

Projet INTERREG III A Rhin supérieur - Projekt INTERREG III A Oberrhein

Système commun d'évaluation
et d'information sur la qualité de l'air
dans l'espace du Rhin supérieur

*Gemeinsames Informations-
und Bewertungssystem über
die Luftqualität im Oberrheingebiet*



Atmo_rhenA



Le groupe des experts de la qualité de l'air de la Conférence du Rhin Supérieur Der Expertenausschuss für Luftqualität der Oberrheinkonferenz

UM - Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg

MUF - Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz

DRIRE Alsace - Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement
Région Alsace

Regierungspräsidium Freiburg

LFUG Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

LHA - Lufthygieneamt beider Basel

LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

ASPA - Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace

www.atmo-rhena.net



Projet cofinancé par l'Union européenne
Fonds européen de développement régional (FEDER)
Vorhaben von der Europäischen Union kofinanziert
Europäischer Fond für Regionale Entwicklung (EFER)

Projet INTERREG III A Rhin supérieur - *Projekt INTERREG III A Oberrhein*

Système commun d'évaluation et d'information sur la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur

Gemeinsames Informations-
und Bewertungssystem über
die Luftqualität im Oberrheingebiet





Ce projet a bénéficié de financements de l'ADEME, de la Région Alsace ainsi que de fonds communautaires INTERREG III. Les trois organismes de surveillance de la qualité de l'air impliqués ont également participé au financement du projet via la valorisation d'unités d'œuvre et d'outils.

Le groupe d'experts «qualité de l'air» de la Conférence du Rhin supérieur a confié la maîtrise d'ouvrage du projet à l'ASPA. Le volet système commun d'information a été piloté par la LUBW. Le volet système commun d'évaluation a été piloté par l'ASPA.

Dieses Projekt wurde durch die ADEME, die Region Elsass sowie europäische INTERREG III Fördermittel finanziert. Die drei beteiligten Messnetze haben ebenfalls an der Finanzierung des Projekts teilgenommen, und zwar durch ihre Eigenleistungen in Form von Personal und Ausstattung.

Die Expertengruppe „Luftreinhaltung“ der Oberrheinkonferenz hat die ASPA zum Projektverantwortlichen ernannt. Der Bereich „Gemeinsames Informationssystem“ wurde vom LUBW gesteuert. Der Bereich „Gemeinsames Erhebungssystem“ wurde von der ASPA gesteuert.



Mise en page / Satz und Layout :

2exVia - Oberhausbergen

Impression / Druck :

OTT Imprimeurs - Wasselone

Préface

Vorwort

A travers cette publication, le groupe des experts „qualité de l'air“ de la Conférence du Rhin supérieur présente les résultats des cinq années du projet Atmo-rhenA dans le domaine de la coopération transfrontalière. Il marque la continuité d'un travail en commun et d'ébauches de solutions transfrontalières. Ce rapport final fait suite au rapport „Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur « publié en 2000.

De nombreux problèmes environnementaux prennent leur source dans nos comportements individuel et collectif : utilisation intensive des combustibles et carburants fossiles, consommation et loisirs, production industrielle, emprise d'espace pour l'habitat et le transport, etc.

Les discussions deviennent des controverses quand on évoque les effets des changements environnementaux (régionaux, globaux) engendrés par ces évolutions sociétales et économiques.

Les résultats de ce projet – financé avec les moyens du fonds européen pour le développement régional relatif au programme INTERREG III – contribuent à l'amélioration de l'état de l'art dans la compréhension des rapports entre les émissions atmosphériques et la qualité de l'air dans le Rhin supérieur.

Le premier volet du projet consiste en la mise à la disposition du public d'une information sur la qualité de l'air de manière homogène et comparable.

Le second volet réside en un outil permettant de quantifier les effets des émissions de polluants sur la qualité de l'air dans le Rhin supérieur. Cet outil peut ainsi être utilisé comme base pour l'adoption d'objectifs et pour le développement de la politique des transports, de l'énergie et de l'aménagement du territoire en lien avec les objectifs de la politique de protection du climat et de l'environnement dans le Rhin supérieur.

Un des points forts du projet était le développement, sur la base des connaissances et expériences acquises, d'une plate-forme Internet commune pour les données de la qualité de l'air mesurées en continu par les quatre réseaux de mesure des trois pays. Les données de 72 stations de mesure sont actualisées toutes les heures et mises à la disposition d'environ 6 millions d'habitants de l'espace du Rhin supérieur. En outre, la présentation bilingue propose à l'utilisateur un accès à des données historiques et illustre également les évolutions tendancielle et les résultats de mises en œuvre d'actions voire de plans d'actions dans le Rhin supérieur.

Mit dieser Publikation legt der Expertenausschuss Luftreinhaltung der Oberrheinkonferenz die Ergebnisse des 5-jährigen Projektes «Atmo-rhenA» im Bereich der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit vor. Damit wird auch Kontinuität in der Bearbeitung von gemeinsamen Fragestellungen und in der Erarbeitung von grenzüberschreitenden Lösungsansätzen markiert. Dieser Abschlussbericht folgt dem im Jahr 2000 veröffentlichten Bericht «Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein».

Viele der diskutierten Umweltprobleme haben ihre Ursache in unserem persönlichen und gesellschaftlichen Verhalten: intensiver Nutzung von fossilen Brenn- und Treibstoffen, Konsum und, Freizeitaktivitäten, industrieller Produktion, Flächennutzung für Siedlungen und Verkehr, etc.

Kontrovers werden die Diskussionen über die Auswirkungen von Umweltveränderungen (regional, global) durch diese gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklungen geführt.

Die Ergebnisse dieses Projektes – , finanziert mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung an das Programm INTERREG III – leisten einen Beitrag zur Verbesserung des Wissensstands bei den Zusammenhängen zwischen Schadstoffemissionen und Luftqualität im Gebiet des Oberrheins.

Einerseits werden die Informationen zur Luftqualität in einer einheitlichen und vergleichbaren Form dargestellt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Andererseits liegt auch ein Instrument vor, womit die Auswirkungen von Schadstoffemissionen auf die Luftqualität des Oberrheingebiets rechnerisch ermittelt werden können. Dieses Instrument kann daher als neue Grundlage für die Abstimmung der Ziele und Entwicklung der Verkehrs-, Raumnutzungs- und Energiepolitik mit den Zielen der Klima- und Umweltschutzpolitik am Oberrhein eingesetzt werden.

Ausgehend von bisherigen Erkenntnissen und Erfahrungen lag einen der Schwerpunkte dieses Projektes in der Entwicklung einer gemeinsamen Internet-Plattform für die Luftqualitätsdaten, die von vier Institutionen in den drei Ländern regelmässig erhoben werden. Stündlich aktualisiert stehen die Messdaten von 72 Messstationen auf einer Internet-Seite für die rund sechs Millionen Bewohner des Oberrheingebiets zur Verfügung. Die zweisprachige Präsentation bietet dem Besucher zudem Zugang zu historischen Messdaten und dokumentiert zugleich Trendentwicklung und Erfolg von Massnahmen

La deuxième partie du projet se consacre aux simulations quantifiées des mécanismes complexes de transport et de transformation depuis les émissions jusqu'aux concentrations de polluants dans l'air.

Les modèles de simulations ont été validés lors d'une campagne de mesure intensive à laquelle ont participé plusieurs équipes de recherche internationales.

Ces modèles permettent également d'établir des prévisions à court terme de la pollution de l'air et d'améliorer ainsi l'information de la population lors des pics de pollution estivale.

Ce projet Atmo-rhenA a pour devise : « La qualité de l'air ne connaît pas de frontières - l'information non plus ». Les experts espèrent que ces résultats donneront de nouvelles impulsions au développement de stratégies et de dispositions communes pour l'amélioration de la qualité de l'air et de la qualité de vie dans cet espace économique et qu'ainsi cette coopération transfrontalière puisse servir d'exemple pour d'autres régions.

Dr. Roberto Mona

Président du groupe des experts « qualité de l'air »

bzw. Massnahmenpläne im Oberrheingebiet.

Ein zweiter Teil des Projektes befasst sich mit der rechnerischen Simulation der komplexen Umwandlungs- und Transportmechanismen zwischen Schadstoffemissionen und Schadstoffkonzentrationen in der Luft.

Die Validierung der Simulationsmodelle erfolgte während einer intensiven Messkampagne an welcher sich mehrere internationale Messgruppen beteiligten.

Dadurch ist es möglich Prognosen über die kurzzeitige Entwicklung der Luftverschmutzung zu erarbeiten und damit die Information der Bevölkerung während Sommersmogphasen zu verbessern.

Dieses Projekt Atmo-rhenA steht unter dem Motto «Die Luftverschmutzung kennt keine Grenzen – die Information darüber auch nicht mehr». Die Experten erhoffen sich, dass mit diesen Ergebnissen, neue Impulse für die Entwicklung von gemeinsamen Strategien und Massnahmen zur Verbesserung der Luft- und Lebensqualität in diesem Wirtschaftsraum ausgelöst werden und zudem diese grenzüberschreitende Zusammenarbeit als Vorbild für andere Regionen dienen kann.

Dr. Roberto Mona

Vorsitzender des Expertenausschusses Luftreinhaltung

Table des matières

Inhaltsverzeichnis

Préface	4	Vorwort	4
1. Introduction	11	1. Einleitung	11
2. Contexte local et européen	17	2. Lokaler und europäischer Kontext	17
2.1 Le Rhin supérieur propice à la pollution de l'air	18	2.1 Das Oberrheingebiet begünstigt die Luftbelastung	18
2.2 L'air du fossé rhénan	19	2.2 Die Luft im Rheingraben	19
2.3 Un espace urbanisé et industriel	24	2.3 Ein Siedlungs- und Industrieraum	24
2.4 Un réseau de transport structurant dense	24	2.4 Strukturfaktor dichtes Verkehrsnetz	24
2.5 Exposition de la population	26	2.5 Exposition der Bevölkerung	26
2.6 Milieu rural et protection	29	2.6 Ländlicher Raum und dessen Schutz	29
2.7 Le contexte européen des effets de la pollution sur la santé humaine et l'environnement	29	2.7 Die Auswirkungen der Luftbelastung auf die Gesundheit von Mensch und Umwelt im europäischen Zusammenhang	29
2.8 Le projet Atmo-rhenA	31	2.8 Das Projekt Atmo-rhenA	31
3. Système commun d'information	33	3. Gemeinsames Informationssystem	33
3.1 Introduction	34	3.1 Einleitung	34
3.2 Conception et contenu	34	3.2 Konzeption und Inhalte	34
3.2.a Groupes cibles	34	3.2.a Zielgruppen	34
3.2.b Aspect bilingue	35	3.2.b Zweisprachigkeit	35
3.2.c Contenus	35	3.2.c Inhalte	35
3.3 Bases réglementaires	37	3.3 Beurteilungsgrundlagen	37
3.4 Indices de la qualité de l'air dans les pays participants	38	3.4 Luftqualitätsindizes in den beteiligten Ländern	38
3.5 Réseaux de mesure	40	3.5 Messnetze	40
3.5.a Typologie de station	40	3.5.a Stationsklassifizierung	40
3.5.b Panel des composants	41	3.5.b Komponentenspektrum	41
3.6 Représentation spatiale des immissions	42	3.6 Flächenhafte Darstellung von Immissionen	42
3.6.a Procédés pour la représentation spatiale des immissions	42	3.6.a Verfahren zur flächenhaften Darstellung von Immissionen	42
3.6.b Choix des procédés d'interpolation	43	3.6.b Auswahl der Interpolationsverfahren	43
3.6.c Mise en œuvre – Interpolation avec informations complémentaires	45	3.6.c Umsetzung – Interpolation mit Zusatzinformationen	45
3.6.d Choix des programmes	47	3.6.d Programmauswahl	47
3.7 Echange de données	48	3.7 Datenaustausch	48
3.7.a Concept du système d'échange de données (DAS)	48	3.7.a Konzept des Datenaustauschsystems (DAS)	48
3.7.b Transmission de données	49	3.7.b Datenübertragung	49
3.7.c Exploitations sur le système d'échange	50	3.7.c Auswertungen auf dem Austauschsystem	50
3.8 Contenus du site Internet	51	3.8 Inhalte des Internet-angebots	51
3.8.a Représentation	51	3.8.a Darstellung	51

3.8.b	Informations supplémentaires et pages spéciales	56	3.8.b	Zusatzinformationen und Sonderseiten	56
3.8.c	Structure des pages	57	3.8.c	Seitenaufbau	57
3.8.d	Navigation	58	3.8.d	Navigation	58
3.8.e	Adresses en www	59	3.8.e	Adresse im www	59
4.	«EMISS’AIR Atmo-RhenA» la base de données des émissions atmosphériques de l’espace du Rhin supérieur	61	4.	«EMISS’AIR Atmo-RhenA» die Emissiondatenbank für das Oberrheingebiet	61
4.1	Introduction	62	4.1	Einleitung	62
4.2	L’inventaire des émissions atmosphériques : une banque de données commune sur la pollution de l’air	64	4.2	Die Emissionserhebung: eine gemeinsame Datenbank der Luftqualität	64
4.2.a	Des progrès constants depuis près de 15 ans	64	4.2.a	Ständige Fortschritte seit 15 Jahren	64
4.2.b	Un partenariat renforcé pour une base de données transfrontalière	64	4.2.b	Eine verstärkte Partnerschaft für eine grenzüberschreitende Datengrundlage	64
4.2.c	Un outil opérationnel	65	4.2.c	Ein operationelles Werkzeug	65
4.3	L’élaboration de cadastres à résolution horaire	69	4.3	Erstellung von Katastern in stündlicher Auflösung	69
4.3.a	La simulation et la prévision de la qualité de l’air	69	4.3.a	Simulation und Vorhersage der Luftqualität	69
4.3.b	La mise en œuvre d’un outil intégré d’exploitation de l’inventaire pour l’alimentation des modèles de simulation et de prévision	69	4.3.b	Umsetzung eines integrierten Auswertungswerkzeuges der Erhebung zur Versorgung der Simulations- und Vorhersagemodelle	69
4.4	Conclusion	72	4.4	Schlussfolgerung	72
5.	Système commun d’évaluation de la qualité de l’air : mise en place et validation de l’outil de modélisation	73	5.	Gemeinsames Bewertungssystem für die Luftqualität: Einrichtung und Validierung des Modellierungswerkzeugs	73
5.1	Introduction	74	5.1	Einleitung	74
5.2	La plate-forme de modélisation Atmo-rhenA	75	5.2	Die Modellierungsplattform Atmo-rhenA	75
5.2.a	La modélisation de la qualité de l’air	75	5.2.a	Modellierung der Luftqualität	75
5.2.b	Structure de la plate-forme de modélisation	75	5.2.b	Struktur der Modellierungs-plattform	75
5.2.c	Description des modèles utilisés	76	5.2.c	Beschreibung der verwendeten Modelle	76
5.3	Architecture informatique de la plate-forme	79	5.3	EDV-technische Architektur der Plattform	79
5.3.a	Moyens de calcul	79	5.3.a	Rechenprogramme	79
5.3.b	Compilateurs et logiciels	79	5.3.b	Compiler und Software-Programme	79
5.3.c	Stockage des données	79	5.3.c	Speicherung der Daten	79
5.4	Mode prévision, mode simulation	80	5.4	Vorhersagemodus und Simulationsmodus	80
5.4.a	Prévisions quotidiennes	80	5.4.a	Tägliche Vorhersagen	80
5.4.b	Mode étude	80	5.4.b	Analyse-Modus	80

5.5	Campagne de mesure et validation des modèles	81	5.5	Messkampagne und validierung der Modelle	81
5.5.a	Objectifs de la campagne de mesure et dispositif mis en place	81	5.5.a	Zweck der Messkampagne und Messanordnung	81
5.5.b	Bilan de la campagne	84	5.5.b	Bilanz der Kampagne	84
5.6	Mise en place du modèle météorologique	95	5.6	Einrichtung des meteorologischen Modells	95
5.6.a	Optimisation de la configuration d'utilisation du modèle météorologique	95	5.6.a	Optimierte Konfiguration für die Nutzung des meteorologischen Modells	95
5.6.b	Champs de vent	95	5.6.b	Windfelder	95
5.7	Mise en place du modèle de chimie	98	5.7	Einrichtung des Chemiemodells	98
5.7.a	Optimisation du calcul des émissions biotiques	98	5.7.a	Optimierte Berechnung der biogenen Emissionen	98
5.7.b	Ozone	99	5.7.b	Ozon	99
5.7.c	Oxydes d'azote	101	5.7.c	Stickoxide	101
5.7.d	Composés organiques volatils	102	5.7.d	Leichtflüchtige organische Verbindungen	102
5.7.e	Fréquence de photolyse de NO ₂ (JNO ₂)	103	5.7.e	Photolyse-Frequenz des NO ₂ (JNO ₂)	103
5.7.f	Vitesse de production d'ozone (PO ₃)	103	5.7.f	Produktionsgeschwindigkeit des Ozons (PO ₃)	103
5.8	Prévisions quotidiennes de qualité de l'air par Atmo-rhenA	104	5.8	Tägliche Vorhersagen der Luftqualität durch Atmo-rhenA	104
5.9	Conclusion	106	5.9	Schlussfolgerung	106
6.	Origine de l'ozone dans la vallée du Rhin supérieur	109	6.	Ursprung des Ozons im Oberrheingebiet	109
6.1	Introduction	110	6.1	Einleitung	110
6.2	Première approche des variations de l'ozone	111	6.2	Erstes Herangehen an Ozonschwankungen	111
6.3	Parts respectives des deux familles de précurseurs : les régimes de production d'ozone	115	6.3	Jeweiliger Anteil der beiden Familien von Vorläufersubstanzen : die Ozonproduktionssysteme	115
6.4	Ozone local et ozone importé : contribution des émissions locales d'origine anthropique et biotique dans le Rhin supérieur	120	6.4	Lokales und herantransportiertes Ozon: Beitrag der lokalen Emissionen anthropogenen und biogenen Ursprungs im Oberrheingebiet	120
6.5	Potentiel de formation d'ozone par ses différents précurseurs	125	6.5	Ozonbildungspotenzial aus verschiedenen Ozonvorläufersubstanzen	125
6.6	Conclusion	127	6.6	Schlussfolgerung	127
7.	Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur	129	7.	Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet	129
7.1	Introduction	130	7.1	Einleitung	130
7.2	Court terme : impact des mesures d'urgence	132	7.2	Kurzfristige Szenarien: Sofortmaßnahmen und ihre Wirkung	132
7.2.a	Scénarios d'émissions	132	7.2.a	Emissionsszenarien	132
7.2.b	Impact sur les maxima d'ozone	139	7.2.b	Auswirkungen auf die Ozonspitzenwerte	139
7.2.c	Impact sur les dépassements de seuil	142	7.2.c	Auswirkungen auf die Schwellenwertüberschreitungen	142
7.3	Long terme : impact de la politique de qualité de l'air à l'horizon 2020	145	7.3	Langfristige Auswirkungen der Luftreinhaltungspolitik bis 2020	145
7.3.a	Scénarios d'émissions	145	7.3.a	Emissionsszenarien	145
7.3.b	Impact sur les maxima d'ozone	147	7.3.b	Auswirkungen auf die Ozonspitzenwerte	147
7.3.c	Impact sur les dépassements de seuil	149	7.3.c	Auswirkungen auf die Schwellenwertüberschreitungen	149
7.3.d	Part locale et part du fond	150	7.3.d	Lokaler Anteil und Hintergrundanteil	150

7.4	Conclusion	152	7.4	Schlussfolgerung	152
7.4.a	Premiers enseignements sur l'impact des mesures d'urgence	152	7.4.a	Erste Erkenntnisse zu den Wirkungen der Sofortmaßnahmen	152
7.4.b	Premiers enseignements sur l'impact des mesures à long terme	153	7.4.b	Erste Erkenntnisse von langfristigen Maßnahmen	153
8 .	Conclusions et perspectives	155	8 .	Schlussfolgerungen und Perspektiven	155
8.1	Connaître la qualité de l'air en direct pour l'ensemble du Rhin supérieur	156	8.1	Aktuelle Information über die Luftqualität im gesamten Oberrheingebiet	156
8.2	Simuler la qualité de l'air du Rhin supérieur	157	8.2	Simulation der Luftqualität im Oberrheingebiet	157
8.2.a	Des outils pour l'inventaire commun des émissions	157	8.2.a	Hilfsprogramme für gemeinsame Emissionserhebungen	157
8.2.b	Des outils pour la modélisation commune des immissions	158	8.2.b	Hilfsprogramme für die gemeinsame Modellierung der Immissionen	158
8.2.c	Des enseignements sur les marges de réduction de la pollution	158	8.2.c	Erkenntnisse zu den Minderungspotentialen der Luftbelastung	158
8.2.d	La simulation de mesures d'urgence	159	8.2.d	Simulation von Sofortmaßnahmen	159
8.2.e	La simulation de la qualité de l'air à l'horizon 2020	160	8.2.e	Simulation der Luftqualität bis zum Jahr 2020	160
8.3	Prévoir la pollution pour le lendemain	161	8.3	Vorhersage der Luftbelastung für den Folgetag	161
8.4	Ampleur de la pollution par l'ozone	162	8.4	Tragweite der Ozonbelastung	162
8.5	Complexité de la photochimie et inertie de la problématique air et initiatives locales	162	8.5	Komplexität der Photochemie grenzübergreifende und lokale Maßnahmen, zeitliche Horizonte und mögliche Hemmnisse	162
8.6	Perspectives	164	8.6	Ausblick	164
8.7	Signe et instrument d'une communauté transfrontalière vivante	166	8.7	Zeichen und Instrument einer lebendigen grenzübergreifenden Gemeinschaft	166
9 .	Bibliographie	168	9 .	Literatur und Quellen	168

Introduction Einleitung

1 Introduction Einleitung

Entre les massifs montagneux des Vosges et de la Forêt Noire, la pollution de l'air ne connaît pas de frontière naturelle. Sa surveillance et sa gestion sont néanmoins historiquement soumises à des limites administratives entre la France, l'Allemagne et la Suisse.

Dans cet espace du Rhin supérieur englobant le Nord-Ouest de la Suisse, le Pays de Bade, l'Alsace et l'extrême Sud du Palatinat, la coopération transfrontalière œuvre depuis longtemps pour que le fleuve éponyme devienne un lien plutôt qu'une frontière. Des «ponts» ont ainsi été établis dans le domaine économique, social, culturel et aussi environnemental dont celui de la qualité de l'air.

