bewertung der Schadstoffbelastung auf der Plattform und in den Nachbargemeinden

Die **höchsten Stickstoffdioxidkonzentrationen** wurden **auf der Flughafenplattform** sowohl in öffentlichen als auch in beschränkten Zonen in der Nähe von Fahrbahnen oder Parkplätzen festgestellt (bei den Flugzeugparkplätzen, Standort 8, in der Zone für autorisiertes Personal - Höchstwert der Kampagne mit $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sowie in der Frachtzone südliches Rollfeld, Standort 7, und beim Parkhauseinfahrt auf Schweizer Seite, Standort 2). Der **niedrigste Wert** der Plattform wurde in der **Frachtzone auf der Flugzeugseite** gemessen ($14 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Standorte Zonen 6bis, Betankungsanlagen (Standorte 33 und 32) und die beiden Start- und Landebahnen Nr. 15 und 26 (Standorte 13 und 10) lagen zwischen 15 und $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In den **Nachbargemeinden des Flughafens** schwankten die Konzentrationen zwischen $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Michelbach-le-Bas) und $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Saint-Louis Standorte 38, 17LM, Saint-Louis la Chaussée Standort 26 und Allschwill Standort 22). Die höchsten NO_2 -Werte weisen die Standorte auf, die am stärksten in das Stadtgefüge von Saint-Louis und Basel integriert sind, und/oder die Standorte in der Nähe der Autobahn A35. Dies spiegelt sich in der geografischen Verteilung der NO_2 -Gehalte wider, die im Osten der Plattform höher sind als im Westen, was durch die Aktivitäten des Flughafens und der Autobahn beeinflusst wird, wenn die Winde aus den Sektoren Süd/Südwest bis Nord/Nordost kommen.

Die Werte in den Gemeinden sind insgesamt niedriger als die auf der Plattform gemessenen Werte. Der lokale Hintergrund in Village-Neuf und der entfernte Hintergrund in Mulhouse (nicht vom Flughafengebiet betroffen) ist höher, was dazu führt, dass die Auswirkungen des Flughafens (und anderer Quellen) auf die Dörfer in der Umgebung tendenziell minimiert werden.

Die **durchschnittlichen Benzolkonzentrationen** schwankten zwischen $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Standort 2, beim Parkhauseinfahrt auf Schweizer Seite) und $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vielzahl von Standorten Flughafen und Gemeinden).

Die **höchsten Konzentrationen auf dem Flughafengelände** wurden an der **Einfahrt zur Tiefgarage auf der Schweizer Seite** (Standort 2 mit $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in der Frachtzone südliches Rollfeld (Standort 7 - $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zwischen der Esso-Tankstelle und dem Technikzentrum (Standort 9) und schliesslich am Eingang des Terminals (Standort 1) mit $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt. Die restlichen Standorte lagen bei $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In den **Gemeinden in der Nähe des Flughafens** wurde der **höchste Durchschnittswert** ($1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in **Saint-Louis la Chaussée** (Standort 26) festgestellt. Es folgten die anderen Gemeinden mit Werten zwischen $0,7$ und $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. **Die beobachteten Schadstoffwerte sind auf der Plattform und in den Nachbargemeinden im Grossen und Ganzen ähnlich. Die Werte liegen insgesamt unter oder sehr nahe bei den Hintergrundwerten in den Vorstädten (Village-Neuf) und Städten (Mulhouse), abgesehen von den Standorten 26 und 2, die leicht darüber liegen.**

Zusätzliche Messungen wurden speziell auf der Flughafenplattform durchgeführt, in der Nähe des Bereichs der Betankungsanlagen (Standort 32) und des Bereichs 6bis (Standort 33), die potenzielle **VOC-Emissionsquellen** sind. Die **Konzentrationen der Gesamt-VOC sind fast ähnlich** (um $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$), liegen aber **leicht über der Referenzmessung in Mulhouse** (im städtischen Hintergrund - $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die auf der Flughafenplattform **identifizierten Moleküle**, die sich hauptsächlich aus gesättigten

Kohlenwasserstoffen und Aromaten zusammensetzen, sind Bestandteil von Benzin für Land- und Luftfahrzeuge.