Issus d'une convention inter-gouvernementale franco-germano suisse d'octobre 1975, les comités bipartites et tripartites, transformés en 1991 en Conférence du Rhin Supérieur, ont grandement contribué à cette coopération, notamment à travers le groupe transfrontalier d'experts «qualité de l'air».

C'est au sein de ce groupe d'experts que sont nés trois projets successifs ayant bénéficié de fonds européens INTERREG.

Dans le cadre du programme européen INTERREG I, les premiers bilans conjoints de qualité de l'air et des émissions élaborés de part et d'autre du Rhin, ont débouché en 1995 sur l'élaboration d'un plan de protection atmosphérique sur la zone Strasbourg / Ortenau (INTERREG I, 1995).

En 1998/2000, le projet INTERREG II intitulé « Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur », a permis la mise en place de cadastres des émissions et des immissions, suivis d'une analyse des causes (INTERREG II, 2000). Le projet avait confirmé l'intérêt de la prise en compte d'un espace régional transfrontalier pour une bonne compréhension des paramètres déterminant la qualité de l'air.

En 2001, le groupe d'experts qualité de l'air de la Conférence du Rhin Supérieur (voir encadré) a souhaité y donner une suite en déposant une proposition de projet INTERREG III intitulé «Système commun d'évaluation et d'information sur la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur» et baptisé Atmo-rhenA.

Zwischen den Gebirgsmassiven der Vogesen und des Schwarzwalds gibt es keine natürlichen Grenzen für die Luftbelastung; deren Überwachung und Handhabung behindern jedoch historisch gewachsene Verwaltungsgrenzen zwischen Frankreich, Deutschland und der Schweiz.

Im Oberrheingebiet, das den Nordwesten der Schweiz, das Badener Land, das Elsass und die Südspitze der Pfalz umfasst, ist die grenzübergreifende Zusammenarbeit schon lange bestrebt, dafür zu sorgen, dass das Oberrheingebiet, dem der Rhein seinen Namen gegeben hat, von einer Grenze zu einem Bindeglied wird. So sind in den Bereichen Wirtschaft, Soziales, Kultur und Umwelt „Brücken“ entstanden. Eine dieser Brücken ist die Luftqualität.

Den Anfang bildeten aufgrund einer zwischenstaatlichen Vereinbarung zwischen Deutschland, der Schweiz und Frankreich vom Oktober 1975 die zwei- und dreiseitigen Ausschüsse. Sie gingen 1991 in der Oberrhein-Konferenz auf, die insbesondere über den grenzübergreifenden Expertenausschuss „Luftreinhaltung“ stark zu dieser Kooperation beigetragen hat. Von diesem Expertenausschuss gingen drei aufeinander folgende Projekte aus, die jeweils mit INTERREG-Mitteln gefördert wurden.

Die ersten gemeinsamen Emissions- und Luftqualitätsuntersuchungen auf beiden Seiten des Rheins im Rahmen des europäischen Programms INTERREG I ermöglichten im Jahre 1995 die Ausarbeitung des Luftreinhaltungsplans für Straßburg und die Ortenau (INTERREG I, 1995).

In den Jahren 1998-2000 mündete das Programm INTERREG II „Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein“ in den Aufbau von Emissions- und Immissionskatastern sowie in eine Ursachenanalyse der Luftbelastung ein (INTERREG II, 2000). Dieses Projekt bestätigte, wie wichtig die Berücksichtigung des regionalen grenzübergreifenden Raums für ein besseres Verständnis der bestimmenden Parameter der Luftqualität ist.

2001 wollte der Expertenausschuss „Luftreinhaltung“ der Oberrheinkonferenz (siehe Exkurs) die Arbeiten fortführen und reichte einen INTERREG III-Projektvorschlag mit dem Titel «Gemeinsames Informations- und Bewertungssystem über die Luftqualität im Oberrheingebiet» ein, das den Namen Atmo-rhenA bekam.

Ce projet visait :

- La mise en place d'une information permanente commune sur la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur. Cela s'est traduit par la mise en place d'une base de données uniformisée, alimentée en continu et consultable sur le site Internet **www.atmo-rhinsuperieur.net / www.atmo-rhena.net**

La genèse de ce système d'information est présentée dans la première partie de ce rapport.

- L'amélioration de la compréhension des phénomènes de pollution par l'ozone dans l'espace du Rhin supérieur, notamment via l'utilisation d'outils de modélisation. La seconde partie de ce rapport décrit les étapes successives nécessaires à l'atteinte de cet objectif :

- la réalisation d'un inventaire commun des émissions atmosphériques décliné en cadastres horaires d'émissions, propres à chacun des épisodes de pollution étudiés,
- la mise en place d'une plate-forme de modélisation et son calage à l'aide des données d'une vaste campagne de mesure centrée sur l'ozone et ses polluants précurseurs,
- la simulation de pollution par l'ozone à partir de scénarios de mesures d'urgence et de scénarios à l'horizon 2020.

Accepté et suivi par les programmes d'actions INTERREG III PAMINA et Rhin supérieur Centre Sud, le projet Atmo-rhenA a été réalisé entre septembre 2001 et décembre 2006. Ce rapport public du projet Atmo-rhenA s'appuie sur plusieurs rapports techniques cités spécifiquement dans les références.

Ce rapport commence par rappeler brièvement le contexte du projet à savoir une pollution de l'air sans frontière, nocive pour la santé et l'environnement dans un espace géographique commun dense par sa population, ses activités humaines et son trafic routier.

Dieses Projekt strebte an:

- Die Errichtung eines gemeinsamen ständigen Informationssystems über die Luftqualität im Oberrheingebiet. In der Folge wurde eine vereinheitlichte Datenbasis eingerichtet, die fortlaufend ergänzt wird und über die Internet-Seite **www.luft-am-oberrhein.net / www.atmo-rhena.net** eingesehen werden kann. Der erste Teil dieses Berichts beschreibt die Entstehung dieses Informationssystems.

- Die Verbesserung des Verständnisses der an der Luftbelastung durch Ozon im Oberrheingebiet beteiligten Prozesse, insbesondere durch die Verwendung von Modellierungswerkzeugs. Der zweite Teil dieses Berichts beschreibt die aufeinander folgenden Etappen, mit denen dieses Ziel erreicht werden konnte:

- Ausarbeitung einer gemeinsamen Bestands-erhebung über die Luftemissionen, die aus stündlichen Emissionen für jede einzelne der untersuchten Episoden hoher Belastungen hergeleitet wurden;
- Einrichten einer Modellierungsplattform, die mit Hilfe der Daten aus einer breit angelegten Messkampagne skaliert wird, bei der gezielt Ozon und seine Vorläufersubstanzen gemessen wurden;
- Simulation der Ozonbelastung nach Szenarien von Sofortmaßnahmen und für den Zeitraum bis 2020.

Nach der Genehmigung und Weiterverfolgung im Zuge der Aktionsprogramme INTERREG III PAMINA und Oberrhein Mitte-Süd wurde das Projekt Atmo-rhenA von September 2001 bis Dezember 2006 umgesetzt. Dieser öffentliche Bericht über das Projekt Atmo-rhenA stützt sich auf mehrere technische Berichte, die im Literaturverzeichnis aufgeführt sind.

Dieser Bericht beschreibt zunächst kurz den Kontext dieses Projekts, nämlich die gesundheits- und umweltschädliche grenzüberschreitende Luftbelastung in einem gemeinsamen geographischen Raum, der sich durch die Dichte seiner Bevölkerung, der menschlichen Aktivitäten und der Straßenverkehrsströme auszeichnet.

Le groupe d'experts qualité de l'air de la Conférence du Rhin Supérieur Der Expertenausschuss „Luftreinhaltung“ der Oberrheinkonferenz

Hormis les projets INTERREG I, II et III réalisés sur la qualité de l'air dans le cadre de la conférence du Rhin Supérieur, le groupe d'experts qualité de l'air a bon nombre d'autres mandats en s'intéressant en particulier aux planifications d'amélioration de la qualité de l'air spécifiques à chaque pays, et récemment à la gestion des épisodes hivernaux de particules en suspension et à celle des épisodes estivaux de la pollution photochimique par l'ozone.

Neben den INTERREG I-, II- und III-Projekten zur Luftqualität im Rahmen der Oberrheinkonferenz hat der Expertenausschuss „Luftreinhaltung“ noch eine Reihe weiterer Mandate zu erfüllen, die insbesondere die Planungen zur speziellen Verbesserung der Luftqualität der jeweiligen Länder und jüngst die Handhabung der winterlichen Schwebstaubepisoden und der sommerlichen photochemischen Ozonepisoden zum Gegenstand haben.

UM - Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg

MUF - Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz

DRIRE Alsace - Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement

Région Alsace

Regierungspräsidium Freiburg

LFUG - Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

LHA - Lufthygieneamt beider Basel

LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

ASPA - Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace

DEUTSCH-FRANZÖSISCH-
SCHWEIZERISCHE
OBERRHEINKONFERENZ



CONFERENCE
FRANCO-GERMANO-SUISSE
DU RHIN SUPERIEUR

Délimitation géographique de l'espace du Rhin supérieur et du domaine d'étude

Geographische Abgrenzung des Oberrheins und des Untersuchungsgebiets

L'espace dit «du Rhin supérieur» regroupe

en Allemagne :

- dans le Land de Bade-Wurtemberg : les régions Mittlerer Oberrhein, Südlicher Oberrhein et les Landkreise Lörrach et Waldshut ;

- dans le Land de Rhénanie-Palatinat : dans la région Palatinat rhénan, l'espace Palatinat-Sud avec les Landkreise Südliche Weinstraße et Germersheim ainsi que la ville indépendante de Landau in der Pfalz ; et dans la région Palatinat-Ouest les groupements communaux de Dahner Felsenland et Hauenstein ;

en France :

la Région Alsace (départements du Bas-Rhin et du Haut-Rhin) ;

en Suisse :

les cantons de Bâle-Ville, Bâle-Campagne, Argovie, Jura et Soleure.

Pour le sujet de ce projet INTERREG III relatif à la pollution de l'air, le domaine d'étude a pris en compte au Nord les émissions atmosphériques de la conurbation Ludwigshafen (Rhénanie Palatinat) / Mannheim (Bade-Wurtemberg) et la partie suisse ne comprend que les cantons de Bâle ville et Bâle Campagne.

Das sogenannte « Oberrheingebiet » umfasst

in Deutschland:

- im Bundesland Baden-Württemberg die Regionen Mittlerer Oberrhein, Südlicher Oberrhein und die Landkreise Lörrach und Waldshut;

- im Bundesland Rheinland-Pfalz: in der Region Rheinpfalz die Südpfalz mit den Landkreisen Südliche Weinstraße und Germersheim sowie die kreisfreie Stadt Landau in der Pfalz und in der Region Westpfalz die Verbandsgemeinden Dahner Felsenland und Hauenstein;

in Frankreich:

die Region Elsass (Departements Bas-Rhin und Haut-Rhin);

in der Schweiz:

die Kantone Basel-Stadt, Basel-Land, Aargau, Jura und Solothurn.

Für Zwecke des INTERREG III-Projekts zur Luftbelastung umfasst der Untersuchungsbereich im Norden auch die Luftschadstoffemissionen des Ballungsraums Ludwigshafen (Rheinland-Pfalz) / Mannheim (Baden-Württemberg); der schweizerische Teil umfasst nur die Kantone Basel-Stadt und Basel-Land.



■ Illustration 1-1 :
Espace de la Conférence du Rhin supérieur
© Conférence du Rhin Supérieur

■ Abbildung 1-1:
Mandatsgebiet der Oberrheinkonferenz
© EA „Kartographie“- Oberrheinkonferenz

Contexte local et européen

Lokaler und europäischer
Kontext



2

Contexte local et européen Lokaler und europäischer Kontext

2.1

Le Rhin supérieur propice à la pollution de l'air Das Oberrheingebiet begünstigt die Luftbelastung

Il y a une cinquantaine de millions d'années, le surgissement des Alpes a ébranlé les reliefs européens bien au-delà de la zone d'orogénèse. Le Jura se plissait et son flanc Nord se rehaussait avant de s'effondrer en son centre, 15 à 25 millions d'années plus tard : entre Vosges et Forêt Noire, vestiges d'une montagne unique, le Rhin prit alors ses aises en coulant tantôt vers le Danube et la Mer Noire, tantôt vers la Méditerranée, avant de trouver définitivement le chemin de la Mer du Nord. Le Kaiserstuhl, volcan éteint aujourd'hui couvert de vignes, fait mémoire du volcanisme connexe à ces mouvements tectoniques et apporta sans doute les premières perturbations... atmosphériques de l'espace du Rhin supérieur (illustration 2.1-1).

Vor fünfzig Millionen Jahren erschütterte die Entstehung der Alpen die europäischen Gebirgsformationen weit über die Orogenese-Zone hinaus. Der Jura faltete sich auf, seine Nordflanke hob sich zuerst an, bevor sie 15 bis 25 Millionen Jahre später mittig einbrach. Zwischen den Vogesen und dem Schwarzwald, den Überresten eines einst durchgehenden Gebirges, machte sich der Rhein breit, floss bald in Richtung Donau und Schwarzem Meer, bald Richtung Mittelmeer, bevor er sich endgültig seinen Weg zur Nordsee bahnte. Der heute von Weinbergen bedeckte erloschene Vulkan Kaiserstuhl erinnert an den Vulkanismus, der in Zusammenhang mit diesen tektonischen Bewegungen entstand und wohl... die ersten Luftbelastungen im heutigen Oberrheingebiet verursachte (Abbildung 2.1-1).



■ Illustration 2.1-1 :
Occupation du sol (CLC, 2000)

■ Abbildung 2.1-1:
Landnutzung (CLC, 2000)

Il y a 6000 ans, les hommes sont venus s'y installer et s'y sont plu, malgré les vicissitudes des crues ou des guerres qui redessinaient là le tracé du Rhin et là celui de la frontière. En plein essor démographique et industriel du 19^e siècle, le tracé du Rhin (corrigé par Tulla à partir de 1840) se figeait et au milieu du 20^e siècle celui de la frontière.

De Bâle à Karlsruhe en passant par Mulhouse, Fribourg et Strasbourg, la vitalité industrielle régnant dans ces agglomérations du Rhin supérieur n'a pas, dans la première moitié du 20^e siècle, échappé à son corollaire de pollution atmosphérique, mais la grande histoire de la pollution de l'air retiendra surtout la catastrophe voisine de la vallée de la Meuse en 1930 ou encore, bien plus en aval, les pics de pollution dans la région industrielle de la Ruhr.

Les grands chantiers d'assainissement de l'air engagés en Europe occidentale au cours de la deuxième moitié du 20^e siècle ont touché le fossé rhénan principalement à travers les politiques environnementales nationales, avec une convergence progressive (pour l'Alsace, le Bade-Wurtemberg et la Rhénanie Palatinat) de par la mise en oeuvre graduelle de la politique commune de l'Union européenne. Ces politiques de gestion de la pollution atmosphérique ont été accompagnées par une coopération transfrontalière soucieuse de prendre en compte les particularités locales à la fois de nature physiques, économiques, sociales et culturelles.

Vor 6000 Jahren ließen sich trotz aller mit Hochwassern und Kriegen verbundenen Unwägbarkeiten Menschen dort nieder. Der Verlauf des Rheins und der der Grenze wechselten mehrmals. Mitten in der aufstrebenden demografischen und industriellen Entwicklung des 19. Jahrhunderts wurde der jetzige Verlauf des Rheins durch Tulla festgelegt. Mitte des 20. Jahrhunderts war auch der jetzige Grenzverlauf geregelt.

In den Ballungsräumen des Oberrheingebiets von Basel, Mülhausen, Freiburg und Straßburg bis Karlsruhe pulsierte in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts das industrielle Leben; so blieben dem Oberrheingebiet hohe Luftbelastungen nicht erspart, aber Katastrophen, wie die Katastrophe im benachbarten Maas-Tal 1930 und die sehr hohen Belastungen im Ruhrgebiet.

Die großen Luftsanierungsprogramme, die in Westeuropa in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts angegangen wurden, betrafen das Oberrheingebiet insbesondere über die nationalen Umweltprogramme, wobei die gemeinsamen Programme der Europäischen Union (für das Elsass, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz) mit der Zeit immer konvergenter umgesetzt wurden. Begleitet waren diese Maßnahmen zur Bekämpfung der Luftverunreinigung von einer grenzübergreifenden Kooperation, die bestrebt war, den lokalen Besonderheiten physischer, wirtschaftlicher, sozialer und kultureller Natur gleichwertig Rechnung zu tragen.

2.2 L'air du fossé rhénan Die Luft im Rheingraben

L'unité géographique que forme l'espace du Rhin supérieur est sur le plan physique à la fois une cuvette et un couloir. Par temps stable avec ou sans brouillard, les épaulements que forment les massifs montagneux des Vosges et de la Forêt Noire favorisent la stagnation des masses d'air et par là-même celle de la pollution émise localement. Ce phénomène est exacerbé lorsque le gradient vertical habituel de la température (baisse de 0,6 °C par 100 m d'altitude) est inversé. C'est le cas notamment en hiver, lorsque les sommets des massifs sont au soleil et la plaine dans le brouillard (illustration 2.2-1).



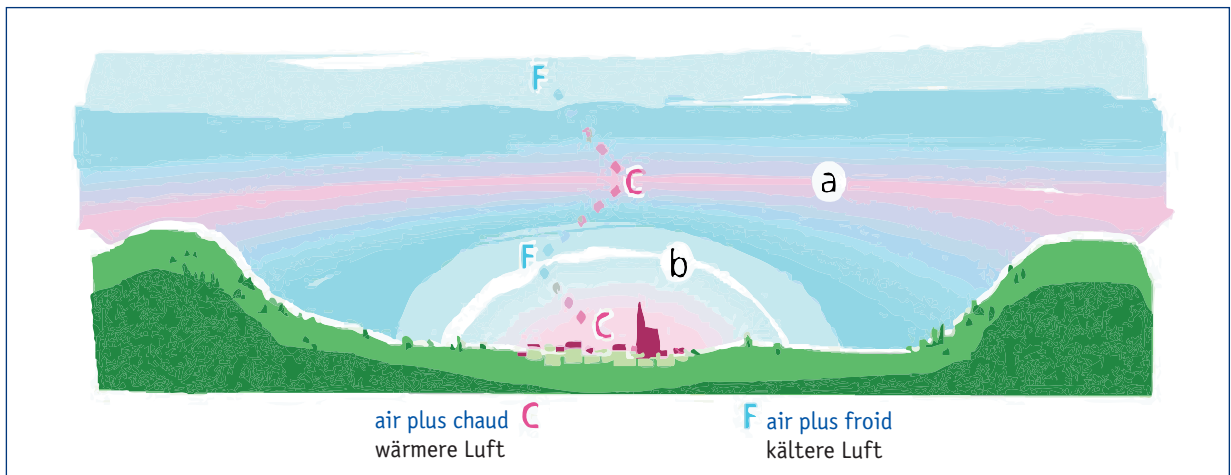
Das Oberrheingebiet bildet eine geographische Einheit. In physikalischer Hinsicht ist es ein Graben bzw. Luftkorridor. Bei stabilem Wetter mit oder ohne Nebel begünstigen die Gebirgshöhen der Vogesen und des Schwarzwalds, dass die Luftmassen stagnieren und sich so lokal Verunreinigungen ansammeln können. Dies wird noch verstärkt, wenn der gewöhnlich vertikale Temperaturgradient (Abfall um 0,6 °C je 100 Höhenmeter) sich umkehrt, was besonders im Winter vorkommt, wenn die Gipfel der Gebirge in der Sonne, die Ebenen jedoch im Nebel liegen (Abbildung 2.2-1).

■ Illustration 2.2-1 :
Mer de brouillard (Vosges)

■ Abbildung 2.2-1:
Nebelmeer (Vogesen)

Le fait que les agglomérations soient plus chaudes (production d'énergie et inertie thermique) crée sous l'inversion de température un dôme de pollution urbaine dans lequel l'air se brasse sans pouvoir s'échapper (illustration 2.2-2). Le dernier grand épisode de pollution avec forte inversion de température a eu lieu en janvier 1997 avec prédominance de pollution azotée (NO_2) et particulaire (PM_{10}) principalement attribuable au trafic routier.

Dadurch, dass Ballungsräume wärmer sind (Wärmeproduktion und Wärmespeicher), entsteht bei Inversionswetterlagen über den Städten eine Smogglücke, innerhalb derer die Luft vermischt wird, aber nicht entweichen kann (Abbildung 2.2-2). Eine große Luftbelastungsepisodemit starker Temperaturinversion trat z.B. im Januar 1997 auf; die Luftbelastung war vorwiegend stickstoffoxid- (NO_2) und partikelbedingt (PM_{10}) und stammte überwiegend aus dem Straßenverkehr.



■ Illustration 2.2-2 :
L'échelle urbaine et son dôme de pollution

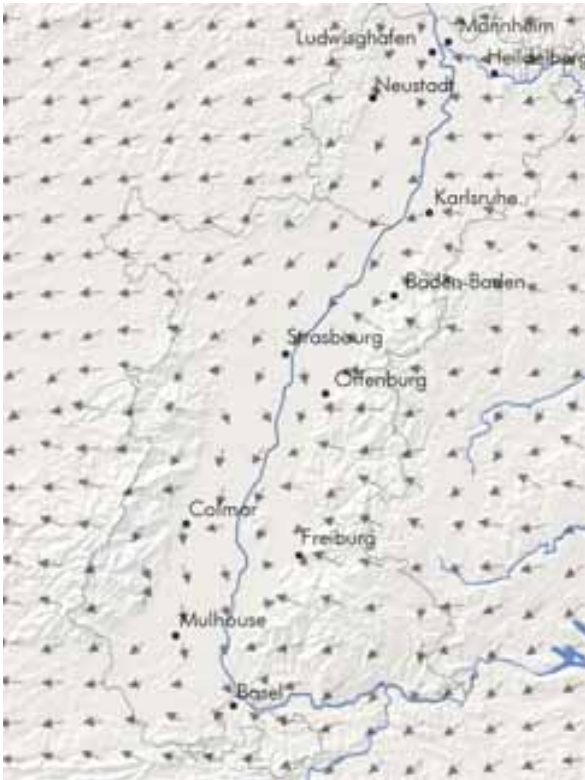
■ Abbildung 2.2-2:
Smogglücke über einer Stadt

A ce phénomène d'encaissement s'ajoute celui de la canalisation des masses d'air selon les deux directions de l'axe de la plaine : Sud Ouest et Nord Est (illustration 2.2-3). Cette quasi-permanence de vent de l'une ou l'autre de ces deux directions conditionne fortement à l'échelle régionale les transports de pollution et à l'échelle locale les impacts des panaches (y compris d'odeurs) sous le vent d'une industrie, d'un axe routier voire d'une grande agglomération. A l'échelle interrégionale voire continentale, ce couloir rhénan est emprunté par des masses d'air pollué d'origine plus lointaine. Le dernier grand épisode de transport à longue distance de pollution soufrée date de janvier 1987 avec une masse d'air transfrontalière fortement chargée en SO_2 (principalement d'origine industrielle) en provenance d'Europe de l'Est.

En marge de ces deux conséquences principales du relief, la morphologie des massifs montagneux génère des vents de vallées ascendants le jour et descendants la nuit, susceptibles de créer des mouvements spécifiques de masses d'air dont il faut tenir compte pour la dispersion comme la propagation d'émissions atmosphériques locales.

Der Graben bewirkt die Umlenkung der Luftmassen entlang der Grabenachse, so dass je nach großräumiger Anströmung Winde aus Südwest bzw. Nordost vorherrschen (Abbildung 2.2-3). Die Tatsache, dass der Wind meist aus einer dieser beiden Richtungen weht, bedingt auf regionaler Ebene, dass die Luftschadstoffe in diese Richtungen transportiert werden, und auf lokaler Ebene, dass die Zusammensetzung der Luftmassen (einschließlich der Gerüche) geprägt ist von lokalen Emissionen sowie den Emissionen der Industrie, der Verkehrswege und der Ballungsräume, die sie je nach Windrichtung überquert haben. Bei interregionaler beziehungsweise kontinentaler Betrachtung wird der Rheingraben außerdem von verschmutzten Luftmassen aus weiterer Ferne durchströmt. Die letzte große Episode, bei der schwefelbelastete Luftmassen über große Entfernung transportiert wurden, fand im Januar 1987 statt, als stark SO_2 -haltige Luftmassen (hauptsächlich aus Industriequellen) aus Osteuropa herangeführt wurden.

Neben diesen beiden Hauptkonsequenzen der Gebirgsformationen entstehen aufgrund der Orographie tagsüber aufsteigende und nachts abwärts gerichtete Winde; sie können lokale spezifische Luftmassenbewegungen erzeugen, die im Hinblick auf Ausbreitung und Transport der örtlichen Luftemissionen berücksichtigt werden müssen.



■ Illustration 2.2-3 :
Les deux directions dominantes des vents dans la vallée du Rhin supérieur (Atmo-rhenA)



■ Abbildung 2.2-3:
Die beiden vorherrschenden Windrichtungen im Oberrheintal (Atmo-rhenA)

Un autre phénomène qui pourrait être qualifié de «chaudron rhénan» privilégie une pollution de notre temps : la pollution estivale par l’ozone. En effet, le vaste programme de recherche franco germano suisse REKLIP a montré que le caractère semi-continental du climat de l’espace du Rhin supérieur est accentué par la configuration topographique favorable à la stagnation des masses d’air (REKLIP, 1995). Le beau temps chaud et ensoleillé va favoriser en basse atmosphère la formation d’ozone à partir des précurseurs que sont les oxydes d’azote et les composés organiques volatils.

C’est ce dernier phénomène qui a été plus particulièrement étudié dans le deuxième volet de ce projet Atmo-rhenA en se posant les questions suivantes :

- quelle part de l’ozone est produite localement par rapport à des apports de longues distances ?
- et surtout quelles actions de réduction des émissions atmosphériques à long terme (voire à court terme, lors des pics d’ozone) permettraient de réduire cette pollution de façon significative ?

Les quantités de pollution émises dans le Rhin supérieur résultent principalement des activités humaines faisant du Rhin supérieur un espace urbanisé, industriel et agricole, disposant d’un réseau de transport dense emprunté par du trafic de transit européen.

Ein weiteres Phänomen des Rheingrabens ist, dass er die typische Luftbelastung unserer Zeit, die sommerliche Ozonbelastung begünstigt. Ein breit angelegtes französisch - deutsch - schweizerisches Forschungsprogramm mit Namen REKLIP hat gezeigt, dass das halbkontinentale Klima im Oberrheingebiet durch die topographische Konfiguration, die die Stagnation der Luftmassen begünstigt, noch verstärkt wird (REKLIP, 1995). Schönes, sonniges und warmes Wetter fördert in der unteren Atmosphäre die Entstehung von Ozon aus seinen Vorläufersubstanzen, den Stickoxiden und den flüchtigen organischen Verbindungen.

Das letztgenannte Phänomen wurde im zweiten Teil des Berichts des Projekts Atmo-rhenA genauer untersucht. Die Fragestellungen lauten dort:

- Welcher Ozon-Anteil wird lokal produziert, und wie groß ist der Anteil des Ozoneintrags über weite Entfernungen?
- Welche langfristigen (und im Fall von Ozonspitzenwerten welche kurzfristigen) Maßnahmen sind geeignet, einen signifikanten Rückgang der Belastung herbeizuführen?

Die emittierten Schadstoffmengen sind in erster Linie durch die menschlichen Aktivitäten bedingt, aufgrund derer das Oberrheingebiet ein durch Siedlungstätigkeit, Industrie und Landwirtschaft geprägter Raum mit einem dichten Verkehrsnetz geworden ist, durch das sich europäische Transitwege ziehen.

Les grandes tendances

Die wichtigsten Tendenzen

L'évaluation de la qualité de l'air repose sur une comparaison des concentrations de polluants mesurées dans l'air ambiant avec des valeurs réglementaires de référence. Ces valeurs sont des indicateurs représentatifs soit d'un fond moyen de pollution, soit de pic de pollution.

Le fond moyen de pollution correspond à des niveaux de polluants dans l'air sur des périodes de temps relativement longues et s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année, auxquelles la population est exposée.

Le pic de pollution reflète des variations de concentrations de polluants sur des périodes de temps courtes et s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure. Cette notion de pic de pollution recouvre celle de dépassement de seuils d'information ou d'alerte.

L'évolution des niveaux de dioxyde de soufre (SO_2), principalement d'origine industrielle, rend compte pour ce polluant d'un assainissement incontestable pour le fond de pollution comme pour les épisodes, hormis quelques pics localisés et ponctuels sous le vent d'installations industrielles (illustration 2.2-4).

En revanche, sans franche tendance à la baisse, la pollution par le dioxyde d'azote (NO_2) (illustration 2.2-6), et par les particules (PM_{10}) (illustration 2.2-5), principalement issue du trafic routier, montre que nombre de niveaux moyens observés restent au-dessus des valeurs limites européennes et que l'espace du Rhin supérieur n'est pas, pour ces composés, à l'abri d'épisodes de pollution lors de situation d'inversion de température.

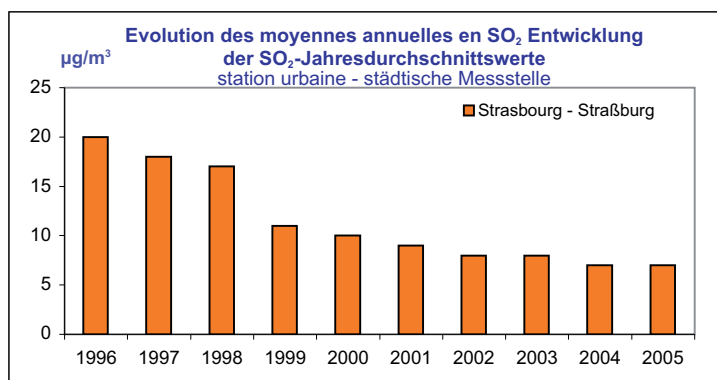
Die Luftqualität wird durch das Verhältnis zwischen den gemessenen Schadstoffkonzentrationen in der Umgebungsluft und den gesetzlichen Referenzwerten bewertet. Diese Werte sind repräsentative Größen entweder für die mittlere Belastung oder für die Belastungshöchstwerte.

Die mittlere Belastung entspricht den Schadstoffwerten in der Luft über verhältnismäßig lange Zeiträume und wird im allgemeinen in einer mittleren Konzentration pro Jahr angegeben, der die Bevölkerung im Mittel ausgesetzt ist.

Ein Belastungshöchstwert gibt die Schadstoffkonzentrationen über kürzere Zeiträume wieder und wird im allgemeinen in mittleren Konzentrationen pro Tag oder pro Stunde angegeben. Begrifflich hängt der Begriff Schadstoffhöchstwert mit der Überschreitung von Schwellenwerten (Schwellenwert zur Unterrichtung der Bevölkerung oder Alarmschwelle) zusammen.

Die Entwicklung der hauptsächlich industrieverursachten SO_2 -Werte (Schwefeldioxid) zeigt bei den Jahresmittelwerten ebenso eine deutliche Abnahme wie bei den Höchstwerten mit Ausnahme örtlicher und punktueller Spitzenwerte im Lee von Industrieanlagen (Abbildung 2.2-4).

Bei der hauptsächlich durch den Straßenverkehrsverursachten Luftbelastung durch Stickstoffdioxid (NO_2) (Abbildung 2.2-6) und Partikel (PM_{10}) (Abbildung 2.2-5) gibt es keine eindeutige Tendenz. Die Durchschnittswerte liegen häufig über den europäischen Grenzwerten, und im Oberrheingebiet kommt es immer wieder zu Episoden mit NO_2 - und Partikelbelastungen bei Inversionswetterlagen.



■ Illustration 2.2-4 :
Evolution des moyennes annuelles en SO_2

■ Abbildung 2.2-4:
Entwicklung der SO_2 -Jahresdurchschnittswerte

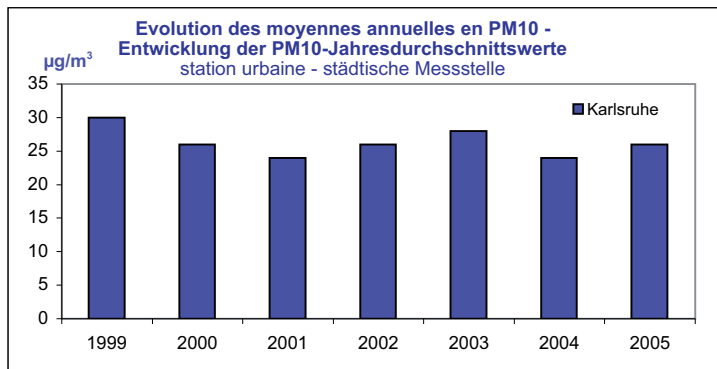
La pollution par l'ozone revêt deux aspects : une pollution de fond perceptible notamment en montagne et la survenue de pics de pollution.

Mis à part 2003, année de la canicule, le fond annuel d'ozone O_3 (moyenne annuelle et moyenne sur 8 heures) reste stable depuis 1998 après avoir légèrement progressé entre 1991 et 1998. L'occurrence des pics de pollution, appréhendée par les dépassements de seuils ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 1 heure) présente une grande variabilité liée aux conditions météorologiques.

Les valeurs cibles européennes de protection de la santé humaine ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures) ou de protection de la végétation (AOT : assessment over threshold) sont largement dépassées sur l'ensemble du Rhin supérieur.

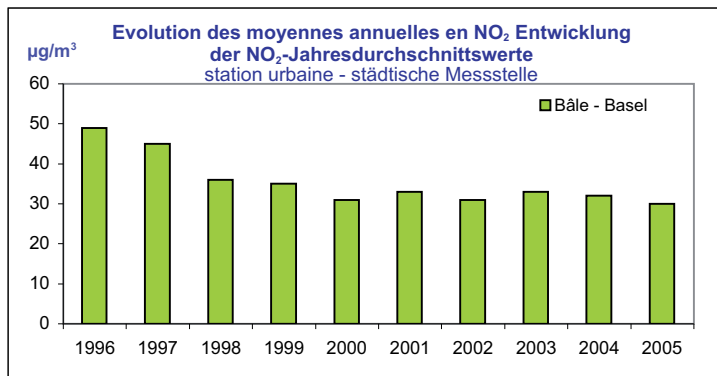
Bei der Ozonbelastung sind zwei Aspekte zu beachten: Die Hintergrundbelastung insbesondere in Höhenlagen und das Auftreten von Ozonspitzen. Abgesehen vom Jahr 2003 mit der Hitzeperiode sind die Konzentrationen für Ozon (O_3) (Jahresmittel und Mittelwert je 8 Stunden) nach einer leichten Erhöhung von 1991 bis 1998 seit 1998 stabil geblieben. Die Überschreitung des Schwellenwertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 1-Stundenmittelwert ist stark von den Wetterbedingungen abhängig und ein Trend nicht erkennbar.

Die europäischen Zielwerte für den Gesundheitsschutz beim Menschen ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je 8 Std.) und für den Schutz der Vegetation (AOT: Assessment over Threshold) werden im gesamten Oberrheingebiet deutlich überschritten.



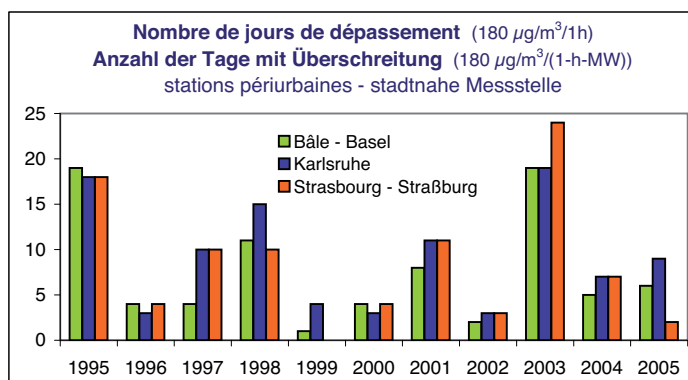
■ Illustration 2.2-5 :
Evolution des moyennes annuelles en PM10

■ Abbildung 2.2-5:
Entwicklung der PM10-Jahresdurchschnittswerte



■ Illustration 2.2-6 :
Evolution des moyennes annuelles en NO_2

■ Abbildung 2.2-6:
Entwicklung der NO_2 -Jahresdurchschnittswerte



■ Illustration 2.2-7 :
Nombre de jours de dépassement du seuil d'information de la population ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3/1\text{h}$)

■ Abbildung 2.2-7:
Anzahl der Tage mit Überschreitung des Schwellenwerts für die Unterrichtung der Bevölkerung ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{als } 1\text{-h-MW}$)

2.3 Un espace urbanisé et industriel Ein Siedlungs- und Industrieraum

Le Rhin supérieur est une région fortement urbanisée totalisant 5,8 millions d'habitants (en 2004) avec une densité de population de 272 hab/km² : 217 hab/km² pour l'Alsace et 297 hab/km² pour le pays de Bade (Rhin supérieur, données statistiques, 2006). Les six agglomérations principales que sont Bâle, Mulhouse, Fribourg, Colmar, Strasbourg et Karlsruhe totalisent plus de 1,6 millions d'habitants (1/3 de la population totale du Rhin supérieur) et concentrent plus de 800 000 emplois (soit près de la moitié des emplois de l'aire d'étude) (DRE-Alsace, 2003).

L'économie du Rhin supérieur est caractérisée par une puissante industrie, notamment chimique et pharmaceutique. À côté de la chimie bâloise plus ancienne, s'est depuis peu constitué un réseau d'entreprises et de laboratoires liés aux biotechnologies se développant sous le concept de «bio valley».

D'autres secteurs moins spécifiques comme la construction mécanique, l'automobile et les services financiers revêtent une importance économique également marquante.

Das Oberrheingebiet ist eine stark besiedelte Region mit 5,8 Millionen Einwohnern und einer Bevölkerungsdichte von 272 Einwohnern pro km², 217 Einwohner pro km² im Elsass und 297 Einwohnern pro km² in Baden (Oberrhein Statistische Daten, 2006). Die sechs Ballungsräume Basel, Mülhausen, Freiburg, Colmar, Straßburg und Karlsruhe zählen zusammen über 1,6 Millionen Einwohner (ein Drittel der Gesamtbevölkerung des Oberrheingebiets) und mehr als 800.000 Arbeitsplätze (fast die Hälfte aller Arbeitsplätze im Untersuchungsgebiet) (DRE-Alsace, 2003).

Die Wirtschaft im Oberrheingebiet ist durch eine leistungsstarke Industrie, insbesondere der chemischen und pharmazeutischen Industrie, gekennzeichnet. Die ältere Industrie ist die chemische Industrie im Baseler Raum, in deren Umfeld sich jüngst ein ganzes Netz von Laboren gebildet hat, die der Biotechnik zuarbeiten und die ein sogenanntes „Bio-Valley“ bilden.

Die Bereiche Maschinenbau, Automobilbau und Finanzdienstleistungen sind weniger spezifisch, aber wirtschaftlich ebenso bedeutsam.

2.4 Un réseau de transport structurant dense Strukturfaktor dichtes Verkehrsnetz

Conséquence d'un peuplement dense, du dynamisme économique (industrie et tourisme) et de l'effet attracteur des villes, le Rhin supérieur possède un réseau d'axes de circulation (routier, ferroviaire et fluvial) important. A cette activité locale vient s'ajouter une fonction majeure de transit car cet espace voit se joindre plusieurs axes importants de communication à l'échelle européenne : Allemagne – Sud de la France, Bassin Parisien – Allemagne, Nord de la Suisse – France, Suisse – Benelux (illustrations 2.4-1 & 2.4-2). Le réseau autoroutier Nord – Sud est discontinu pour la partie gauche du Rhin (connections incomplètes avec les réseaux nationaux français et allemands) et le chemin de fer est saturé (liaisons Mannheim-Bâle, Strasbourg-Mulhouse et tunnel de Hauenstein dans le Jura suisse). Le TGV français desservant l'Alsace est programmé pour juin 2007 avec une connexion prévue à Strasbourg/Kehl avec l'ICE allemand.

L'étude multimodale réalisée dans le cadre du groupe expert « Transports » de la Conférence du Rhin supérieur (et dont sont issus les chiffres de ce paragraphe) prévoit à l'horizon 2020 des problèmes de saturation des axes de liaison Strasbourg – Sarrebourg, de la ligne de la plaine d'Alsace (Strasbourg-Mulhouse-Bâle), de la magistrale

Infolge seiner großen Bevölkerungsdichte, seiner wirtschaftlichen Dynamik (Industrie und Fremdenverkehr) und der Anziehungskraft seiner Städte hat sich im Oberrheingebiet ein dichtes Netz an Verkehrswegen (Straße, Schiene, Wasser) gebildet. Es dient nicht nur dem lokalen Bedarf, sondern auch dem Transitverkehr. Durch das Oberrheingebiet verlaufen gleich mehrere wichtige europäische Verkehrsachsen (Abbildung 2.4-1 und Abbildung 2.4-2): Deutschland - Südfrankreich, Pariser Raum - Deutschland, Nordschweiz - Frankreich, Schweiz - Benelux. Das Autobahnnetz ist linksrheinisch in Nord-Süd-Richtung unterbrochen (unvollständige Anbindung an die nationalen Autobahnnetze in Deutschland und Frankreich), das Eisenbahnnetz ist überlastet (Verbindung Mannheim - Basel, Straßburg - Mülhausen und Hauenstein-Tunnel im schweizerischen Jura). Die Anbindung des Elsass an das französische TGV-Netz ist für Juni 2007 geplant: der TGV soll bis Straßburg / Kehl verkehren und an den deutschen ICE angebunden werden.

Die multimodale Verkehrsstudie des Expertenausschusses „Verkehr“ der Oberrheinkonferenz, aus der auch die in diesem Abschnitt zitierten Zahlen entnommen sind, lässt erkennen, dass die Probleme der Überlastung der

rhénane allemande, notamment au nord d'Offenburg et au nord de Karlsruhe. Et le nœud bâlois resterait le principal point noir du périmètre d'étude (DRE Alsace, 2003).

Sur un total annuel (données 1998) de 358 millions de tonnes de marchandises transportées (dont 287 mt par la route), 66 mt ne font que transiter par le corridor du Rhin supérieur (dont 51 mt par la route et 15 mt par le fer).

Verbindung Straßburg - Sarrebourg, der Verkehrsachse durch die elsässische Ebene (Straßburg - Mülhausen - Basel) und der Hauptstrecke entlang des Rheins auf deutscher Seite insbesondere nördlich von Offenburg und nördlich von Karlsruhe bis zum Jahr 2020 noch zunehmen werden. Der Verkehrsknoten Basel bleibt weiterhin der „schwarze Fleck“ im gesamten Untersuchungsgebiet (DRE Alsace, 2003).

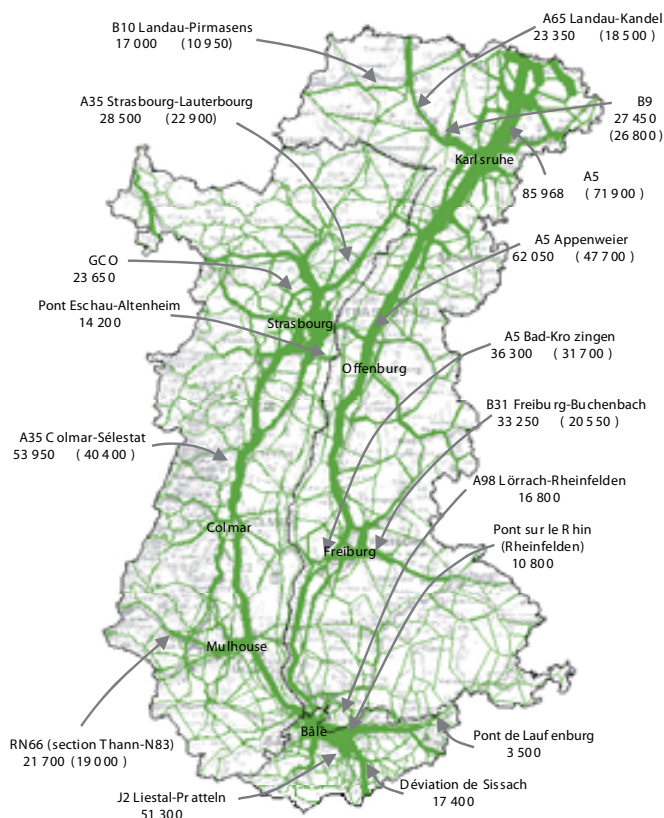
Von den insgesamt 358 Mio. Tonnen (Zahlen von 1998) Waren, die pro Jahr im Oberrheingebiet befördert werden (davon 287 Mio. Tonnen über die Straße), durchqueren 66 Mio. Tonnen den Rheinkorridor nur im Transitverkehr (davon 51 Mio. Tonnen über die Straße und 15 Mio. Tonnen über die Schiene).