An verschiedenen Punkten auf dem Flughafenvorfeld und in den umliegenden Gemeinden wurden **Partikelmessungen** durchgeführt, um sich den Partikelkonzentrationen (PM10 und PM2.5) im Untersuchungsgebiet räumlich anzunähern: **Die um den Flughafen in Blotzheim und Saint-Louis gemessenen PM10-Konzentrationen (Mittelwert der beiden Gemeinden 17,5 µg/m³) sind ähnlich hoch wie die auf dem Vorfeld (Mittelwert der 3 Standorte 17,2 µg/m³). Die PM2.5-Gehalte in den Gemeinden (10,3 µg/m³) sind niedriger als die auf dem Vorfeld gemessenen Werte (11,4 µg/m³).**

Die durchschnittlichen Konzentrationen von PM10-Partikeln lagen in den Gemeinden Saint-Louis und Blotzheim bei 17,8 bzw. 17,2 µg/m³ und auf der Flughafenplattform bei 17,2 µg/m³, während ein unbeeinflusster städtischer Standort (Mulhouse) 16,6 µg/m³ erreichte.

Auch bei PM2.5 liegen die Gehalte recht nahe beieinander (9,7 bzw. 10,9 µg/m³ in den Gemeinden und 11,5 µg/m³ auf der Flughafenplattform). Die PM2.5-Gehalte im Untersuchungsgebiet (Plattform und Gemeinden) sind **niedriger als an einem unbeeinflussten Standort wie in Mulhouse (ca. 12 µg/m³).**

Der Standort **Blotzheim** wies **im Sommer** im Vergleich zu den anderen Standorten **besonders hohe PM10-Werte** auf (17 µg/m³), was wahrscheinlich durch zusätzliche lokale Aktivitäten (landwirtschaftlicher Art) beeinflusst wurde. Im Winter waren die Konzentrationen (18 µg/m³) trotz des Einsatzes von Heizverbrennungssystemen und wenig Ausbreitungsbedingungen am Ende der Kampagne (die übrigens zu einer regionalen Verschmutzungsepisode über fast eine Woche führten) nur geringfügig höher als im Sommer. In Saint-Louis war der Unterschied zwischen den beiden Phasen viel grösser (21 µg/m³ im Winter und 14 µg/m³ im Sommer).

PM2.5 stieg im Winter in beiden Gemeinden stark an (Saint Louis 14,6 µg/m³ und Blotzheim 15,3 µg/m³), während sie im Sommer niedrig waren (4,9 µg/m³ und 6,4 µg/m³).

Dies spiegelt deutlich den saisonalen Einfluss auf die Partikelgehalte wider. PM10 wird eher von der Land- und Forstwirtschaft und der Aquakultur freigesetzt, PM2.5 eher vom Wohnsektor (durch Heizen). **Während der Sommer- und Winterphasen gab es mehrere Parameter, die die Partikelkonzentrationen beeinflussten.**

In Anbetracht der durchschnittlichen Tagesprofile, der stündlichen Schwankungen und der durchschnittlichen Gehalte an den Standorten Blotzheim/Saint-Louis und trotz der Tatsache, dass unter bestimmten Windbedingungen (Verschmutzungsrosen) die Gehalte an Primärschadstoffen durch die Flughafenaktivitäten (aber auch durch die Autobahn) beeinflusst werden können, weisen Blotzheim und Saint-Louis Durchschnittswerte auf, die für einen Standort charakteristisch sind, der überwiegend durch die Hintergrundbelastung beeinflusst wird¹².