■ Evolution de l'affectation journalière (VP/TC) avec un scénario de base S1, ou fil de l'eau, constitué de la projection en 2020 des tendances socio-économiques en cours et de la mise en place des infrastructures et de l'offre de services programmées à cet horizon (situation de référence 1998) – Source Etude plurimodale des transports dans le Rhin Supérieur (DRE Alsace, 2003)

■ Entwicklung des täglichen Personalkraftwagenverkehrs (Pkw/ÖV) mit einem Basis-Szenario S1, zusammengesetzt aus der Projektion aktueller sozio-ökonomischer Tendenzen auf 2020 und der Schaffung von Infrastrukturen, sowie dem für diesen Zeithorizont geplanten Dienstleistungsangebot (Referenzsituation aus dem Jahre 1998) - Quelle: Multimodale Verkehrsstudie Oberrhein (DRE Alsace, 2003)

■ Illustration 2.4-1 : Affectation journalière de véhicules particuliers (VP)

■ Abbildung 2.4-1:
Täglicher Personalkraftwagenverkehr (Pkw) in Anzahl von Reisenden

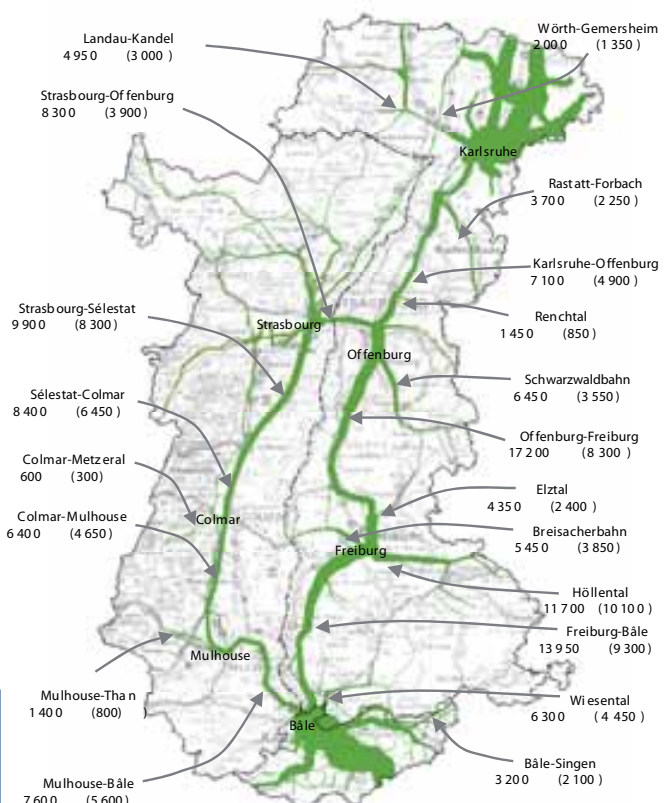


■ Illustration 2.4-2 :

Affectation journalière des transports en commun (TC) en nombre de voyageurs

■ Abbildung 2.4-2:

Täglicher öffentlicher Verkehr (ÖV) in Anzahl von Reisenden



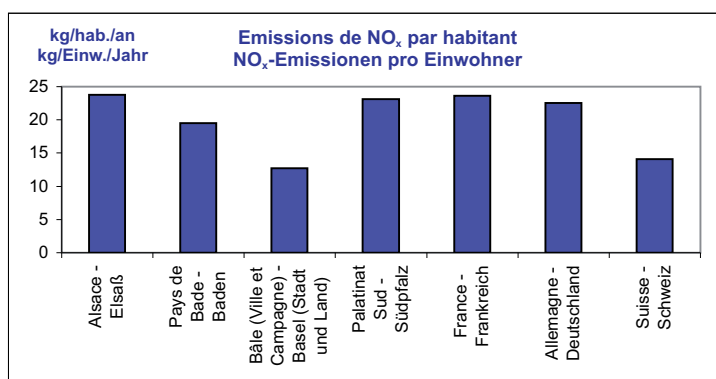
2.5 Exposition de la population Exposition der Bevölkerung

La pression démographique, industrielle et routière mérite une attention particulière au regard de la pollution de l'air tant en terme de concentration des activités et déplacements (pollution émise) qu'en terme de concentration de la population (exposition des personnes).

Pour la plupart des polluants à considérer, les émissions totales rejetées par habitant (année de base 2000), ne diffèrent guère de la plupart des autres régions de France, de Suisse ou d'Allemagne alors que les mêmes émissions rapportées au km² expriment une pression nettement plus forte sur l'environnement (illustration 2.5-1 & illustration 2.5-2).

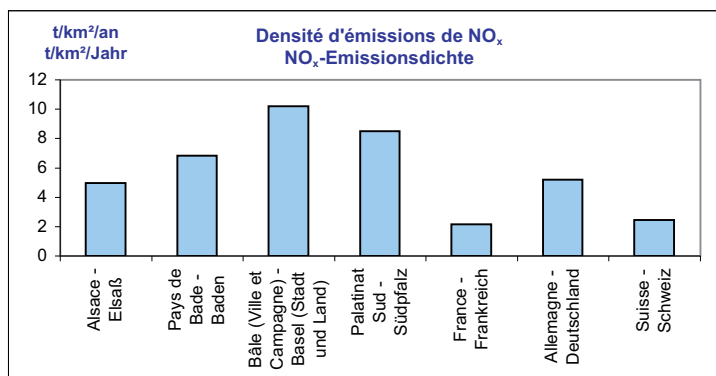
Die Dichte der Bevölkerung, der Industrie sowie des Straßenverkehrs und die damit verbundene Luftbelastungen und Exposition der Bevölkerung verdienen besondere Aufmerksamkeit.

Bei den meisten zu untersuchenden Schadstoffen unterscheiden sich die Gesamtemissionen je Einwohner kaum von denen der meisten anderen Regionen Frankreichs, Deutschlands und der Schweiz. Bei Betrachtung der Emissionen je km² ergibt sich jedoch eine höhere Belastung auf die Umwelt im Oberrheingebiet (Abbildung 2.5-1 und Abbildung 2.5-2).



■ Illustration 2.5-1 :
Emissions en NO_x en kg/habitant/an

■ Abbildung 2.5-1:
NO_x-Emissionen in kg/Einw./Jahr
Source / Quelle: (ASPA, 2006a), (EMEP)



■ Illustration 2.5-2 :
Emissions en NO_x en t/km²/an

■ Abbildung 2.5-2:
NO_x-Emissionen in t/km²/Jahr
Source / Quelle: (ASPA, 2006a), (EMEP)

De façon globale, cette pression environnementale sur la pollution de l'air s'illustre dans la comparaison entre l'urbanisation de l'espace dans le fossé rhénan et la répartition des émissions présentée pour quelques polluants majeurs (illustrations 2.5-3 à 2.5-5).

Une analyse plus poussée de cette pression environnementale due aux activités humaines a été faite dans le cadre du projet INTERREG II «analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur» (INTERREG II, 2000). On y trouve notamment une carte de la pollution moyenne respirée en dioxyde d'azote, forcément en lien avec les zones de concentrations humaines et des axes de trafic intense.

Ganz allgemein wird diese Umweltbelastung deutlich, wenn man die Siedlungsdichte im Rheingraben und die Verteilung der Emissionen für einige Hauptschadstoffe vergleicht (Abbildungen von 2.5-3 bis 2.5-5).

Eine genauere Analyse dieser Umweltbelastungen infolge der menschlichen Aktivitäten ist im Rahmen des INTERREG-II-Projekts "Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein" erfolgt (INTERREG II, 2000). Im Zuge dieser Untersuchung wurde eine Karte über die mittlere Luftbelastung mit Stickoxiden in der Atemluft erstellt, die den engen Zusammenhang mit der Siedlungsdichte und intensivem Verkehrsaufkommen zeigt.

La problématique urbaine est particulièrement sensible du fait de la concentration du trafic et de la population exposée. Dans le Rhin supérieur, le trafic routier (rapporté à la surface) est nettement plus dense dans les zones bâties que non bâties.

Pour les problématiques de pollution régionale (et notamment en lien avec les émissions de polluants précurseurs de l'ozone), il convient toutefois de noter que le trafic interurbain représente près des 3/4 du kilométrage moyen parcouru quotidiennement dans la zone.

Dans les dernières décennies, les zones périurbaines sont en constant développement sur l'ensemble du fossé rhénan. Ces zones de peuplement dispersé génèrent, matin et soir, un trafic pendulaire important provoquant des congestions aux entrées des agglomérations et à l'intérieur des villes et se traduisant par deux pointes journalières de pollution.

Le rapport du projet précédent INTERREG II évoqué ci-dessus a présenté pour la première fois dans le Rhin supérieur des statistiques sur l'exposition en terme de pourcentage de la population résidant dans des zones dépassant des normes de qualité de l'air pour l'année 1998. A terme, la plate-forme de modélisation mise en place dans le cadre de ce projet INTERREG III pourra être utilisée pour réactualiser ces statistiques transfrontalières mettant en relation les répartitions spatiales de la pollution et de la population.

Die Problematik der Städte wird in Bezug auf die Konzentration des Verkehrsaufkommens und der durch die Schadstoffe belasteten Bevölkerung besonders deutlich.

Im Oberrheingebiet ist das Straßenverkehrsaufkommen (im Verhältnis zur Fläche) in den bebauten Bereichen sehr viel höher als in den nicht bebauten Bereichen.

Zur regionalen Luftbelastung (besonders in Bezug auf die Emission von Ozon-Vorläufersubstanzen) muss jedoch gesagt werden, dass der Überlandverkehr fast drei Viertel der in dieser Zone zurückgelegten täglichen Kilometerleistung ausmacht.

In den letzten Jahrzehnten haben die stadtnahen Zonen im gesamten Rheingraben sich konstant entwickelt. Diese Zonen mit ihren verstreuten Siedlungsstrukturen ziehen allmorgendlich und allabendlich einen starken Pendlerverkehr nach sich, durch den es bei den Zufahrten in die Ballungsräume und innerhalb der Städte zu Verkehrsverdichtungen und zu den bekannten täglichen Luftbelastungshöchstwerten kommt.

Im Zuge des Berichts über das o.a. INTERREG II-Projekt wurden zum ersten Mal für das Oberrheingebiet Expositionsstatistiken vorgelegt, aus denen hervorgeht, welcher Prozentsatz der Bevölkerung in Zonen wohnt, in denen die Normen für die Luftqualität im Jahr 1998 nicht eingehalten wurden. Mittelfristig kann die für dieses INTERREG III-Projekt entwickelte Modellierungsplattform zur Aktualisierung der grenzübergreifenden Statistiken und die Herstellung einer Verbindung zur räumlichen Verteilung der Luftschadstoffe im Verhältnis zur Bevölkerung eingesetzt werden.

La différence entre émissions et immissions Emissionen und Immissionen

Pour une bonne compréhension des travaux réalisés dans ce projet sur la qualité de l'air, il convient de distinguer les émissions et les immissions :

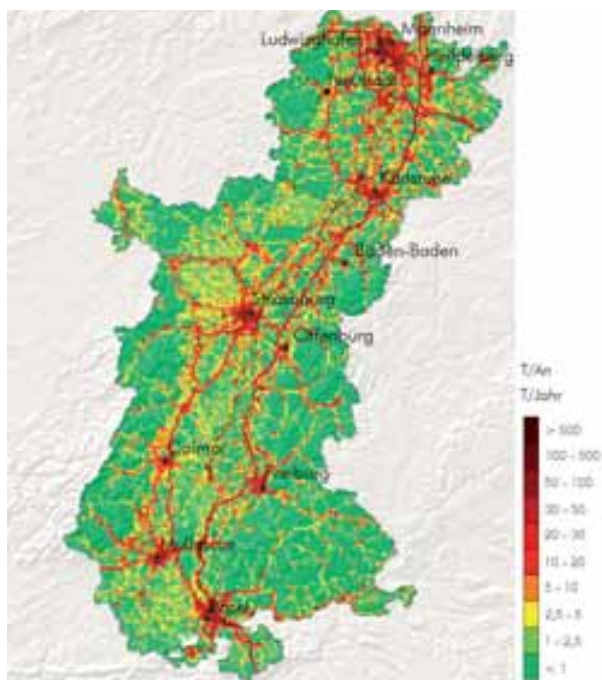
Les **émissions** correspondent aux rejets effectués dans l'atmosphère par les différentes sources de pollution. Les émissions des cheminées, des pots d'échappements, etc., s'expriment en kilogrammes voire tonnes par an et parfois en gramme par kilomètre pour les véhicules et en kilogramme par joule pour les installations de production d'énergie.

Les **immissions** ou la qualité de l'air ambiante correspondent à la pollution de l'air extérieur que l'on respire. Les immissions sont des concentrations exprimées le plus souvent en microgramme par m³ (parfois en nanogramme ou milligramme par m³).

Den Arbeiten im Zuge dieses Projekts zur Luftqualität liegt folgende Unterscheidung zwischen Emissionen und Immissionen zugrunde:

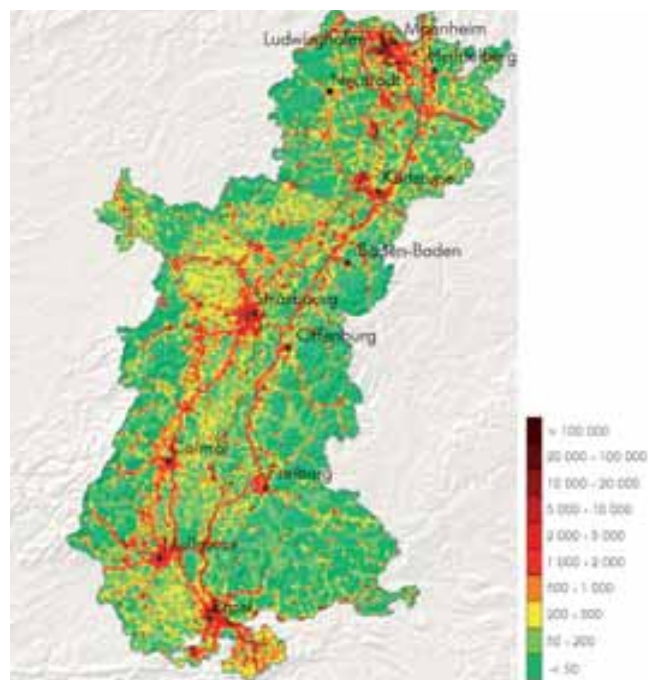
Emissionen entsprechen den Einleitungen der einzelnen Schadstoffarten aus den unterschiedlichen Belastungsquellen in die Luft. Die Emissionen aus Schornsteinen, Auspuffen usw. werden in Kilogramm oder Tonnen pro Jahr bzw. bezüglich des Fahrzeugverkehrs in Gramm pro Kilometer und bezüglich von Anlagen zur Energiegewinnung in Kilogramm pro Joule ausgedrückt.

Die **Immissionen** bzw. die Luftqualität in der Umgebung entsprechen der Luftbelastung, die wir atmen. Die Immissionskonzentrationen werden meist in Mikrogramm je m³ (sowie manchmal in Nanogramm oder Milligramm pro m³) gemessen.



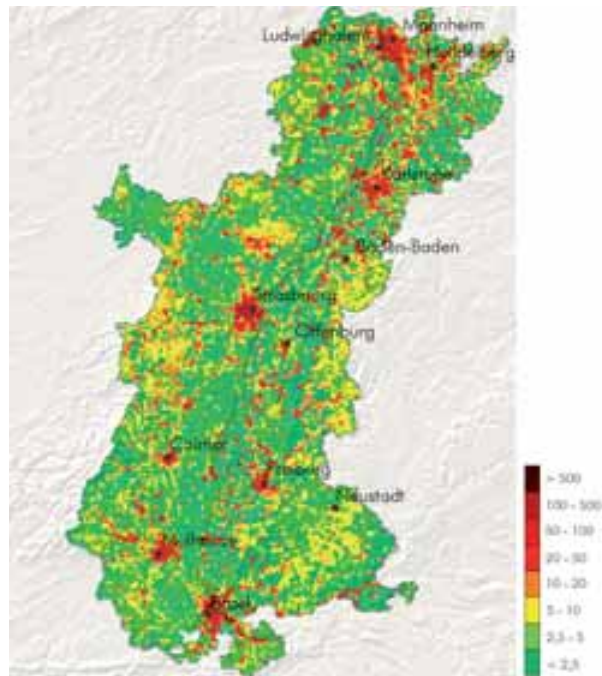
■ Illustration 2.5-3 :
Cadastre d'émissions en NO_x en tonnes/an

■ Abbildung 2.5-3:
 NO_x -Emissionskataster in t/Jahr



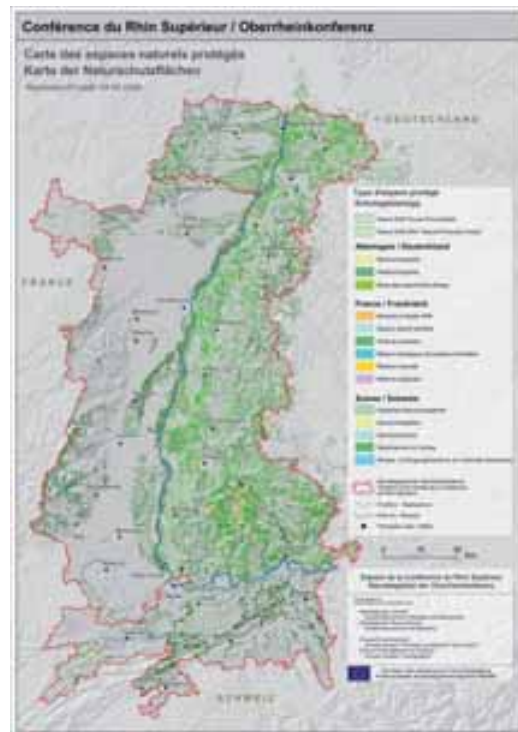
■ Illustration 2.5-5 :
Cadastre d'émissions en PM_{10} en kg/an

■ Abbildung 2.5-5:
 PM_{10} -Emissionskataster in kg/Jahr



■ Illustration 2.5-4 :
Cadastre d'émissions en COVNM en tonnes/an

■ Abbildung 2.5-4:
NMVOC-Emissionskataster in t/Jahr



■ Illustration 2.6-1 :
Carte des espaces naturels protégés
© GE Carto - Conférence du Rhin Supérieur

■ Abbildung 2.6-1:
Karte der Naturschutzflächen: Schutzgebietstyp
© EA „Kartographie“- Oberrheinkonferenz
Source /Quelle: http://bostern.club.fr/Carto_Env_FR.html

2.6 Milieu rural et protection Ländlicher Raum und dessen Schutz

L'occupation du sol révèle que 90% de la surface du Rhin supérieur sont couverts par les cultures agricoles (26%) dont la vigne (2,7%), les prairies et vergers (20%) et les forêts (44%), ces dernières étant pour une grande majorité localisées dans les massifs montagneux et le long du Rhin.

Ces espaces sont sensibles à la pollution de l'air en terme d'impact sur les équilibres naturels (comme les dépérissements forestiers des sommets des Vosges et de la Forêt Noire) et d'impact sur la production végétale. Les activités qui s'y développent représentent également des sources de pollution prises en considération dans les inventaires des émissions, tout comme les composés volatils précurseurs de l'ozone émis par la végétation elle-même.

Ces espaces naturels constituent par ailleurs des atouts pour les loisirs et le tourisme. Ils sont pour une part gérés à travers des réglementations (espaces protégés) ou structures (parcs régionaux des Ballons d'Alsace, des Vosges du Nord, du parc naturel du Pfälzerwald) (illustration 2.6-1).

Die Daten über die Bodennutzung zeigen, dass 90% der Fläche im Oberrheingebiet durch die Landwirtschaft (26%), den Weinbau (2,7%), Wiesen und Streuobstwiesen (20%) und Wälder (44%) genutzt werden, wobei die Wälder zum weit überwiegenden Anteil an den Gebirgshängen und entlang des Rheins liegen.

Diese Räume sind insofern empfindlich gegenüber Schadstoffen, als die Luft-belastung die natürlichen Gleichgewichte (beispielsweise Waldsterben in den Gipfellagen von Schwarzwald und Vogesen) und die Pflanzenproduktion beeinträchtigt. Die Aktivitäten in diesen Räumen verursachen Emissionen, die in die Emissionserhebungen eingeflossen sind, wie beispielsweise die Emission von leichtflüchtigen Ozon-Vorläufersubstanzen durch die Vegetation selbst.

Gleichzeitig sind diese Naturräume für Freizeit und Fremdenverkehr vorteilhaft. Sie unterliegen speziellen Vorschriften (Schutzgebiete) oder werden von speziellen Einrichtungen verwaltet (Regionalpark der Grundgebirgssrümpfe der Vogesen, der Nordvogesen, Naturpark Pfälzer Wald) (Abbildung 2.6-1).

2.7 Le contexte européen des effets de la pollution sur la santé humaine et l'environnement

Die Auswirkungen der Luftbelastung auf die Gesundheit von Mensch und Umwelt im europäischen Zusammenhang

Dans un contexte de pollution industrielle en régression avec l'émergence d'autres sources de pollutions (dont celles du trafic routier), de nombreuses études expérimentales (sur les individus) et épidémiologiques (sur les populations) ont, dans la deuxième moitié du 20^e siècle et au début du 21^e siècle, confirmé la pollution de l'air comme enjeu majeur de santé publique. Les enfants, les personnes âgées, ainsi que les personnes souffrant d'asthme ou de maladies cardio-vasculaires ont été identifiés comme particulièrement vulnérables.

Lancé en mars 2001, le programme européen CAFE (Clean Air for Europe) d'analyse technique pour l'évolution de la réglementation avait conclu en 2004 que la pollution de l'air continuait d'avoir des répercussions graves sur la santé et l'environnement. Ce programme CAFE a conduit à l'adoption en septembre 2005 d'une stratégie thématique de l'Union européenne sur la pollution de l'air (Commission des Communautés Européennes, 2005).

Nachdem die industrieverursachte Luftbelastung zurück gegangen ist, gleichzeitig aber andere Quellen (wie der Straßenverkehr) bedeutsam wurden, wurden in der zweiten Hälfte des 20. und in den ersten Jahren des 21. Jahrhunderts zahlreiche experimentelle (an Einzelpersonen) und epidemiologische (an ganzen Grundgesamtheiten) Untersuchungen durchgeführt. Sie bestätigen, dass die Luftbelastung erhebliche Auswirkungen auf die Gesundheit hat. Kinder, ältere Menschen und Menschen mit Asthma oder Herz-Kreislaufkrankungen reagieren besonders empfindlich.

Im März 2001 lief das europäische Programm CAFE (Clean Air for Europe) zur technischen Analyse der Entwicklung der gesetzlichen Vorschriften an. Es kam im Jahr 2004 zu dem Schluss, dass die Luftbelastung immer noch eine große Beeinträchtigung der Gesundheit von Mensch und Umwelt ist. Außerdem führte es dazu, dass die Europäische Union im September 2005 eine thematische Strategie zur Luftbelastung verabschiedete (Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2005).

En terme de santé, les particules en suspension et l'ozone y sont jugés comme les polluants les plus préoccupants. L'ozone troposphérique est également identifié comme cause des détériorations physiques et ralentissant la croissance des cultures, des forêts et des plantes. Les dépôts de substances acidifiantes – oxydes d'azote, dioxyde de soufre et ammoniac – entraînent la disparition d'espèces végétales et animales. L'excès d'azote nutritif, sous forme d'ammoniac et d'oxydes d'azote, peut perturber les communautés végétales et s'infiltrer dans les eaux douces, causant dans les deux cas une perte de diversité biologique (phénomène d'eutrophisation). Par ailleurs, la pollution atmosphérique est reconnue comme attaquant les matériaux, d'où une dégradation des bâtiments et des monuments.

S'agissant des effets sur la santé, les concentrations actuelles de particules PM_{2,5} présentes dans l'atmosphère raccourcissent l'espérance de vie statistique dans les 25 pays de l'UE de plus de 8 mois, soit une perte annuelle de 3,6 millions d'années de vie.

Il a été estimé que sans mesures complémentaires à la législation européenne en cours, ce chiffre ne pourrait être ramené à l'horizon 2020 qu'à 5,5 mois environ (soit une perte annuelle de 2,5 millions d'années de vie ou 272 000 décès prématurés).

Concernant l'ozone, il est estimé qu'avec les politiques de réduction en cours, il causerait encore de l'ordre de 21 000 décès prématurés en 2020. L'étude à la base de ce chiffre précise que, chaque année dans les 25 pays de l'UE, l'exposition à l'ozone cause également plus de 14 000 hospitalisations pour des causes respiratoires et des centaines de milliers d'accès de symptômes respiratoires qui nécessitent l'administration de médicaments.

En termes monétaires, les préjudices causés à la seule santé humaine sont évalués pour les 25 pays de l'UE à un montant compris entre 189 et 609 milliards d'euros par an en 2020.

C'est pour ces raisons que la stratégie thématique européenne a adopté une politique plus contraignante de gestion de la qualité de l'air aboutissant à des scénarios d'émissions dont l'impact sur le Rhin supérieur a été simulé à l'aide de la plate-forme de modélisation Atmo-rhenA mise en place dans le cadre ce projet INTERREG III.

In gesundheitlicher Hinsicht erachtet diese Strategie die Luftschwebstoffe und das Ozon als die besorgniserregendste Schadstoffe. Außerdem betrachtet sie das troposphärische Ozon als Ursache für physische Beeinträchtigungen und Wachstumsverzögerungen bei den Kulturpflanzen, Wäldern und Pflanzen. Niederschläge säurebildender Stoffe - Stickoxide, Schwefeldioxid - und Ammoniak führen zum Aussterben von Pflanzen- und Tierarten. Ein Übermaß an stickstoffhaltigen Nährstoffen in Form von Ammoniak oder Stickoxiden kann sich außerdem störend auf Pflanzengemeinschaften auswirken und in Süßgewässer einwandern gelangen. In beiden Fällen ist eine Abnahme der biologischen Vielfalt (Eutrophierung) die Folge. Außerdem wird der Luftbelastung zugeschrieben, dass sie Oberflächen angreift und so Gebäude und Denkmäler beschädigt.

Zu den gesundheitlichen Auswirkungen der derzeitigen Konzentration von Schwebstaub der Kategorie PM_{2,5} gehört, dass sie die statistische Lebenserwartung in den 25 EU-Ländern um mehr als 8 Monate verkürzen, also jährlich mehr als 3,6 Mio. Lebensjahre kosten.

Schätzungen zufolge wird diese Zahl sich ohne zusätzliche gesetzliche Maßnahmen auf europäischer Ebene bis 2020 höchstens auf 5,5 Monate verkürzen lassen (was 2,5 Mio. Lebensjahre jährlich und 272.000 vorzeitige Todesfälle bedeutet).

Hinsichtlich Ozon wird davon ausgegangen, dass es im Jahr 2020 mit den derzeitigen politischen Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffe noch etwa 21.000 vorzeitige Todesfälle geben würde. Die Untersuchung, aus der diese Zahlen entnommen sind, führt weiter aus, dass infolge der Ozonbelastung in den 25 EU-Ländern außerdem jedes Jahr mehr als 14.000 Krankenhauseinweisungen wegen Atemwegsproblemen notwendig sind und Hunderttausende von Atemwegsinfällen auftreten, die medikamentös behandelt werden müssen.

In Geld ausgedrückt werden die für die Schädigungen der menschlichen Gesundheit aufzuwendenden Kosten in den 25 EU-Ländern im Jahr 2020 auf 189 bis 609 Mrd. Euro jährlich geschätzt.

Aus diesem Grund hat die europäische thematische Strategie gegen die Luftbelastung strengere Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität vorgesehen und auf Emissionsszenarien hinarbeitet, deren Auswirkung auf das Oberrheingebiet mit Hilfe der im Rahmen des INTERREG III-Projekts Atmo-rhenA erarbeiteten Modellierungsplattform simuliert wurde.

2.8 Le projet Atmo-rhenA

Das Projekt Atmo-rhenA

2.8

Elaboré dans le cadre de la Conférence du Rhin supérieur, le projet Atmo-rhenA se veut ainsi à la croisée :

- des enjeux communs liés à la pollution de l'air sans frontières notamment pour l'ozone,
- et des défis locaux transfrontaliers de réductions locales des précurseurs de l'ozone dans l'entité géographique, économique et sociale qu'est l'espace du Rhin supérieur.

Le volet information du projet, doté d'un site Internet commun, a donné à chaque citoyen la possibilité de se tenir informé de la qualité de l'air et des différents indices d'exposition de la population sur l'ensemble du Rhin supérieur.

Le volet évaluation du projet, doté d'un outil de prévision à court terme et de simulation prospective, améliore l'aide à la décision des autorités en charge des politiques de lutte contre la pollution de l'air.

Das Projekt Atmo-rhenA wurde im Rahmen der Oberrheinkonferenz entwickelt. Es soll als Schnittstelle dienen zwischen:

- den gemeinsamen Problemen im Zusammenhang mit der grenzüberschreitenden Luftbelastung insbesondere durch Ozon,
- den lokalen grenzübergreifenden Herausforderungen im Hinblick auf die Verringerung der Ozon-Vorläufersubstanzen im Oberrheingebiet, das in geographischer, wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht eine Einheit bildet.

Der Informationsteil des Projekts ist in ein Internetangebot eingemündet, über die jeder Bürger eine einfache Möglichkeit hat, sich fortlaufend über die Luftqualität und die verschiedenen Indizes für die Belastung der Bevölkerung im gesamten Oberrheingebiet zu informieren.

Der Evaluierungsteil des Projekts umfasst ein Werkzeug zur kurzfristigen Vorhersage und prospektiven Simulation und bietet den für die Bekämpfung der Luftbelastung zuständigen Behörden eine verbesserte Entscheidungshilfe.

**Système commun
d'information**

**Gemeinsames
Informationssystem**



3

Système commun d'information Gemeinsames Informationssystem

3.1 Introduction Einleitung

Dans le cadre du projet INTERREG III (2001-2006), un système d'information permettant de représenter de manière simple et rapide sur l'ensemble du domaine d'étude les données en direct des mesures de qualité de l'air, ainsi que des grandeurs récapitulatives, a été développé et mis à la disposition des citoyens et citoyennes et des partenaires du projet (LUBW, 2007).

Dans un premier temps, l'objectif était de rassembler les conditions techniques nécessaires à l'échange de données et de développer des routines permettant de collecter et traiter, à l'échelle transfrontalière, les données de qualité de l'air de manière opérationnelle. A travers le système mis au point, les réseaux de mesure de tous les partenaires du projet sont désormais connectés à une centrale d'échange traitant les échanges de données au sein de la LUBW à Karlsruhe. Les données en direct de qualité de l'air sont rapatriées plusieurs fois par jour sur un serveur central et y sont traitées.

Pour la publication et l'exploitation des données de qualité de l'air, Internet est un moyen de communication permettant une diffusion de l'information très rapide et ne connaissant pas de frontière. De plus, la plateforme bilingue Internet est suffisamment souple dans sa structure pour être rapidement développée ou complétée si cela s'avère nécessaire.

La cartographie a été retenue comme mode de représentation privilégié, des tableaux et des graphiques d'évolution complétant la présentation.

Im Rahmen von INTERREG III (2001 – 2006) wurde ein Informationssystem entwickelt, mit dem die aktuellen Daten der Luftqualitätsmessungen sowie langjährige Kenngrößen für die gesamte Region des Oberrheins dargestellt und den Bürgerinnen und Bürgern sowie den Projektpartnern einfach und schnell zugänglich gemacht werden können (LUBW, 2007).

Ziel war zunächst, die technischen Voraussetzungen für den Datenaustausch zu schaffen und Arbeitsroutinen zu entwickeln, mit denen die Luftmessdaten grenzüberschreitend operationell zusammengetragen und aufbereitet werden können. Über das Datenaustauschsystem, das hierzu aufgebaut wurde, sind nun die Messnetze aller Projektpartner mit der Datenaustauschzentrale bei der LUBW in Karlsruhe verbunden. So können mehrmals täglich aktuelle Luftmesswerte von den Messnetzzentralen abgerufen und auf einem zentralen Server aufbereitet werden.

Als Weg für die Veröffentlichung der Luftmessdaten und Analysen steht das Internet als sehr schnelles und nicht an Ländergrenzen gebundenes Medium im Vordergrund. Die hierfür entwickelte zweisprachige Internetplattform ist in ihrer Struktur flexibel genug, um bei geänderten Anforderungen schnell erweitert oder ergänzt werden zu können.

Als bevorzugte Darstellungsart wurde die flächenhafte Darstellung in Form von Karten gewählt. Tabellen und Verlaufsgrafiken ergänzen die Veröffentlichung.

3.2 Conception et contenu Konzeption und Inhalte

3.2.a Groupes cibles

Grâce à la réalisation, la mise à jour et l'évolution permanente de ce site Internet transfrontalier, les citoyens de la région ont un accès direct et gratuit à un grand nombre d'informations en matière de qualité de l'air dans leur proche environnement. Cette information offre à la population la possibilité – et pas seulement via l'école, la presse et les actions d'information du grand public – d'être sensibilisée à la situation environnementale globale et

3.2.a Zielgruppen

Mit dem Aufbau, der Pflege und der stetigen Weiterentwicklung dieser grenzüberschreitenden Internetplattform erhalten die Bürger der Region einen aktuellen und unentgeltlichen Zugang zu umfassenden Informationen über die Luftqualität in ihrem direkten Umfeld. Damit soll die Bevölkerung – nicht zuletzt über Schulen, Presse und gezielte Öffentlichkeitsarbeit – für die ökologische Gesamtsituation sensibilisiert und

éduquée à une attitude respectueuse de l'environnement dans le cadre de ses loisirs, ses activités sportives et de détente.

Lors de la réalisation des pages Internet, le grand public a été défini comme la cible prioritaire. La présentation ainsi que l'utilisation des pages Internet sont adaptées à ce public. Les informations doivent être compréhensibles et facilement accessibles. La navigation sur les pages doit être intuitive et s'effectuer rapidement. Afin de réduire au maximum le temps de téléchargement, les animations superflues et les designs élaborés ont été supprimés.

D'autres personnes, qui souhaitent avoir des données de qualité de l'air dans le cadre de leurs recherches ou comme base à d'autres études ont également été ciblées. Il s'agit notamment de personnes travaillant pour la presse et les autres médias, ainsi que des enseignants ou de membres d'associations.

Parallèlement aux données en direct de qualité de l'air, d'autres informations telles que l'évolution des concentrations de polluants sur plusieurs années sont intéressantes.

En outre, les partenaires du projet INTERREG III (LHA, ASPA, LUBW) souhaitent également que le système leur serve à échanger des informations et des données. Celles-ci sont disponibles sur un serveur propre (Serveur DAS), auquel les partenaires du projet ont directement accès.

3.2.b Aspect bilingue

En raison du caractère transfrontalier du site, les pages Internet sont réalisées en deux langues : le français et l'allemand. Cependant, afin de ne pas surcharger les représentations, ces dernières sont rédigées sur des pages différentes. Sur les pages d'accueil bilingues se trouve l'icône d'accès permettant de consulter le site dans chacune des langues.

3.2.c Contenus

3.2.c.1 Données mesurées et indices en direct

Le choix des composés représentés est lié aux réglementations de l'Union européenne, en fonction des normes de la directive relative à l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air (96/62/CE) et des directives filles en découlant.

Parallèlement à la représentation individuelle de chacun des composés, des indices donnant une évaluation globale de la qualité de l'air actuelle sont également représentés.

Lors de la représentation des données de mesure, il est essentiel que tout soit présenté de la manière la plus

im Sinne eines integrierten Umweltschutzes zu einer umweltverträglichen Gestaltung von Freizeit, Sport und Erholung angehalten werden.

Bei der Gestaltung der Internetseiten steht die allgemeine Öffentlichkeit als wichtigste Zielgruppe im Fokus. Auf diese Zielgruppe ist die Aufmachung und die Bedienung der Internetseiten ausgerichtet. Die Informationen sollen verständlich aufbereitet und leicht zugänglich sein. Die Navigation auf den Seiten muss intuitiv und schnell erfolgen können. Um die Ladezeiten so gering wie möglich zu halten, wurde auf entbehrliche Animationen und aufwändige Designs verzichtet.

Daneben sollen aber auch Personen angesprochen werden, die Luftmessdaten im Rahmen umfangreicherer Recherchen oder als Basis für weitere Auswertungen nachfragen. Dies sind beispielsweise Vertreter von Presse und anderen Medien sowie Pädagogen oder Mitglieder öffentlicher Verbände. Neben den aktuellen Luftmessdaten sind hier weiterführende Informationen, wie z. B. die langjährige Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen, von Interesse.

Besondere Anforderungen stellen außerdem die Partner des INTERREG III-Projektes (LHA, ASPA, LUBW): das System soll ihnen zum Austausch von Informationen und Daten dienen. Diese Daten werden auf einem eigenen System (DAS-Server) bereitgestellt, auf das die Projektpartner direkten Zugriff haben.

3.2.b Zweisprachigkeit

Aufgrund der länderübergreifenden Plattform wird der Internetauftritt in zwei Sprachen realisiert: französisch und deutsch. Um die Darstellungen jedoch nicht zu überladen, werden diese jeweils auf separaten Seiten erstellt. Über zweisprachige Startseiten findet der Einstieg in die jeweilige Sprache statt.

3.2.c Inhalte

3.2.c.1 Aktuelle Messwerte und Indizes

Die Auswahl der dargestellten Komponenten orientiert sich in erster Linie an den Regelungen der Europäischen Union und damit an den Vorgaben der sogenannten Luftqualitätsrahmenrichtlinie (96/62/EG) und den hierzu ergangenen Tochterrichtlinien.

Neben der Darstellung einzelner Luftschadstoffkomponenten werden auch Luftqualitätsindizes dargestellt, die eine Gesamtbewertung der aktuellen Luftqualität zeigen.

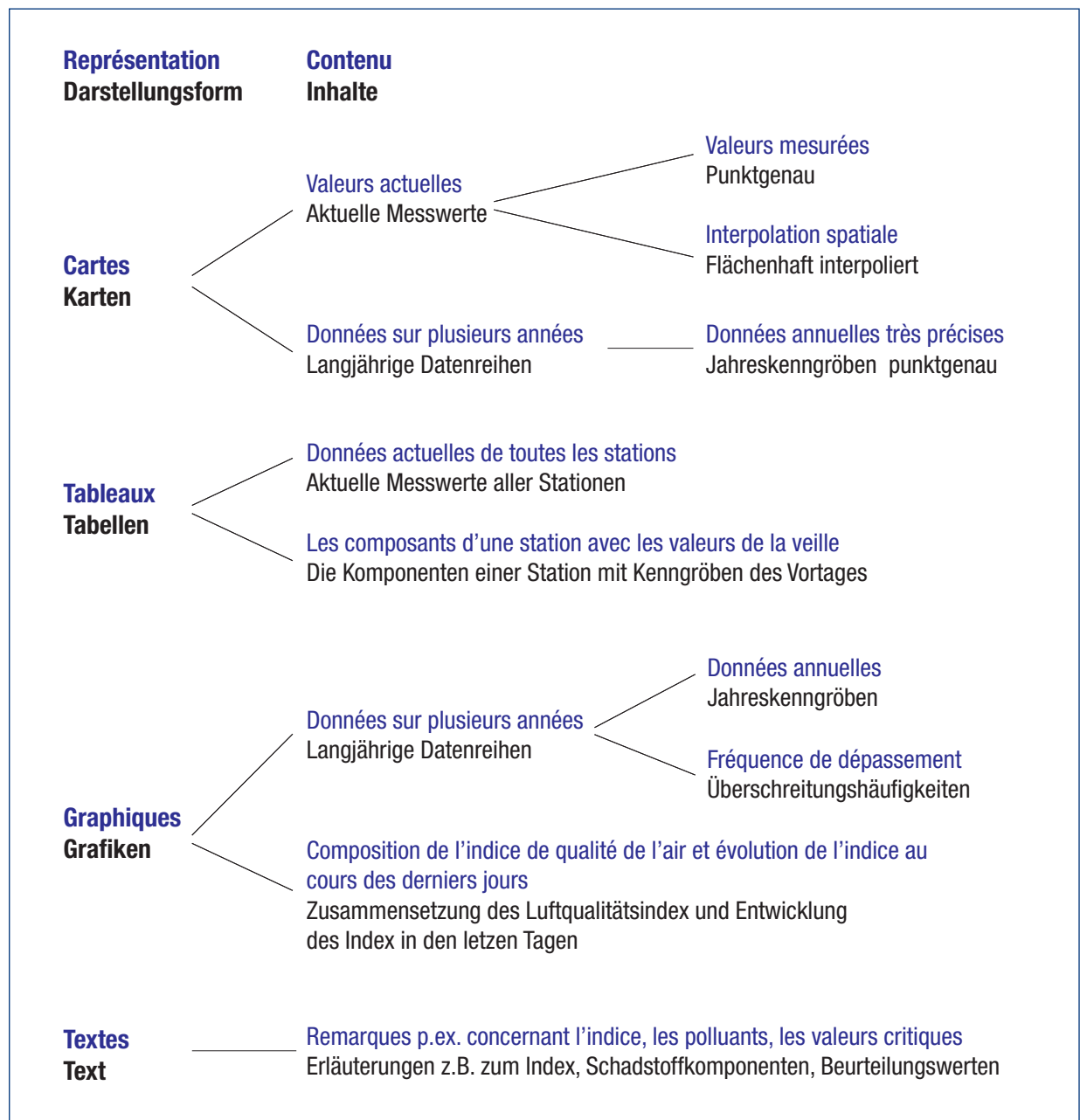
Bei der Darstellung der Messergebnisse liegt der Schwerpunkt auf der möglichst einfachen Verständlichkeit der Präsentation. Sie erfolgt in Form von Tabellen, Verlaufsgrafiken und Karten. In den Karten wird einerseits

compréhensible possible. Elle s'effectue sous forme de tableaux, de graphiques d'évolution et de cartes. D'une part, la concentration en direct de chaque polluant par station de mesure est cartographiée avec un code couleur en fonction du niveau de concentration. D'autre part, des cartes interpolées fournissent ainsi une vue générale de la qualité de l'air sur l'ensemble du domaine d'étude.

Parallèlement aux représentations spatiales, chaque valeur de mesure est également présentée sous forme de tableau, afin de permettre aux utilisateurs de consulter les informations de manière ciblée.

die aktuelle Konzentration des jeweiligen Schadstoffes am Messort gezeigt und abhängig von der Höhe der Konzentration farblich hinterlegt. Andererseits werden interpolierte Karten dargestellt, die einen Gesamteindruck von der Luftqualität in der gesamten Fläche des Projektgebietes vermitteln sollen.

Neben den flächenhaften Darstellungen wird jeder Messwert auch in Tabellenform präsentiert, um den Benutzern das gezielte „Nachschlagen“ von Informationen zu ermöglichen.



■ Illustration 2.5-5 :
Contenus et forme de représentation

■ Abbildung 2.5-5:
Inhalte und Darstellungsform

3.2.c.2 Séries de données historiques

Des séries de données historiques (période : 10 ans) à partir desquelles il est possible de reconstituer une évolution temporelle de la qualité de l'air, sont mises à la disposition du grand public et du public spécialisé.

La représentation sous forme de graphiques et de cartes sert à illustrer les évolutions des concentrations des polluants. En complément des valeurs annuelles, des fréquences de dépassement sont également indiquées.

3.2.c.3 Pages d'explications

Les informations qui ne sont pas intégrées directement dans la présentation des résultats de mesures sont consignées sur les pages d'explications. On peut compter parmi elles les informations concernant les normes en vigueur de qualité de l'air à court terme ou les informations concernant les émissions et les effets des polluants mesurés.

L'illustration 2.5-5 offre une vue d'ensemble des formes de représentation prévues pour la présentation des valeurs de mesure.

3.2.c.2 Langjährige Datenreihen

Der Öffentlichkeit und dem Fachpublikum sollen langjährige Datenreihen (Zeitraum: 10 Jahre) zur Verfügung gestellt werden, aus denen die zeitliche Entwicklung der Luftqualität abgelesen werden kann.

Zur Veranschaulichung der zeitlichen Verläufe der Schadstoffkonzentrationen dient die Darstellung von Grafiken und Karten. Neben den Jahreskenngrößen werden auch Überschreitungshäufigkeiten angegeben.

3.2.c.3 Erläuterungsseiten

Informationen, die nicht der direkten Präsentation von Messergebnissen zuzuordnen sind, werden auf Erläuterungsseiten dargestellt. Hierzu zählen z. B. Informationen zu aktuell gültigen Beurteilungswerten oder Informationen zur Entstehung und Wirkung der gemessenen Schadstoffkomponenten.

Abbildung 2.5-5 zeigt eine Übersicht über die für die Präsentation von Messwerten vorgesehenen Darstellungsformen.