Aus gesetzlicher Sicht

Die von den **beiden mobilen Stationen** gemessenen Werte zeigen **keine Überschreitung der kurzfristigen gesetzlichen Werte** für Stickoxide (NO₂, NO), Schwefeldioxid (SO₂) und Partikel (PM10). Die **Jahresmittelwerte** (Mittelwerte der beiden Phasen) der Passivsammler (**NO₂, Benzol**) lagen **unter den geltenden französischen und schweizerischen Grenzwerten** (als Richtwert für ein gleitendes Jahr). Die PM10-Werte (mobile Stationen-Messgeräte und Sensorsysteme) im Jahresmittel halten diese

¹²Die Hintergrundbelastung entspricht den Konzentrationswerten, die nicht wesentlich von einer bestimmten Quelle - z.B. Industrieemittenten, Straßen, ... - beeinflusst werden, sondern vielmehr durch den integrierten Beitrag mehrerer Quellen: Definition aus dem methodologischen Leitfaden für die Gestaltung, Einrichtung und Überwachung der französischen Stationen zur Überwachung der Luftqualität - LCSQA / Februar 2017.

Grenzwerte ebenfalls ein. PM2.5 (mobile Stationen-Messgeräte und Sensorsysteme) **liegen unter dem französischen Grenzwert** (gesetzlicher Grenzwert), **aber leicht über oder nahe dem Schweizer Grenzwert** (auch französisches Qualitätsziel). **Die WHO-Richtlinien** (2021 aktualisiert und restriktiver als zuvor) **werden hingegen für NO₂ und PM überschritten**.

Von den VOCs hat nur **Ethylbenzol** einen von der **WHO festgelegten Jahresreferenzwert** für die Aussenluft. Dieser wird **weitgehend eingehalten**. Was **Xylole** betrifft, so wurde der **Tagesgrenzwert wahrscheinlich nicht erreicht** (begrenzter Vergleich aufgrund der Messperiodizität von zweimal 14 Tagen pro Phase).



Entwicklung der Luftbelastung

Die Messstation SLA in Village-Neuf im Studiengebiet misst die Luftschadstoffbelastung kontinuierlich seit 2005. Die Luftbelastung durch NO₂ und PM10 (Jahreskonzentrationen) lässt seit 2005 eine sinkende Tendenz erkennen. Bemerkenswert ist jedoch der Trend zur Stagnation der NO₂-Werte zwischen 2016 und 2019 vor dem Jahr 2020, das durch die Verringerung der menschlichen Aktivitäten im Zusammenhang mit der Gesundheitskrise (Covid) gekennzeichnet ist und daher zu einem deutlichen Rückgang der NO₂-Werte (im gesamten Netz) führt. Die Konzentrationen in den Jahren 2021 und 2022 stiegen im Vergleich zu 2020 an, lagen aber unter den Werten vor Covid. Die PM10-Konzentrationen haben sich zwischen 2019 und 2021 kaum verändert und sind 2022 leicht angestiegen.

Die Durchführung einer Messkampagne in den Jahren 2019-2020, die der aktuellen recht ähnlich ist (einige Punkte weniger und manchmal verlegt), ermöglicht es, die Entwicklung der Konzentrationen zwischen 2019-2020 und 2022-2023 zu sehen.

Aus diesem Vergleich geht hervor, dass **die NO₂-Werte an allen Standorten rückläufig sind (und teilweise sehr deutlich)**.

Die **PM10-Partikelwerte sind auf der Flughafenplattform** (sowohl in der öffentlichen als auch in der reservierten Zone) **rückläufig, steigen jedoch um den Flughafen herum an**. Die gleichen Werte sind auch in Mulhouse zu verzeichnen, das weit des Studiengebiets entfernt liegt (für Saint-Louis ist nur ein Vergleich im Sommer möglich, die Werte sind zwischen den beiden Sommern rückläufig).