3.3 Bases réglementaires Beurteilungsgrundlagen

Dans l'espace du Rhin supérieur, les normes imposées par la législation de l'Union européenne, et qui sont mises en application à travers les législations des pays membres tels que la France et l'Allemagne ainsi que les valeurs limites d'immissions de l'ordonnance suisse de protection atmosphérique sont prises en compte pour évaluer la qualité de l'air.

La directive cadre relative à « l'Évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant » (96/62/CE) sert de fondement à l'évaluation des immissions de polluants dans l'Union européenne. Elle est souvent appelée « Directive cadre relative à la qualité de l'air ».

La directive cadre relative à la qualité de l'air n'indique aucune valeur d'évaluation. Ces dernières sont définies dans les directives filles, adoptées en rapport avec la directive cadre. En 2006, quatre directives filles de la directive cadre sont en vigueur :

1. Directive fille du 22 avril 1999 :

« Directive 1999/30/CE relative aux valeurs limites de dioxyde de soufre, de dioxyde d'azote et d'oxydes d'azote, de particules et de plomb dans l'air ambiant » (1999/30/CE)

Für das Oberrheingebiet werden sowohl die von der EU-Gesetzgebung vorgegebenen Beurteilungswerte, die in den Mitgliedsstaaten Frankreich und Deutschland in nationales Recht umgesetzt sind, als auch die Immissionsgrenzwerte der schweizerischen Luftreinhalteverordnung zur Bewertung der Luftqualität herangezogen.

Grundlage für die Bewertung von Luftschadstoffimmissionen in der Europäischen Gemeinschaft ist die EG-Rahmenrichtlinie „Über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität“ (96/62/EG), die meist als „Luftqualitätsrahmenrichtlinie“ bezeichnet wird.

Die Luftqualitätsrahmenrichtlinie selbst nennt keine Beurteilungswerte. Diese sind in den zur Rahmenrichtlinie verabschiedeten sogenannten „EU-Tochterrichtlinien“ definiert. Bis 2006 traten zur EU-Rahmenrichtlinie vier Tochterrichtlinien in Kraft:

1. Tochterrichtlinie vom 22. April 1999:

„Richtlinie 1999/30/EG über die Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft“ (1999/30/EG)

2. Directive fille du 16 novembre 2000 :

«Directive 2000/69/CE relative aux valeurs limites de benzène et de monoxyde de carbone dans l'air ambiant» (2000/69/CE)

3. Directive fille du 12 février 2002 :

«Directive 2002/3/CE relative à l'ozone dans l'air ambiant» (2002/3/CE)

4. Directive fille du 15 décembre 2004 :

«Directive 2004/107/CE relative à l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant» (2004/107/CE).

La loi principale en Suisse est la loi de protection de l'environnement du 7 octobre 1983. Afin de concrétiser la protection contre les émissions et les immissions, le Conseil Fédéral a voté une ordonnance de protection atmosphérique (LRV, 1985) le 16 décembre 1985, entrée en vigueur le 1^{er} mars 1986 et périodiquement réactualisée.

Les tableaux de toutes les normes ainsi que d'autres explications sont publiés sur Internet et fréquemment réactualisés.

2. Tochterrichtlinie vom 16. November 2000:

„Richtlinie 2000/69/EG über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft“ (2000/69/EG)

3. Tochterrichtlinie vom 12. Februar 2002:

„Richtlinie 2002/3/EG über den Ozongehalt der Luft“ (2002/3/EG)

4. Tochterrichtlinie vom 15. Dezember 2004

„Richtlinie 2004/107/EG über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft (2004/107/EG)

Das wesentliche Gesetz ist in der Schweiz das Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983. Zur Konkretisierung des Emissions- und Immissionsschutzes erließ der Bundesrat am 16. Dezember 1985 die Luftreinhalteverordnung (LRV, 1985), die am 1. März 1986 in Kraft trat und periodisch aktualisiert wurde.

Tabellen aller relevanten Beurteilungswerte sowie weiterführende Erläuterungen sind in der Internetpräsenz eingebunden und werden laufend aktualisiert.

3.4 Indices de la qualité de l'air dans les pays participants Luftqualitätsindizes in den beteiligten Ländern

L'indice de qualité de l'air permet de fournir une évaluation synthétique de la qualité de l'air complétant ainsi la représentation des mesures des polluants pris individuellement et leur comparaison aux normes. Les polluants de l'air les plus importants et les plus représentatifs de la situation générale sont considérés. Il s'agit en règle générale de substances qui peuvent avoir des répercussions sur la santé telles par exemple, une irritation des yeux ou des voies respiratoires ou des troubles de la circulation cardio-vasculaire lors de concentrations élevées. L'indice de qualité de l'air doit aider les personnes particulièrement sensibles ou les groupes à risques à adapter leur comportement à la situation en cours de la qualité de l'air.

Les discussions entre les partenaires du projet, qui avaient pour but de développer un indice commun, n'ont jusqu'à présent conduit à aucun résultat définitif, si bien que les indices en usage en France, en Allemagne et en Suisse sont tous trois représentés pour le domaine d'étude.

Les indices de qualité de l'air caractérisent la qualité de l'air à court terme, c'est-à-dire qu'ils se basent sur des valeurs moyennes horaires ou journalières. Les catégories d'indices transmises, classées par couleurs, permettent à l'observateur d'obtenir intuitivement un maximum d'informations sur la qualité de l'air en un minimum de temps.

Mit Hilfe von Luftqualitätsindizes soll, ergänzend zur Darstellung von Messwerten der einzelnen Luftschadstoffe und deren Vergleich mit Beurteilungswerten, eine zusammenfassende Bewertung der Luftqualität gegeben werden. Es werden die wesentlichen und für die Gesamtbelastung repräsentativen Komponenten der Luftverunreinigung zusammengefasst. Dabei handelt es sich in der Regel um solche Substanzen, bei denen bei erhöhten Konzentrationen gesundheitliche Auswirkungen, wie z. B. Reizung der Augen oder Atemwege oder Herz-Kreislauf-Beschwerden, zu erwarten sind. Luftqualitätsindizes sollen empfindlicheren Personen und Risikogruppen helfen, das persönliche Verhalten der aktuellen lufthygienischen Situation anzupassen.

Gespräche zwischen den Projektpartnern, die die Entwicklung eines gemeinsamen Index zum Ziel hatten, führten bis zum jetzigen Zeitpunkt zu keinem endgültigem Ergebnis, so dass zunächst die in Frankreich, Deutschland und der Schweiz üblichen Indizes nebeneinander für das gesamte Projektgebiet dargestellt werden.

Die dargestellten Luftqualitätsindizes stellen die kurzfristige Luftqualität dar, d. h. sie basieren auf Stunden- oder Tagesmittelwerten. Den ermittelten Indexklassen werden Farben zugeordnet die den Betrachter schnell und intuitiv über die Luftqualität informieren.

■ Illustration 3.4-1 :

Ensemble des indices de qualité de l'air représentés dans le cadre d'Atmo-rhenA

	Allemagne	Suisse	France
Nom	LuQx (Indice de la qualité de l'air)	KBI (Indice d'exposition de courte durée)	Indice ATMO / Indice IQA (Indice de la qualité de l'air)
Polluants	Ozone (O ₃), particules fines PM10 dioxyde d'azote (NO ₂), dioxyde de soufre (SO ₂), et monoxyde de carbone (CO)	Ozone, particules fines PM10 et dioxyde d'azote (NO ₂)	Ozone (O ₃), particules fines PM10, dioxyde d'azote (NO ₂), et dioxyde de soufre (SO ₂)
Calcul	Selon sa concentration dans l'air, chaque composant est classé dans une catégorie d'indice indiquée au préalable. L'indice le plus élevé fait office d'indice de la qualité de l'air. Lors de la publication, le polluant déterminant l'indice est toujours indiqué.	A l'aide d'une grille d'évaluation, les trois polluants sont classés dans des catégories d'indice pour chaque station de mesure. L'indice le plus élevé parmi les indices déterminés fait office d'indice KBI général. Lors de la diffusion, un commentaire verbal concernant les conséquences aiguës sur la santé est ajouté.	Les concentrations mesurées des différents polluants de l'air sont regroupées dans une catégorie d'indice sur une échelle de mesure spécifique et le polluant de l'air qui a le sous indice le plus élevé définit la valeur de l'indice de qualité de l'air.
Limites de classes	D'après la santé humaine	D'après la loi	D'après la réglementation
Classes	1 très bon	1 très faible	1 très bon
			2 très bon
	2 bon	2 faible	3 bon
			4 bon
	3 satisfaisant	3 modéré	5 moyen
	4 suffisant	4 important	6 médiocre
			7 médiocre
	5 mauvais	5 élevé	8 mauvais
			9 mauvais
	6 très mauvais	6 très élevé	10 très mauvais

■ Abbildung 3.4-1:

Übersicht über die im Rahmen von Atmo-rhenA dargestellten Luftqualitätsindizes

	Deutschland	Schweiz	Frankreich
Name	LuQx (Luftqualitätsindex)	KBI (Kurzzeit-Belastungs-Index)	ATMO-Index / IQA-Index (Indice de la qualité de l'air)
Komponenten	Ozon (O ₃), Feinstaub der Fraktion PM10, Stickstoffdioxid (NO ₂), Schwefeldioxid (SO ₂), und Kohlenmonoxid (CO)	Ozon (O ₃), Feinstaub der Fraktion PM10 und Stickstoffdioxid (NO ₂)	Ozon (O ₃), Feinstaub der Fraktion PM10, Stickstoffdioxid (NO ₂), und Schwefeldioxid (SO ₂)
Berechnung	Jede Komponente wird entsprechend ihrem aktuell gemessenen Luftkonzentrationswert in eine vorgegebene Indexklasse eingestuft. Der höchste ermittelte Indexwert wird als Luftqualitätsindex definiert. Bei der Veröffentlichung wird der indexbestimmende Schadstoff stets mit angegeben.	Für jede Messstation werden die drei Schadstoffkomponenten anhand eines Beurteilungsrasters in jeweils eigene Indexklassen eingeordnet. Als Gesamtindex KBI wird der höchste der bestimmten Indizes dargestellt. Bei der Veröffentlichung wird der Indexklasse stets ein verbaler Kommentar zu akuten gesundheitlichen Auswirkungen beigefügt.	Die gemessenen Konzentrationen der einzelnen Luftschadstoffe werden auf einer schadstoffspezifischen Bewertungsskala in eine Indexklasse eingruppiert und der am höchsten eingestufte Luftschadstoff bestimmt den Wert des Luftqualitätsindex.
Klassengrenzen	orientieren sich an menschlicher Gesundheit	orientieren sich an Richtlinien	orientieren sich an Gesetzgebung
Klassen	1 sehr gut	1 sehr gering	1 sehr gut
			2 sehr gut
	2 gut	2 gering	3 gut
			4 gut
	3 befriedigend	3 mässig	5 durchschnittlich
	4 ausreichen	4 erheblich	6 mittelmässig
			7 mittelmässig
	5 schlecht	5 hoch	8 schlecht
			9 schlecht
	6 sehr schlecht	6 sehr hoch	10 sehr schlecht

3.5 Réseaux de mesure Messnetze

Plus de 70 stations de mesure mesurent les concentrations en polluants de l'air dans la zone d'étude.

Les réseaux de mesure ont, d'une part, pour mission le recensement des immissions afin de suivre la situation des polluants sur le long terme, de sorte que des enseignements puissent être tirés quant à l'évolution de la qualité de l'air et à l'évaluation de l'efficacité des mesures de réduction permanente des émissions. Il est également essentiel de surveiller en temps réel afin d'être en mesure d'alerter ou de conseiller la population le cas échéant.

3.5.a Typologie de station

Les emplacements des stations de mesure sont choisis de manière à couvrir la superficie du domaine de façon représentative. Les stations sont ainsi généralement plus fréquentes dans les zones d'habitation. Les stations de mesure, dont les emplacements se trouvent volontairement à l'écart des zones urbaines dans des régions situées à une grande distance des émetteurs comme la Forêt Noire ou les Vosges, fournissent des renseignements sur la pollution de fond. L'exposition près des axes urbains fortement fréquentés ou des points névralgiques du trafic routier est surveillée par des stations de mesure dite « de proximité trafic ».

Pour la réalisation automatisée des cartes d'immissions interpolées, une classification homogène des stations de mesure dans le domaine d'étude (à la fois plus détaillée et allant au-delà des frontières) a été effectuée.

Pour ceci la décision européenne 97/101/CE relative à « l'échange réciproque d'informations et de données provenant des réseaux et des stations individuelles mesurant la pollution de l'air ambiant dans les Etats membres » fait office de référence (97/101/CE).

La base de cette classification d'après ce principe désigné sous le nom d'« Exchange of Information » (Eoi), est la répartition des stations en fonction du type de zone, ainsi que la détermination de la cause principale de pollution de l'air ambiant dans les environs de la station. A partir de ce point apparaissent les cinq catégories essentielles suivantes, destinées à classer les stations de mesure dans le projet Atmo-rhenA :

Catégorie	Désignation
Proximité Trafic	T
Industrie	I
Urbain	U
Périurbain	PU
Rural	R

Die Luftschadstoffkonzentrationen werden im Projektgebiet an über 70 Messstationen erfasst.

Die Messnetze zur Erfassung der Immissionen dienen zum einen der Langzeitüberwachung der Schadstoffsituation, so dass Aussagen über die Entwicklung der Luftqualität und auch über die Wirksamkeit von Emissionsminderungsmaßnahmen gemacht werden können. Wichtige Aufgabe ist aber auch die zeitnahe Überwachung der Schadstoffkonzentrationen, um im gegebenen Fall Warnungen und Empfehlungen an die Bevölkerung ausgeben zu können.

3.5.a Stationsklassifizierung

Die Standorte der Messstationen sind so gewählt, dass die Fläche des Gebietes repräsentativ abgedeckt wird. In Siedlungszentren ist die Stationsdichte in der Regel jedoch höher. Aufschluss über die Hintergrundbelastung geben Messstationen, deren Standorte bewusst abseits der Ballungsräume in emittentfernen Regionen wie dem Schwarzwald oder den Vogesen liegen. Die Belastung an stark befahrenen, innerstädtischen Straßen oder Verkehrsknotenpunkten werden an sogenannten Verkehrsmessstationen überwacht.

Für die automatisierte Berechnung von interpolierten Immissionskarten wurde eine detaillierte und über die Ländergrenzen hinweg einheitliche Einteilung der Stationen im Projektgebiet vorgenommen. Als Grundlage hierfür diente die Europäische Richtlinie 97/101/EG „ zur Schaffung eines Austausches von Informationen und Daten aus den Netzen und Einzelstationen zur Messung der Luftverschmutzung in den Mitgliedstaaten“ (97/101/EG).

Grundlage der Kategorisierung nach diesen allgemein unter „Exchange of Information“ (Eoi) bekannten Vorgaben ist die Einteilung der Stationen in Abhängigkeit vom Gebietstyp sowie der Bestimmung der Hauptursache der Luftverunreinigung an der Station. Für das Projekt Atmo-rhenA wurden daraus folgende fünf relevante Kategorien zur Klassifizierung der Messstationen abgeleitet:

Kategorie	Kennung
Verkehr	V
Industrie	IN
Zentrum	Z
Stadttrand	SR
Hintergrund	H

Les concentrations en polluants de l'air, relevées aux stations de mesure qui ont été spécialement installées à proximité de sources de pollution (trafic routier, industrie...), ne sont que peu appropriées pour une interpolation spatiale. C'est pourquoi il a fallu renoncer à prendre en compte ces stations lors de la réalisation des cartes interpolées dans le cadre d'Atmo-rhenA.

3.5.b Panel des composants

Le panel des composés recensés aux stations de mesure varie considérablement selon les exigences du lieu. Pour les exploitations réalisées dans le cadre de ce projet Atmo-rhenA, le choix des composés a été réalisé en fonction de leurs effets sur la santé et ainsi des valeurs limites disponibles dans la réglementation européenne.

D'autre part, une exploitation s'étendant à tout le domaine d'étude Atmo-rhenA est judicieuse seulement si le polluant étudié a été mesuré en plusieurs endroits répartis sur toute la zone.

Des évaluations ont été menées pour les composants :

- ozone (O_3)
- particules fines PM10
- dioxyde d'azote (NO_2)
- dioxyde de soufre (SO_2)
- monoxyde de carbone (CO)
- benzène (C_6H_6)
- plomb en tant que constituant de la poussière fine PM10

Die Luftschadstoffkonzentrationen, die an Messstellen erfasst werden, die eigens zur Erfassung kleinräumiger Immissionsstrukturen eingerichtet wurden, sind für eine flächenhafte Interpolation wenig geeignet. Bei der Generierung der interpolierten Karten im Rahmen von Atmo-rhenA wird deshalb auf die Einbeziehung von Stationen für Spotmessungen (Verkehr) verzichtet.

3.5.b Komponentenspektrum

Das an den Messstationen erfasste Komponentenspektrum variiert stark nach den Anforderungen des jeweiligen Standortes. Für die Auswertungen im Rahmen von Atmo-rhenA wurden solche Komponenten herangezogen, die zum einen aufgrund ihrer gesundheitlichen Relevanz von starkem Interesse sind und für die deshalb durch die EU-Gesetzgebung Beurteilungswerte zur Verfügung stehen.

Zum anderen ist nur dann die großflächige Auswertung über das gesamte Atmo-rhenA-Gebiete sinnvoll, wenn der betrachtete Schadstoff an mehreren, über das gesamte Gebiet verteilten Standorten erfasst wird.

Die Auswertungen werden für die Komponenten

- Ozon (O_3)
- Feinstaub PM10
- Stickstoffdioxid (NO_2)
- Schwefeldioxid (SO_2)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Benzol (C_6H_6)
- Blei als Inhaltsstoff des Feinstaubs PM10 durchgeführt

Représentation spatiale des immissions

Flächenhafte Darstellung von Immissionen

3.6.a Procédés pour la représentation spatiale des immissions

Les représentations spatiales d'immissions se basent en règle générale sur des mesures ponctuelles, le plus souvent mesurées aux stations fixes. Ces données connues, mais également toujours soumises aux incertitudes du procédé de mesure, constituent la base de l'estimation des concentrations d'immissions inconnues sur d'autres sites, encore non échantillonnés.

Pour ce faire, il existe une grande variété de méthodes statistiques «simples». Grâce à elles, les concentrations entre les différents sites de mesures sont estimées uniquement à partir des valeurs mesurées et de l'éloignement des sites de mesure.

Pour la cartographie du domaine d'étude INTERREG III, une série de méthodes a été testée. Il a été étudié de quelle manière ces méthodes sont adaptées à la génération des cartes d'immissions de la situation actuelle (contrainte de temps de calcul) et à la représentation spatiale des données annuelles.

Procédés d'interpolation étudiés :

- Plus proche voisin
- Inverse des distances
- Spline
- Triangulation (TIN)
- Méthodes de fonctions à base radiale (méthodes RBF)
- Krigage

En outre, il existe des procédés qui tiennent compte pour leurs calculs, d'informations auxiliaires telles que les données relatives au relief, les grandeurs météorologiques ou la structure des émissions parallèlement à l'interpolation des mesures.

Informations supplémentaires possibles :

- Altitude topographique
- Structure des émissions
- Occupation des sols

Seule l'altitude topographique a été ici prise en compte dans l'évaluation en tant que variable explicative dans la représentation cartographique. Les rapports entre les concentrations de polluants mesurées (dioxyde d'azote, ozone et particules fines PM10) et l'altitude topographique du site de mesure font office de base. Cette corrélation peut être retranscrite sur l'ensemble de la superficie pour l'interpolation, ainsi une carte de pollution plus détaillée et plus précise sera élaborée.

3.6.a Verfahren zur flächenhaften Darstellung von Immissionen

Flächenhafte Darstellungen von Immissionen beruhen in der Regel auf punktuellen Messungen, meist an ortsfesten Messstationen. Diese bekannten, aber natürlich immer noch mit den Unsicherheiten des jeweiligen Messverfahrens behafteten Daten bilden die Grundlage zur Abschätzung der unbekannten Immissionskonzentrationen an anderen, nicht beprobten Orten.

Hierzu stehen zum einen eine Vielzahl „einfacher“ statistischer Verfahren zur Verfügung. Mit ihnen werden Konzentrationen zwischen den bekannten Messorten einzig aufgrund der gemessenen Werte und der Entfernung zum bekannten Messort abgeschätzt.

Für die Darstellung des INTERREG III-Gebietes wurde eine Reihe von Verfahren getestet. Dabei wurde jeweils untersucht, in wie weit die Verfahren für die Anforderungen zur Berechnung von Immissionskarten der aktuellen Immissionssituation bzw. der flächenhaften Darstellung von Jahresdaten geeignet sind.

Untersuchte Interpolationsverfahren:

- Natural-Neighbour (NN)
- Inverse Distance Weighting (IDW)
- Spline-Interpolation
- Triangulierung (TIN)
- Radiale Basisfunktions-Methoden (RBF-Methoden)
- Kriging

Darüber hinaus gibt es Verfahren, die neben der Interpolation der Messwerte zusätzliche Informationen wie Geländedaten, meteorologische Größen oder Emissionsstruktur in die Berechnungen einbeziehen.

Mögliche Zusatzinformationen:

- Topografische Höhe
- Emissionsstruktur
- Landnutzung

Für das INTERREG III-Gebiet wurde lediglich die topographische Höhe als Zusatzinformation in die Berechnungen einbezogen. Grundlage hierfür sind Zusammenhänge zwischen den gemessenen Konzentrationen der Schadstoffe (Stickstoffdioxid, Ozon und Feinstaub PM10) und der topographischen Höhe des Messortes. Diese Korrelation kann für die Interpolationen auf die gesamte Fläche übertragen werden, wodurch eine detailliertere und genauere Schadstoffkarte erzeugt wird.

Un modèle numérique de terrain composé de mailles de 250m x 250m est utilisé comme base de référence.

Il a fallu renoncer à prendre en compte l'occupation des sols / ou la structure des émissions en raison de la durée et de la complexité d'élaboration des cartes au regard de la faible amélioration constatée des résultats.

Il est possible d'étudier pour chaque maille quel est le procédé fournissant les résultats les plus plausibles et d'appliquer par la suite la valeur obtenue pour la carte finale.

3.6.b Choix des procédés d'interpolation

Les exigences en matière de réalisation de représentations cartographiques moyennes annuelles se distinguent nettement de celles requises pour la représentation des concentrations en direct en moyennes horaires.

Alors que le temps joue un rôle secondaire pour la génération d'une cartographie des moyennes annuelles, il constitue un critère essentiel lors de la réalisation de cartes horaires.

Afin de satisfaire à l'exigence de «l'information en temps réel», les exploitations doivent être réalisées et disponibles sur Internet une heure après le rapatriement des données. Pour la représentation graphique des données «moyennes annuelles» il est important d'utiliser un maximum d'informations auxiliaires afin d'améliorer les cartes.

Représentation des valeurs moyennes annuelles

La méthode d'interpolation «par krigeage» a été employée pour réaliser les cartes.

Déjà lors de la première étape de l'interpolation simple des mesures, des informations plus détaillées sur les irrégularités de la structure des immissions peuvent être prises en compte avec la méthode du krigeage. Par exemple, la représentativité plus importante des stations de fond en milieu rural, en comparaison aux stations de fond situées en milieu urbain. Il est également primordial que les valeurs aux stations de mesure soient respectées lors du krigeage afin que l'interpolation donne, elle aussi, des résultats pertinents, même si les points de mesure sont inégalement répartis comme cela est le cas pour les sites dans le Rhin supérieur.

Dans un second temps, cette carte de base peut être «améliorée» en prenant en compte le modèle numérique de terrain en tant qu'information supplémentaire. A cet effet, des régressions pour l'ozone, les particules fines PM10 et le dioxyde d'azote ont été déduites des moyennes annuelles et de l'altitude des stations de mesure, prises en compte de manière pondérée lors de

Als Grundlage dient ein Höhenmodell mit der Rasterweite von 250 m x 250 m.

Auf die Einbeziehung von Landnutzung und / oder Emissionsstruktur wurde aufgrund des hohen erforderlichen Aufwandes und der dennoch nur wenig verbesserten Ergebnisse nach durchgeführten Untersuchungen verzichtet.

Für jeden Rasterpunkt kann untersucht werden, welches der Verfahren die plausibelsten Ergebnisse liefert und dann der jeweilige Wert für die endgültige Karte beibehalten wird.

3.6.b Auswahl der Interpolationsverfahren

Die Anforderungen an die Erstellung von flächenhaften Kartendarstellungen der Jahresmittelwerte unterscheiden sich stark von denen zur Darstellung der aktuellen Immissionskonzentrationen in Form von Stundenmittelwerten.

Während bei der flächenhaften Darstellung von Jahresmittelwerten der Zeitbedarf zur Generierung eine untergeordnete Rolle spielt, ist dieser bei der Erzeugung von Karten auf Basis von Stundenmittelwerten ein wesentliches Kriterium. Um dem Anspruch an Aktualität zu genügen, sollten die Auswertungen bereits in der Stunde nach dem Datenabruf erstellt und im Internet verfügbar sein. Dagegen kommt es bei der Darstellung der Jahresmittelwerte in der Fläche darauf an, dass möglichst viele, die Karte verbessernde Zusatzinformationen mit verwendet werden.

Darstellung der Jahresmittelwerte

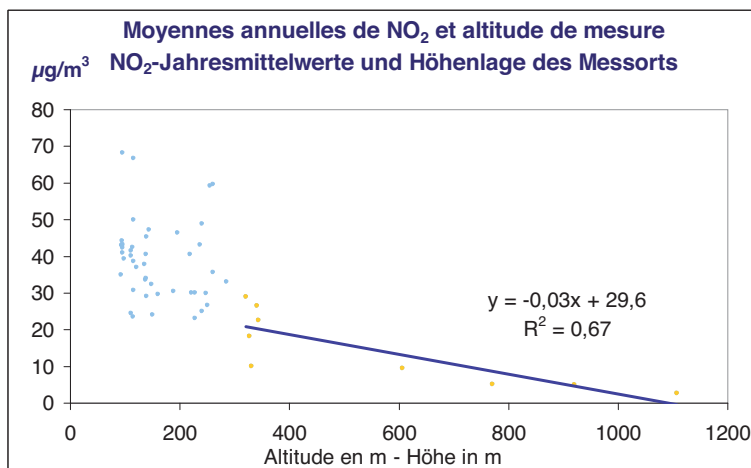
Für die Erstellung der Karten wird das Interpolationsverfahren Kriging eingesetzt.

Bereits im ersten Schritt der reinen Interpolation der Messdaten können mit dem Kriging-Verfahren tiefergehende Informationen über die Unregelmäßigkeiten der Immissionsstruktur berücksichtigt werden. Hierzu zählen z. B. die größere Repräsentativität von Hintergrundmessstationen im Vergleich zu Messstationen im städtischen Gebiet. Wichtig ist außerdem, dass beim 'Kriging' die Messwerte an den Messstationen erhalten bleiben und die Interpolation auch bei unregelmäßig verteilten Messpunkten, wie dies bei den Standorten im Oberrheingebiet der Fall ist, gute Ergebnisse liefert.

In einem zweiten Schritt kann diese Basiskarte durch die Einbeziehung des Höhenmodells als Zusatzinformation „verbessert“ werden. Dafür wurden für die Komponenten Ozon, Feinstaub PM10 und Stickstoffdioxid Regressionsbeziehungen zwischen den Jahresmittelwerten und der Höhenlage der Messstationen

l'interpolation. L'illustration 3.6-1 montre par exemple la régression entre les valeurs moyennes annuelles de la concentration en dioxyde d'azote et l'altitude de la station de mesure.

abgeleitet, die bei der Interpolation gewichtet berücksichtigt werden. Beispielhaft zeigt Abbildung 3.6-1 die Regression zwischen Jahresmittelwerten der Stickstoffdioxidkonzentration und der Höhenlage der Messstation.



■ Illustration 3.6-1 :

Régression entre la concentration de dioxyde d'azote (valeurs moyennes annuelles) et l'altitude du site de mesure

■ Abbildung 3.6-1:

Regression zwischen Stickstoffdioxidkonzentration (Jahresmittelwerte) und der Höhenlage der Messorte

Représentation des données en direct (moyennes horaires)

Pour l'interpolation elle-même des données de mesure en direct, le procédé Inverse Carré des Distances (IDW) a été choisi.

Les exigences quant au choix de la méthode d'interpolation concernent aussi bien la vitesse de génération de cartes que la réception des valeurs mesurées nécessaires. Un autre aspect essentiel réside dans la représentation la plus plausible de concentrations en cas de défaillance de stations ou de mesures de composés ou lorsque des problèmes de transmission sur le réseau de mesure surviennent.

Comme pour les moyennes annuelles, la prise en compte de l'altitude topographique en tant que variable explicative a montré de bons résultats pour les données en direct.

Sur la base de moyennes horaires, des régressions liées à l'altitude des points de mesure sont construites pour la concentration d'ozone et rentrent en compte de manière pondérée dans la réalisation des cartes. L'évolution d'une droite de régression est représentée à titre d'exemple sur l'illustration 3.6-2. Contrairement au dioxyde d'azote et aux particules fines PM10, la concentration en ozone augmente avec l'altitude.

Des représentations de cartes interpolées sans variables explicatives sont actuellement employées pour les particules fines PM10, le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre et le monoxyde de carbone. Il est envisageable de prendre en compte l'altitude pour les particules fines PM10 et le dioxyde d'azote.

Darstellung aktueller Daten (Stundenmittelwerte)

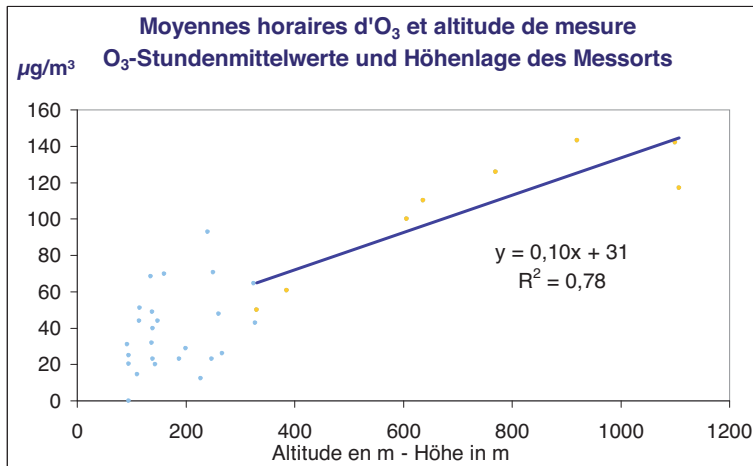
Für die reine Interpolation der aktuellen Messdaten wurde das Verfahren des Inverse Distance Weighting (IDW) gewählt.

Anforderungen bei der Wahl des Interpolationsverfahren stellten zum einen die Geschwindigkeit der Kartengenerierung als auch der Erhalt der gemessenen Werte innerhalb der Karte dar. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die möglichst plausible Darstellung der Konzentrationen bei Ausfall von Messstationen oder Komponenten bzw. bei Übertragungsproblemen aus den Messnetzen.

Wie schon bei den Jahresmittelwerten zeigte die Berücksichtigung der topografischen Höhe als zusätzliche Information gute Ergebnisse für die aktuellen Daten.

Auf der Basis von 1-Stunden-Mittelwerten werden für die Ozonkonzentration Regressionsbeziehungen zur Höhenlage der Messpunkte gebildet, die gewichtet in die Kartendarstellung eingehen. Der Verlauf einer Regressionsgeraden ist beispielhaft in Abbildung 3.6-2 dargestellt. Im Gegensatz zu Stickstoffdioxid und Feinstaub PM10 nimmt die Ozonkonzentration mit steigender Höhe zu.

Aktuell werden für die Komponenten Feinstaub PM10, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid interpolierte Kartendarstellungen ohne Zusatzinformationen eingesetzt. Eine Berücksichtigung der Höhe ist für die Komponenten Feinstaub PM10 und Stickstoffdioxid bei größerem Aufwand denkbar.



■ Illustration 3.6-2 :

Régression entre les valeurs moyennes horaires d'ozone et l'altitude du site de mesure

■ Abbildung 3.6-2:

Regression zwischen Ozon-Stundenmittelwerten und der Höhenlage der Messorte

3.6.c Mise en œuvre – Interpolation avec informations complémentaires

La carte interpolée des polluants sur le domaine d'étude constitue la base de la combinaison d'une méthode d'interpolation avec prise en compte de l'altitude. A partir de 330 m, cette carte est recoupée avec la carte d'altitude des immissions. Ainsi, pour chaque maille, les concentrations pondérées des mailles provenant de la carte interpolée et de la carte corrigée par l'altitude sont reportées sur une nouvelle carte.

Carte des immissions corrigée par l'altitude

Les facteurs de régression entre les concentrations (moyennes annuelles / données en direct) et l'altitude des stations de mesure sont déduits afin de calculer la carte corrigée par l'altitude.

En fonction de la qualité de la fonction trouvée, cette dernière s'insère dans l'interpolation conformément à la pondération.

A partir de l'exemple des moyennes annuelles de l'ozone (année 2002) l'élaboration de la « régression d'altitude » a été présentée avec sa pondération correspondante avec une pondération ultérieure (illustration 3.6-3).

Seules les stations de mesure situées à plus de 330 m au-dessus du niveau de la mer sont prises en compte pour la formation des droites de régression. En dessous de cette altitude, d'autres influences telles que les émissions de NO_x dans une région ou une ville, jouent un rôle si prédominant que le paramètre de l'altitude n'est plus perceptible.

Zones d'altitude

La validation de la régression déterminée ne s'effectue pas en prenant en compte tous les points de mesure

3.6.c Umsetzung – Interpolation mit Zusatzinformationen

Basis der Kombination eines Interpolationsverfahrens mit Berücksichtigung der Höhe ist die interpolierte Schadstoffkarte des Projektgebietes. Ab einer Geländehöhe von 330 m wird diese Karte mit der Immissions-Höhenkarte verschnitten. Dabei werden für jeden Rasterpunkt die gewichteten Konzentrationen der Rasterpunkte aus der interpolierten Karte und der Höhenkarte in eine neue Karte eingetragen.

Immissions-Höhenkarte

Zur Berechnung der Höhenkarte werden Regressionsbeziehungen zwischen Konzentrationswerten (Jahresmittelwerten / aktuellen Werten) und der Höhenlage der Messstationen abgeleitet.

Abhängig von der Qualität der gefundenen Funktion geht diese entsprechend gewichtet in die Interpolation ein.

Am Beispiel der Jahresmittelwerte von Ozon (Jahr 2002) wird die Bildung der Höhenregression mit anschließender Wichtung aufgezeigt (Abbildung 3.6-3).

Für die Bildung der Regressionsgeraden werden nur Messstationen ab einer Höhenlage von 330 m ü.NN herangezogen. Unterhalb dieser Höhe spielen andere Einflüsse, wie z. B. das vorhandene NO_x-Angebot in einem Gebiet oder einer Stadt, eine so dominierende Rolle, dass eine Höhenabhängigkeit nicht mehr erkennbar ist.

Höhenbereiche

Die Bewertung der Qualität der gebildeten Regression geschieht nicht unter Einbeziehung aller vorhandenen Messpunkte, sondern durch die dem jeweiligen Messpunkt zugeordneten Höhenbereiche. Jedem Messpunkt wird beginnend bei 330 m und bestimmt durch die nächstgelegenen Punkte ein Höhenbereich

disponibles, mais au contraire, à l'aide des zones d'altitude attribuées à chaque point de mesure. Une zone d'altitude est attribuée à chaque site de mesure à partir de 330 m et est définie à l'aide des sites les plus proches. Le facteur de pondération pour le recouplement des deux cartes d'immissions (carte interpolée et carte des immissions corrigée par l'altitude) est défini de manière représentative pour cette zone d'altitude à l'aide de l'écart du point de mesure par rapport aux droites (illustration 3.6-3).

Facteur de pondération

La méthode de pondération a été précisée pour deux points de mesure : un point avec un grand écart avec les droites de régression ainsi qu'un point avec un écart faible ont été choisis (illustration 3.6-3 & illustration 3.6-4).

Le site de mesure i comportant un écart important entre le point de mesure et les droites d'interpolation conduit à un poids de la carte des immissions corrigée par l'altitude plus faible et un poids plus fort de la carte interpolée. Traduit sur la carte de résultats, cela signifie que les concentrations aux mailles de cette altitude, sont faiblement influencées par le paramètre de l'altitude et plus fortement par l'interpolation proprement dite.

A l'inverse, dans le cas du point de mesure j, un écart faible au point de mesure par rapport aux droites a conduit à une influence plus forte de la carte corrigée par l'altitude et à une influence plus faible de l'interpolation.

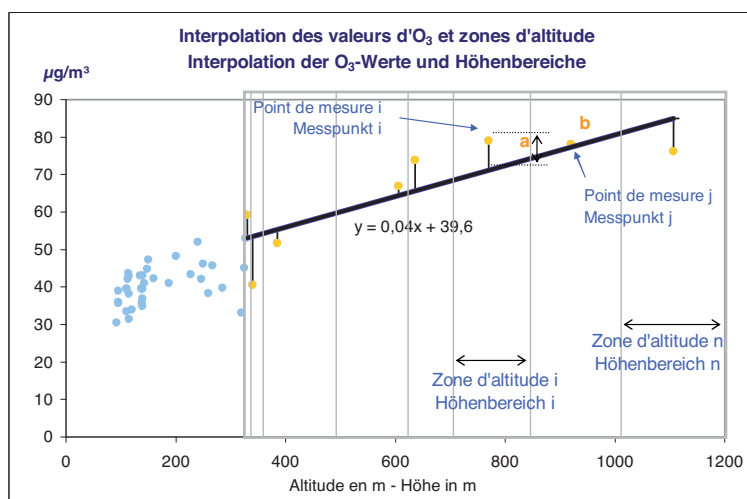
zugewiesen. Repräsentativ für diesen Höhenbereich wird anhand der Abweichung des Messpunktes zur Geraden das Wichtungsverhältnis für die Verschneidung der beiden Immissionskarten (interpolierte Karte und Immissions-Höhen-Karte) bestimmt (Abbildung 3.6-3).

Wichtungsverhältnis

Exemplarisch für zwei Messpunkte wird die Vorgehensweise der Wichtung verdeutlicht. Gewählt wurden je ein Punkt mit sehr geringer und ein Punkt mit sehr großer Abweichung zur ermittelten Geraden. (Abbildung 3.6-3 & Abbildung 3.6-4).

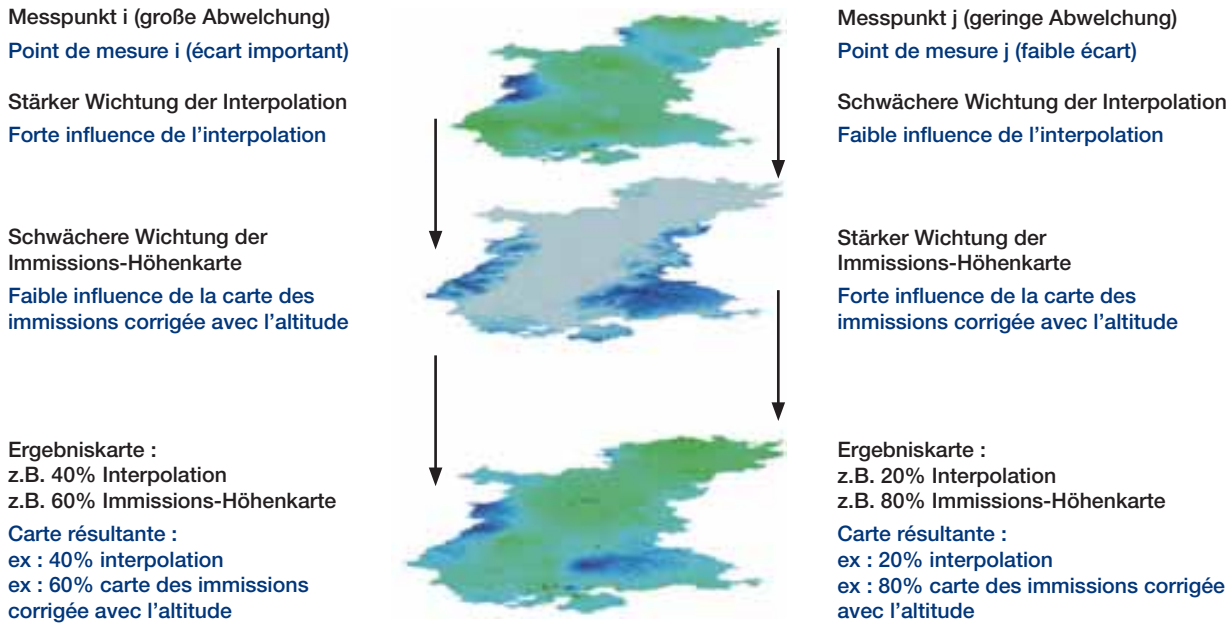
Messpunkt i mit großer Abweichung zwischen Messpunkt und Ausgleichsgeraden führt zur schwächeren Gewichtung der Immissions-Höhen-Karte und stärkeren Gewichtung der interpolierten Karte. Übertragen in die Ergebniskarte bedeutet dies, dass sich die Konzentrationen an den Rasterpunkten, die in diesem Höhenbereich liegen, relativ stark aus Anteilen der interpolierten Karte und relativ schwach aus Anteilen oder Höhenabhängigkeit zusammensetzen.

Umgekehrt führt bei Messpunkt j eine geringe Abweichung von Messpunkt zur Geraden zur stärkeren Bewertung der Höhenkarte und schwächeren Bewertung der Interpolation.



■ Illustration 3.6-3 :
Droite d'interpolation avec zones d'altitude

■ Abbildung 3.6-3:
Ausgleichsgerade mit Höhenbereichen



■ Illustration 3.6-4 :
 Exemple de recoupage pour les points de mesure i et j.

■ Abbildung 3.6-4:
 Beispiel einer Verschneidung für die Messpunkte i und j.

3.6.d Choix des programmes

Pour répondre aux exigences décrites ci-dessus, différents ensembles de programmes disponibles sur le marché ont été testés :

- FLADIS
- MapInfo/ Vertical Mapper
- ArcView + Spatial Analyst/Geostatistical Analyst
- GRASS/ GMT

Pour chaque programme testé, la qualité des cartes d'immissions générées a été évaluée en premier lieu. La diversité en matière de méthodes d'interpolation disponibles ainsi que la possibilité de pouvoir recouper la carte interpolée avec des informations complémentaires (par exemple l'altitude) sont décisives pour une représentation aussi proche que possible de la répartition réelle des polluants.

En outre, la fonctionnalité des programmes joue un rôle considérable pour une utilisation opérationnelle. Dans ce cas, le fonctionnement et la possibilité d'automatiser les traitements, constituent des critères importants pour le choix de l'ensemble des programmes.

En raison de contraintes différentes, la réalisation de cartes basées sur des moyennes horaires pour une exploitation opérationnelle et celles basées sur des moyennes annuelles pour l'historique ont été étudiées séparément.

L'ensemble des programmes **ArcView** avec ses extensions *Spatial Analyst*, *Geostatistical Analyst* a été choisi pour réaliser les cartes d'immissions historiques.

3.6.d Programmauswahl

Für die Realisierung der oben beschriebenen Anforderungen wurden verschiedene auf dem Markt erhältliche Programmpakete getestet:

- FLADIS
- MapInfo/ Vertical Mapper
- ArcView + Spatial Analyst/Geostatistical Analyst
- GRASS/ GMT

Bei jedem der getesteten Programme wurden in erster Linie die Qualität der generierten Immissionskarten beurteilt. Entscheidend für eine realitätsnahe Abbildung der Schadstoffverteilung sind vor allem die Vielseitigkeit hinsichtlich der vorhandenen Interpolationsverfahren und die Möglichkeit, die interpolierte Karte mit Zusatzinformationen (z.B. Höhenabhängigkeit) zu verschneiden.

Außerdem spielt die Eignung der Programme für den operationellen Einsatz eine sehr wichtige Rolle. Hier sind das Laufzeitverhalten und die Möglichkeit, Abläufe zu automatisieren wesentliche Kriterien für die Auswahl eines Programmpaketes.

Aufgrund unterschiedlicher Anforderungen wurde die Erstellung von Karten auf Basis von Stundenmittelwerten für den operationellen Betrieb sowie von Jahresmittelwerten für die langjährige Darstellung getrennt betrachtet.

Für die manuelle Generierung der Immissionskarten wurde das Programmpaket **ArcView** mit seinen Programm-Erweiterungen *Spatial Analyst*, *Geostatistical Analyst* ausgewählt. Mit ausschlaggebend hierfür waren die

Dans un environnement Windows, l'utilisation générale, la compatibilité et la polyvalence des programmes ont été décisives. De plus, l'échange simple de données à l'aide de filtres d'import et d'export ainsi que les possibilités de formater les cartes (réalisation de légendes, création de cadre par exemple) est également un avantage.