Benzol wies in beiden Kampagnen niedrige Werte auf (unter oder um 1 µg/m³). Die geringen Abweichungen der Benzolkonzentrationen zwischen 2019-2020 und 2022-2023 deuten auf eine Stabilisierung der Werte im Studiengebiet zwischen den beiden Messkampagnen hin

Während 2019-2020 einige Überschreitungen festgestellt wurden [für NO₂ schweizerische Jahresgrenzwert für Immissionen an den Standorten 8 und 2, jeweils in der Nähe der Abstellflächen der Flugzeuge und am Eingang der Tiefgarage auf Schweizer Seite in der öffentlichen Zone; für PM10 schweizerische Jahresgrenzwert für Immissionen an den Standorten 1PM auf der Höhe der Gewitterbecken und 8PM in der Nähe der Abstellflächen der Flugzeuge; für PM2.5 jährliches französisches Luftqualitätsziel und Schweizer Grenzwert an allen mit Partikeln ausgestatteten Standorten], **2022-2023 werden nur bei PM2.5 die Normen** (jährliches französisches Luftqualitätsziel und Schweizer Grenzwert von 10 µg/m³) **an den Standorten 8PM und 34 immer noch teilweise überschritten**. Die Standorte 1PM und 17MS liegen gleichauf mit diesem Grenzwert. Der städtische Hintergrund von Mulhouse liegt ebenfalls über diesem Schwellenwert.

In der Zusammenfassung ist eine Verbesserung der Luftqualität zwischen den Zeiträumen 2019-2020 und 2022-2023 festzustellen, und das trotz weniger dispersiver (also für die Luftqualität weniger günstiger) atmosphärischer Bedingungen im Zeitraum 2022-2023.

ANHANG

ANHANG 1 : MESSSTANDORTE

N° de site	Sites	X	Y	NO ₂	BTEX	COV (dont BTEX)	Particules PM10-PM2.5	NO, NO ₂ , SO ₂ , PM10- PM2.5, + para. Météo.
				<i>Tubes passifs</i>	<i>Tubes passifs</i>	<i>Tubes passifs</i>	<i>CAIRNET microcapteur</i>	<i>Laboratoire mobile</i>
1	Entrée aérogare Airport, sur un lampadaire	7.531846	47.600163	1	1			
1PM	ZBO Aérogare	7.534917	47.599548				1	
2	Entrée parking souterrain - descente Trolley côté suisse - sur un candélabre	7.533050	47.599564	1	1			
7	DARSE Sud - Proximité zone Fret (sur un grillage)	7.531451	47.595625	1	1			
8	A proximité des aires de stationnement des aéronefs, sur un poteau de signalisation poste avion	7.528380	47.599366	1	1			
8PM	A proximité des aires de stationnement des aéronefs, à côté d'un projecteur rouge et blanc	7.529269	47.597144				1	
9	Entre la station ESSO et le pôle technique, sur un lampadaire (1er)	7.523053	47.607301	1	1			
10	Côté piste 26, piquet fixé sur clôture grillagée, dans l'axe de la piste	7.541595	47.591826	1	1			
13	Côté piste 15, sur 1ère rangée de lumière, dans l'axe de la piste	7.509178	47.618686	1	1			
17	41, rue de la Prairies, Saint-Louis la Chaussée	7.534448	47.607203	3 (N-D-T)	3 (N-D-T)		1	1
32	Zone des aviateurs - dans le passage piéton	7.523496	47.607061	1	1	1		
34	Zone FRET - côté déchargement camion (zone 4)	7.538976	47.588811	1	1		1	
35	Zone FRET - côté avion	7.537623	47.587981	1	1			

N° de site	Sites	X	Y	NO ₂	BTEX	COV (dont BTEX)	Particules PM10-PM2.5	NO, NO ₂ , SO ₂ , PM10- PM2.5, + para. Météo.
				<i> Tubes passifs</i>	<i> Tubes passifs</i>	<i> Tubes passifs</i>	<i>CAIRNET microcapteur</i>	<i>Laboratoire mobile</i>
18	BARTENHEIM - au croisement de la rue des vosges et de la rue des Landes	7.484487	47.630211	1	1			
19LM	BLOTZHEIM fond rue aéroport en été et maison des associations en hiver	7.506785	47.598797				1	1 (sauf PM2.5)
20	BLOTZHEIM/HESINGUE - entre Blotzheim et Hesingue / dans l'axe de la seconde piste de l'aéroport	7.513485	47.587412	1	1			
21	HESINGUE - rue des roses, à côté du n°10	7.519634	47.580012	1	1			
22	ALLSCHWILL - Allmendstrasse	7.545940	47.553284	1	1			
23	HEGENHEIM/BOURGFELDEN - dans la rue de la fraternité, à côté du stade de football	7,545742	47.575141	1	1			
25	VILLAGE-NEUF - 77, rue Michelfelden (piscine SIPES) Station fixe SLA	7.568163	47.594933	4 (N-D-T-BT)	4 (N-D-T-BT)			
26	ST LOUIS LA CHAUSSEE - rue du bois vert, en face du n°2	7.531088	47.612186	1	1			
27	ST LOUIS NEUWEG - rue du canal, au niveau de la maison éclusière.	7.546613	47.619149	1	1			
28	ROSENAU - 46, rue du Kembs	7.530992	47.640839	1	1			
30	Mulhouse Nord (14 jours en été) et Mulhouse Sud (14 jours en été et 28 jours en hiver)	7,347294	47,757435	1		1	1	
31	BARTHENHEIM LA CHAUSSEE/ST LOUIS LA CHAUSSEE - Im Wolf, proche gravière Lafarge Holcim	7,516931	47.627288	1	1			
33	Zone 6Bis, sur la route menant à Jet Aviation et AMAC Aerospace	7.523682	47.583564	1	1	1		
36	BARTENHEIM/ROSENAU - rue des chevreuils	7.508098	47.635985	1	1			
37	MICHELBAACH-LE-BAS - rue des Lilas	7.469822	47.589438	1	1			
38	SAINT-LOUIS - Rue des entrepreneurs	7.549952	47.598553	1	1			
39	HEGENHEIM - 1, rue des Saules	7.527811	47.569264	1	1			

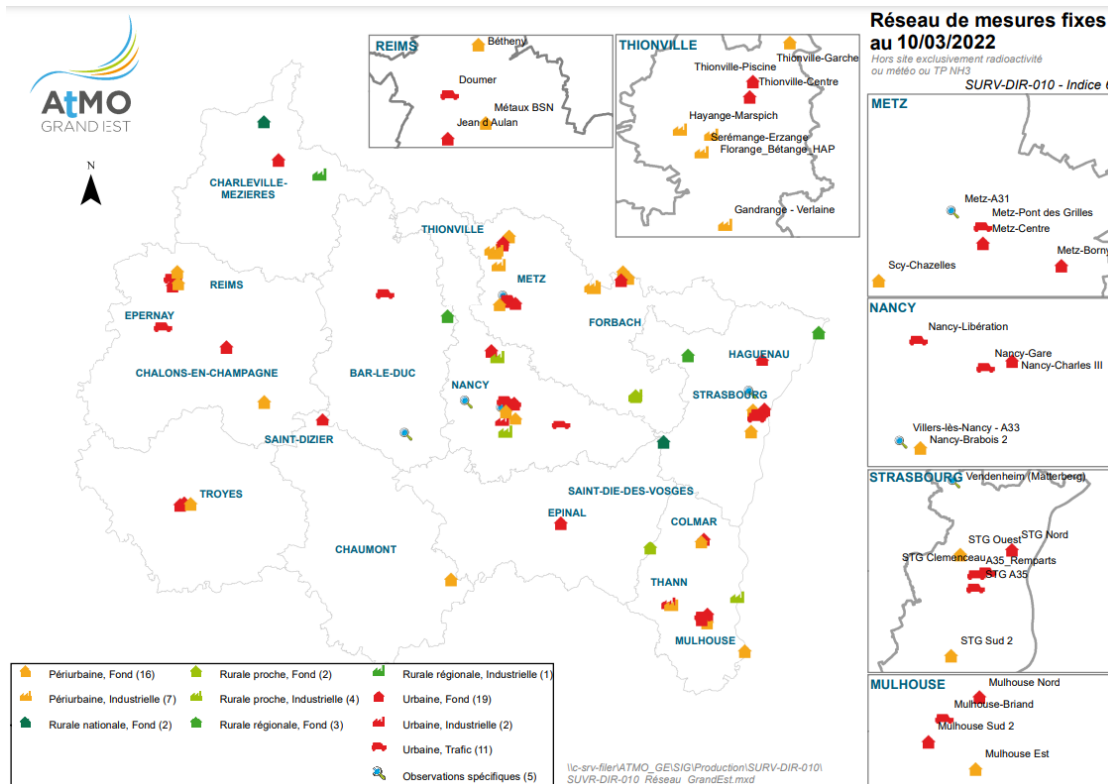
ANHANG 2: DURCHSCHNITTLICHE JAHRESKONZENTRATIONEN FÜR TOLUOL, ETHYLBENZOL UND M-, P-, O-XYLOLE

Einheit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nr Standort	Durschnitt Toluol	Durschnitt Ethylbenzol	Durschnitt m+p - Xylole	Durschnitt o- Xylol
1	1,1	0,2	0,7	0,3
2	4,0	0,6	2,1	0,8
7	1,0	0,2	0,5	0,2
8	1,0	0,2	0,6	0,2
9	0,9	0,2	0,5	0,2
32	0,9	0,2	0,5	0,2
10	0,7	0,1	0,3	0,1
34	0,8	0,1	0,3	0,1
35	0,8	0,1	0,3	0,1
33	1,3	0,4	0,5	0,2
13	0,6	0,1	0,3	0,1
36	0,6	0,1	0,3	0,1
28	1,0	0,2	0,5	0,2
31	0,6	0,1	0,3	0,1
27	0,7	0,1	0,3	0,1
26	1,2	0,2	0,6	0,3
17	0,9	0,1	0,4	0,2
38	0,8	0,1	0,4	0,2
25	1,1	0,1	0,5	0,2
23	0,9	0,2	0,5	0,2
39	0,9	0,1	0,4	0,1
22	1,7	0,4	2,0	0,8
21	1,0	0,1	0,4	0,2
20	0,7	0,1	0,3	0,1
19	0,6	0,1	0,3	0,1
37	0,8	0,1	0,4	0,1
18	0,7	0,1	0,3	0,1
30	0,9	0,2	0,5	0,2

ANHANG 3: NETZWERK DER FESTEN MESSSTATIONEN VON ATMO GRAND EST

Die Messergebnisse der beiden mobilen Laboren (Saint-Louis und Blotzheim) und des Cairnets (Flughafenstandorte) wurden mit den Daten der regionalen Messstationen verglichen, insbesondere mit:



Für Stickstoffoxide (NO₂, NO) und Feinstaub:

- Mulhouse Briand : städtisch, strassenverkehrsbelastet ;
- Mulhouse Sud : städtischer Hintergrund;
- Mulhouse Nord : städtischer Hintergrund;
- Village Neuf - SLA (Saint-Louis Agglomération): stadtnaher Hintergrund;
- Le Donon : nationale ländliche Station;
- Vendenheim : Hintergrundstation zur spezifischen Beobachtung

Für Schwefeldioxid (SO₂):

- Reims Jean d'Aulan : städtischer Hintergrund;
- Vieux-Thann 3 (Prevert) : stadtnahe, industriebelastet

ANHANG 4: BILANZ IM VERGLEICH ZU DEN FRANZÖSISCHEN UND SCHWEIZERISCHEN NORMEN

Standorte	Schadstoffe	NO ₂				SO ₂		Benzol		Toluol, ethylbenzol und xylole	Feinstaub PM10				Feinstaub PM2.5		
	Nationale Gesetzgebung	französische		schweizerische		französische	schweizerische	französische		französische	französische		schweizerische	französische		schweizerische	
	Gesetzliche Vorgabe	Jahresgrenzwert	Stundenschwelle: Information / Empfehlung, Warnung	Jahresimmissionsgrenzwert	24h-Grenzwert	Stundenschwelle: Information / Empfehlung, Warnung	24h-Grenzwert	Jahresgrenzwert	Jahres-Luftqualitätsziel	Richtwerte	Jahresgrenzwert	Jahres-Luftqualitätsziel	Stundenschwelle: Information / Empfehlung, Warnung	Jahresimmissionsgrenzwert	Jahresgrenzwert	Jahres-Luftqualitätsziel	Jahresimmissionsgrenzwert
Flughafengelände Basel-Mulhouse	1	Terminal-Eingang (französische Seite)															
	1PM	GBZ Terminal															
	2	Parkhauseinfahrt (schweizerische Seite)															
	7	Südliche Rollbahn, bei der Frachtzone															
	8	In der Nähe von Flugzeugparkplätzen an einem Signalpfeiler Flugzeugposition															
	8PM	In der Nähe der Abstellflächen für Luftfahrzeuge, neben einem rot-weißen Scheinwerfer															
	9	Zwischen Esso-Tankstelle und Technikpool															
	10	Piste 26, Pistenachse															
	13	Piste 15, 1. Lampenreihe, Pistenachse															
	32	Betankungszone															
	34	Frachtzone, Seite LKW-Umschlag (Sektor 4)															
	35	Frachtzone, Seite Flugzeuge															

- Grenzwert eingehalten
- Grenzwert erreicht, nicht überschritten
- Grenzwert überschritten
- Standort nicht ausgerüstet

ANHANG 4: BILANZ IM VERGLEICH ZU DEN FRANZÖSISCHEN UND SCHWEIZERISCHEN NORMEN (FOLGE)

Standorte	Schadstoffe	NO ₂			SO ₂		Benzol		Toluol, ethylbenzol und xylole	Feinstaub PM10			Feinstaub PM2.5					
	Nationale Gesetzgebung	französische	schweizerische		französische	schweizerische	französische	französische	französische	schweizerische	französische	schweizerische						
	Gesetzliche Vorgabe	Jahresgrenzwert	Stundenschwelle: Information / Empfehlung, Warnung	Jahresimmissionsgrenzwert	24h-Grenzwert	Stundenschwelle: Information / Empfehlung, Warnung	24h-Grenzwert	Jahresgrenzwert	Jahres-Luftqualitätsziel	Richtwerte	Jahresgrenzwert	Jahres-Luftqualitätsziel	Stundenschwelle: Information / Empfehlung, Warnung	Jahresimmissionsgrenzwert	Jahresgrenzwert	Jahres-Luftqualitätsziel	Jahresimmissionsgrenzwert	
Nachbargemeinden des Flughafens Basel-Mulhouse	17	ST LOUIS LA CHAUSSEE - Rue de la Prairie 41 / Mobile Station																
	18	BARTENHEIM - Kreuzung Rue des Vosges / Rue des Landes																
	19MS	BLOTZHEIM - am Ende der Rue de l'aéroport (Sommer) et Haus der Vereine (Winter) / Mobile Station																
	20	BLOTZHEIM/HESINGUE - auf der Achse der 2. Flughafenpiste																
	21	HESINGUE - bei Rue des roses 10																
	22	ALLSCHWILL - Allmendstrasse																
	23	HEGENHEIM/BOURGFELEN - Rue de la fraternité, neben Sportplatz																
	25	VILLAGE-NEUF - Rue Michelfelden 77 (Schwimmbad SIPES) Feste Station SLA																
	27	ST LOUIS NEUWEG - Rue du canal, beim Schleusenhaus																
	28	ROSENAU - Rue du Kembs 46																
	31	BARTHENHEIM LA CHAUSSEE/ST LOUIS LA CHAUSSEE - Steinbruch Lafarge Holcim																
	33	Zone 6Bis																
	36	BARTENHEIM/ROSENAU - Rue des chevreaux																
37	MICHELBAACH-LE-BAS - Rue des Lilas																	
38	SAINT-LOUIS - Rue des entrepreneurs																	
39	HEGENHEIM - Rue des Saules 1																	



AtMO
GRAND EST
Metz - Nancy - Reims - Strasbourg

Air • Climat • Energie • Santé

Espace Européen de l'Entreprise - 5 rue de Madrid - 67300 Schiltigheim

Tél : 03 69 24 73 73 - contact@atmo-grandest.eu

Siret 822 734 307 000 17 - APE 7120 B

Association agréée de surveillance de la qualité de l'air