Pour la création automatique de cartes interpolées, le programme **GRASS / GMT** sous Linux s'est avéré être l'outil adéquat. Les choix limités des différentes méthodes d'interpolation disponibles et de mises en oeuvre ont été contre-balançés par de larges possibilités de création automatique de cartes. L'utilisation de scripts permet une structure modulaire et claire ainsi qu'une génération extrêmement rapide des cartes.

übersichtliche Bedienung gemäß Windows-Konventionen, die Kompatibilität und Vielseitigkeit der Programmes. Überzeugend ist außerdem der einfache Austausch von Daten über entsprechende Export- / Importfilter sowie die Möglichkeiten zur Formatierung der Karten (z. B. Legendengenerierung, Rahmengestaltung).

Für die automatisierte Generierung der interpolierten Karten erwies sich das unter Linux laufende **GRASS / GMT** als geeignetes Werkzeug. Defizite bei der Auswahl der möglichen Interpolationsverfahren und der Bedienung werden durch die sehr guten Möglichkeiten der automatisierten Generierung von Karten ausgeglichen. Der Einsatz von Scripten ermöglicht einen modularen und übersichtlichen Aufbau sowie die sehr schnelle Berechnung von Karten.

3.7 Echange de données Datenaustausch

3.7.a Concept du système d'échange de données (DAS)

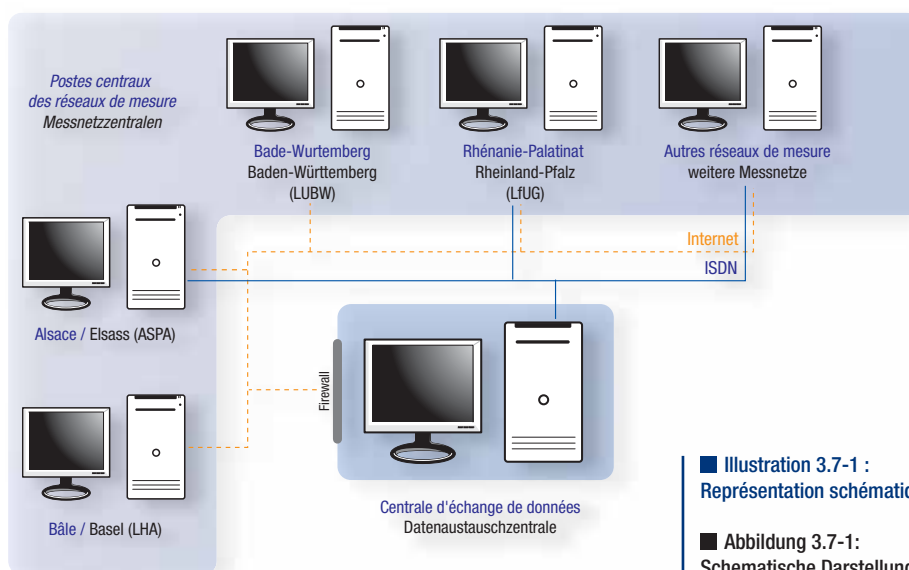
L'échange de données pour le Rhin supérieur dans le cadre d'INTERREG III (Atmo-rhenA) a été intégré dans un système d'échange de données déjà existant en Allemagne puis adapté à l'ensemble du système pour répondre à des exigences plus larges.

Les données provenant des quatre postes centraux des réseaux de mesure (ASPA, LHA, LUBW et LfUG) se rejoignent sur un serveur central (centrale d'échange de données) situé au sein de la LUBW à Karlsruhe (illustration 3.7-1).

3.7.a Konzept des Datenaustauschsystems (DAS)

Der Datenaustausch für das Oberrheingebiet im Rahmen von INTERREG III (Atmo-rhenA) wurde in ein in Deutschland bereits bestehendes Datenaustauschsystem integriert und das gesamte System auf die erweiterten Anforderungen angepasst.

Die Daten aus den vier Messnetzzentralen (ASPA, LHA, LUBW und LfUG) laufen auf einem zentralen Server (Datenaustauschzentrale) bei der LUBW in Karlsruhe zusammen (Abbildung 3.7-1).



■ Illustration 3.7-1 :
Représentation schématique du système d'échange de données

■ Abbildung 3.7-1:
Schematische Darstellung des Datenaustauschsystems

L'unité centrale du système d'échange de données est le **Serveur DAS**. C'est lui qui effectue l'appel des données, leur archivage ainsi que la réalisation et la mise à disposition des exploitations.

L'échange de données peut se faire par ISDN, ainsi qu'à l'aide d'un service FTP sur Internet. Le serveur, constitué d'un système de serveurs très performant, se trouve dans une zone dite démilitarisée (DMZ) et est protégé de l'extérieur par un Firewall.

Le raccordement réseaux des postes centraux / réseaux de mesure s'effectue à l'aide du **DAS-Clients**. A cet effet, il existe trois possibilités :

Boîte d'échange de données – ISDN

Lors du raccordement sur une boîte d'échange de données, il s'agit en règle générale d'un PC standard, relié à chaque poste central des réseaux de mesure. Il fait office d'interface entre les postes centraux des réseaux de mesure et le serveur DAS et met à disposition les données de mesures actuelles dans un format de fichier défini. Le raccordement au serveur DAS s'effectue à l'aide du réseau téléphonique public.

Serveur FTP – Internet

La transmission de données par FTP (File Transfer Protocol) sur Internet représente un autre moyen pour la mise à disposition de données. Dans ce cas, un serveur FTP est adossé aux postes centraux des réseaux de mesure raccordés, lequel procédera à l'appel des données. L'avantage réside dans l'utilisation d'un logiciel standard (serveur FTP), avec un ordinateur quelconque, c'est-à-dire, qu'il est possible de se passer d'une boîte d'échange de données.

La troisième option est la mise à disposition sur le **serveur FTP de la centrale d'échange de données**.

3.7.b Transmission de données

Il est primordial de différencier l'exploitation habituelle/ opérationnelle, au cours de laquelle les données de mesure sont appelées toutes les heures, et l'échange mensuel/annuel, contenant des données utilisées pour l'actualisation des exploitations historiques.

Die zentrale Einheit des Datenaustauschsystems ist der **DAS-Server**. Auf ihm erfolgt der Datenabruf, die Archivierung der Daten sowie das Durchführen und Bereitstellen von Auswertungen.

Der Datenaustausch kann per ISDN sowie über FTP-Dienste über das Internet erfolgen. Der Server, der aus einem leistungsstarken Serversystem besteht, befindet sich in der sogenannten demilitarisierten Zone (DMZ) und ist nach außen durch eine Firewall geschützt.

Die Anbindung der Messnetze/ Messnetzzentralen erfolgt über **DAS-Clients**. Dafür stehen drei Möglichkeiten zur Verfügung:

Datenaustauschbox – ISDN

Bei der Anbindung über eine Datenaustauschbox handelt es sich in der Regel um einen Standard-PC, der im Netzwerk der jeweiligen Messnetzzentrale eingebunden ist. Er dient als Schnittstelle zwischen Messnetzzentrale und DAS-Server und stellt die aktuellen Messdaten in einem definierten Dateiformat zur Verfügung. Die Anbindung zum DAS-Server erfolgt über das öffentliche Fernsprechnetz.

FTP-Server – Internet

Ein weiterer Weg der Datenbereitstellung bietet die Datenübertragung per FTP (File Transfer Protocol) über das Internet. Hierbei kommt ein FTP-Server seitens der angebundenen Messnetzzentrale zum Einsatz, von dem die Daten abgerufen werden. Vorteilhaft ist hier die Nutzung von Standard-Software (FTP-Server) auf einem beliebigen Rechner, d.h. auf eine Datenaustauschbox kann verzichtet werden.

Der dritte Weg ist die Bereitstellung auf dem **FTP-Server in der Datenaustauschzentrale**.

3.7.b Datenübertragung

Zu unterscheiden ist der routinemäßige/operationelle Betrieb, bei dem aktuelle Messwerte bis zum Teil stündlich abgerufen werden, und der monatliche/ jährliche Datenaustausch, der Fertigdaten zur Pflege der langjährigen Auswertungen enthält.

Données actuelles

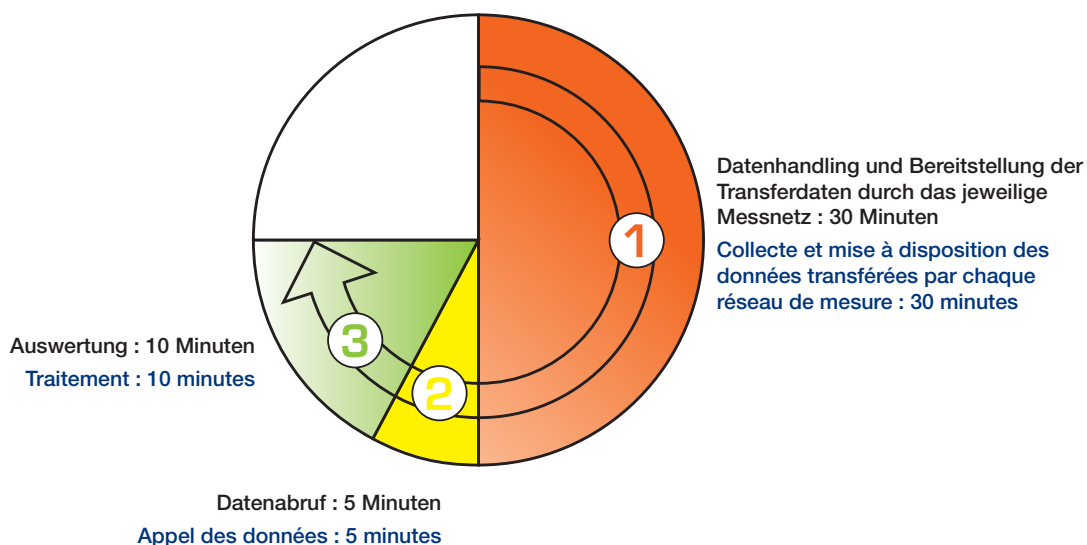
Lors de l'échange de données en temps réel, chaque poste central des réseaux de mesure met à disposition un dossier comprenant les concentrations en polluants ainsi que les paramètres météorologiques au format DAS, 30 minutes après l'heure pleine. La centrale d'échange de données commence l'appel des données 30 minutes après l'heure pleine. Les données sont appelées, archivées dans la banque de données et différentes exploitations sont effectuées. Ces exploitations sont disponibles 10 minutes au plus tard après la fin de l'appel des données (illustration 3.7-2).

D'avril à octobre, l'appel des données (et l'exploitation immédiate) s'effectuent de 6h00 à 21h00, toutes les trois heures. De mai à septembre, l'appel s'effectue entre 12h00 et 21h00 une fois par heure. L'appel s'effectue selon l'heure légale, c'est-à-dire pendant l'heure d'été d'Europe centrale (MESZ) ou selon l'heure d'Europe centrale (MEZ) en hiver.

Aktualdaten

Beim zeitnahen Datenaustausch werden von den einzelnen Messnetzzentralen innerhalb von 30 Minuten nach der vollen Uhrzeit eine Datei mit den Luftschadstoffwerten und den meteorologischen Parametern im DAS-Format bereitgestellt. 30 Minuten nach der vollen Uhrzeit beginnt der Abruf der Daten durch die Datenaustauschzentrale. Die Daten werden abgerufen, in der Datenbank archiviert und unterschiedliche Auswertungen durchgeführt. Die Auswertungen stehen spätestens 10 Minuten nach dem Ende des Datenabrufs zur Verfügung (Abbildung 3.7-2).

In den Monaten Oktober bis April erfolgt der Abruf (mit anschließender Auswertung) von 6:00 Uhr bis 21:00 Uhr im dreistündigen Abstand. In den Monaten Mai bis September erfolgen die Abrufe zwischen 12:00 Uhr und 21:00 Uhr zusätzlich stündlich. Der Abruf erfolgt jeweils zur gesetzlichen Zeit, d.h. während der Sommerzeit in MESZ, sonst in MEZ.



■ Illustration 3.7-2 :

Schéma du déroulement de la collecte des données (1), de l'appel des données (2) et de l'exploitation (3)

■ Abbildung 3.7-2:

Schema des zeitlichen Ablaufs von Datenhandling (1), Datenabruf (2) und Auswertung (3)

3.7.c Exploitations sur le système d'échange

Avant que les données de mesure ne soient publiées sur Internet, la centrale d'échange de données effectuera les premières vérifications de validité. Pour cela, les données seront visualisées sur des pages HTML. Ces résultats sont mis à disposition des réseaux de mesure raccordés.

3.7.c Auswertungen auf dem Austauschsystem

Vor der Veröffentlichung der Messdaten im Internet werden in der Datenaustauschzentrale erste Plausibilitätsprüfungen durchgeführt. Dafür werden die Daten auf HTML-Seiten visualisiert. Diese Auswertungen stehen den angebundenen Messnetzzentralen zur Verfügung.

Les résultats de mesure se laissent diviser en trois sous-catégories :

- Disponibilité

En règle générale, la disponibilité des données en direct d'un réseau de mesure est représentée dans un premier aperçu. Lorsque des données ne sont pas disponibles, plusieurs causes peuvent en être à l'origine : échec d'une connexion, aucune mise à disposition d'un fichier de données, aucune donnée n'est contenue dans le fichier de données disponible.

- Représentation sous forme de tableaux

Des tableaux comprenant toutes les données de mesure disponibles sont réalisés, concernant à la fois l'échéance actuelle et la valeur maximale de la journée. Ces tableaux sont configurés de telle sorte que les périodes d'agrégation, telles qu'elles sont indiquées dans les directives filles, soient couvertes.

- Représentation cartographique

Il existe deux formes de représentation graphique des données de mesure : les valeurs aux stations ou l'interpolation spatiale. Dans le cas de la représentation par station, les valeurs des mesures sont agrégées en sous-indices et représentées avec le code couleur associé.

Die Auswertungen der Messdaten lassen sich in drei Unterbereiche gliedern:

- Verfügbarkeit

In der ersten Übersicht wird generell die Verfügbarkeit von aktuellen Daten eines Messnetzes dargestellt. Ursachen für nicht vorhandene Daten können sein: kein Zustandekommen einer Verbindung, keine Bereitstellung eines Datenfiles, im bereitgestellten Datenfile sind keine aktuellen Daten enthalten.

- Tabellendarstellung

Sowohl über den aktuellen Zeitpunkt als auch über die Maximalwerte des Tages werden Tabellen mit allen verfügbaren Messdaten erstellt. Dabei sind die Tabellen so konfiguriert, dass die Aggregationszeiträume wie sie in den Tochterrichtlinien vorgegeben sind, abgedeckt werden.

- Kartendarstellung

Bei der graphischen Darstellung der Messwerte gibt es zwei Darstellungsformen: Flächenhaft interpoliert und stationsbezogen. Bei der stationsbezogenen Darstellung sind die Messwerte am Standort der Messstation farblich eingeteilt in Farbklassen dargestellt.

3.8 Contents du site Internet Inhalte des Internetangebots

3.8.a Représentation

La lisibilité et la compréhension ont été déterminantes pour le choix de la représentation adéquate. Les résultats de mesure sont colorés dans toutes les représentations graphiques. L'échelle de couleurs, qui part du vert (pollution faible) pour atteindre le rouge (pollution élevée) en passant par le jaune, est calée sur les valeurs limites en vigueur ; il est ainsi plus facile pour l'observateur d'évaluer rapidement les concentrations indiquées.

Les tableaux 3.8-1 et 3.8-2 donnent un aperçu de toutes les substances polluantes, ainsi que leurs grandeurs et la (les) forme(s) de représentations choisie(s), représentées à l'aide d'Internet pour le projet INTERREG III.

3.8.a Darstellung

Die gute Lesbarkeit und Verständlichkeit stehen bei der Wahl der geeigneten Darstellung im Vordergrund. Bei allen grafischen Darstellungen werden die Messergebnisse farblich hinterlegt. Die von blau (niedrige Belastung) über gelb bis rot (hohe Belastung) reichende Farbskala orientiert sich am jeweils gültigen Grenzwert und erleichtert so dem Betrachter, die gezeigten Konzentrationen schnell zu bewerten.

Die Tabellen 3.8-1 und 3.8-2 zeigen eine Übersicht über alle in der INTERREG III-Webpräsenz dargestellten Schadstoffe, die jeweils gezeigten Kenngrößen und die dafür gewählte Darstellungsform(en).

	Ensemble de la zone (cartes)	Région du Rhin supérieur Nord/Centre/Sud (tableaux)	Choix de la station (tableaux bilan et graphiques)	Film
IQA (F)	Indice actuel du jour même par station Indice de la veille par station		Valeur actuelle et historique sur 8 jours	
LuQx (D)	Indice actuel du jour même par station Indice actuel interpolé du jour même Indice de la veille par station		Valeur actuelle et historique sur 8 jours	
KBI (CH)	Indice actuel du jour même par station Indice de la veille par station		Valeur actuelle et historique sur 8 jours	
Ozone	Moyenne horaire actuelle interpolée Maximum des moyennes horaires interpolées du jour même Maximum des moyennes horaires interpolées de la veille Moyenne actuelle 8h interpolée Maximum des moyennes 8 h interpolées du jour même Maximum des moyennes 8 h interpolées de la veille Prévision	Moyenne horaire actuelle Maximum des moyennes horaires et 8h glissantes du jour même Maximum des moyennes horaires et 8h glissantes de la veille	Moyenne horaire (2 jours) Moyenne 8h glissantes (2 jours) Moyenne horaire (8 jours) Moyenne 8h glissantes (8 jours)	O ₃ moyenne horaire du jour même O ₃ moyenne horaire de la veille O ₃ moyenne 8h glissantes du jour même O ₃ moyenne 8h glissantes de la veille
PM10	Moyenne actuelle 24h interpolée Moyenne actuelle 24h par station Moyenne 24h de la veille interpolée	Moyenne actuelle 24h glissantes Moyenne journalière de la veille	Moyenne journalière (2 jours) Moyenne journalière (8 jours)	PM10 moyenne actuelle 24h glissantes PM10 moyenne 24h glissantes de la veille
Dioxyde d'azote	Moyenne horaire actuelle interpolée Moyenne horaire actuelle par station Maximum des moyennes horaires de la veille par station Moyenne journalière de la veille interpolée	Moyenne horaire actuelle Maximum des moyennes horaires du jour même Maximum des moyennes horaires de la veille Moyenne journalière de la veille	Moyenne horaire (2 jours) Moyenne horaire (8 jours)	NO ₂ moyenne horaire actuelle NO ₂ moyenne horaire de veille
Dioxyde de soufre	Moyenne horaire actuelle interpolée Moyenne journalière de la veille par station	Moyenne horaire actuelle Maximum des moyennes horaires du jour même Maximum des moyennes horaires de la veille Moyenne journalière de la veille	Moyenne horaire (2 jours) Moyenne horaire (8 jours) Moyenne journalière (8 jours)	
Dioxyde de carbone	Moyenne 8h actuelle interpolée Moyenne 8h actuelle par station Moyenne journalière de la veille par station	Moyenne 8h actuelle Maximum des moyennes 8h du jour même Maximum des moyennes 8h de la veille Moyenne journalière de la veille	Moyenne 8h glissantes (2 jours) Moyenne 8h glissantes (8 jours)	
Tous composés		Valeur actuelle	Valeur actuelle Max. du jour même Max. de la veille Moyenne journalière	

■ Tableau 3.8-1 :
Vue générale des composants – représentation des données en direct

	Gesamtgebiet (Karten)	Regionen Oberrhein Nord/ Mitte/Süd (Tabellen)	Stationsauswahl (Übersichtstabelle, Grafiken)	Filme
IQA (F)	Heute stationsbezogen Vortag stationsbezogen		Aktuell und Verlauf (8 Tage)	
LuQx (D)	Heute stationsbezogen Heute interpoliert Vortag stationsbezogen		Aktuell und Verlauf (8 Tage)	
KBI (CH)	Heute stationsbezogen Vortag stationsbezogen		Aktuell und Verlauf (8 Tage)	
Ozon	heute (1-h-MW) interpoliert Max. heute (1-h-MW) interpoliert Max. Vortag (1-h-MW) interpoliert heute (8-h-MW) interpoliert Max. heute (8-h-MW) interpoliert Max. Vortag (8-h-MW) interpoliert Prognose	aktuell (1-h-MW) Max. heute (1-h-MW, 8-h-MW) Max. Vortag (1-h-MW, 8-h-MW)	Verlauf 2 Tage (1-h-MW) Verlauf 2 Tage (8-h-MW) Verlauf 8 Tage (1-h-MW) Verlauf 8 Tage (8-h-MW)	Ozon 1-h-MW (heute) Ozon 1-h-MW (Vortag) Ozon 8-h-MW (heute) Ozon 8-h-MW (Vortag)
PM10 Feinstaub	heute (24-h-MW) interpoliert heute (24-h-MW) stationsbezogen Vortag (TMW) interpoliert	aktuell (24-h-MW gleitend) Vortag (TMW)	Verlauf 2 Tage (24-h-MW) Verlauf 8 Tage (TMW)	PM10 24-h-MW (heute) PM10 24-h-MW (Vortag)
Stickstoff- dioxid	heute (1-h-MW) interpoliert heute (1-h-MW) stationsbezogen Max (1-h-MW) stationsbezogen Vortag (1-h-MW) stationsbezogen Vortag (TMW) interpoliert	aktuell (1-h-MW) Max. heute (1-h-MW) Max. Vortag (1-h-MW) Vortag (TMW)	Verlauf 2 Tage (1-h-MW) Verlauf 8 Tage (1-h-MW)	Stickstoff-dioxid 1-h-MW (heute) Stickstoff-dioxid 1-h-MW (Vortag)
Schwefel- dioxid	heute (1-h-MW) interpoliert Vortag (TMW) stationsbezogen	aktuell (1-h-MW) Max. heute (1-h-MW) Max. Vortag (1-h-MW) Vortag (TMW)	Verlauf 2 Tage (1-h-MW) Verlauf 8 Tage (1-h-MW) Verlauf 8 Tage (TMW)	
Kohlen- dioxid	heute (8-h-MW) interpoliert heute (8-h-MW) stationsbezogen Vortag (TMW) interpoliert	aktuell (8-h-MW) Max. heute (8-h-MW) Max. Vortag (8-h-MW) Vortag (TMW)	Verlauf 2 Tage (8-h-MW) Verlauf 8 Tage (8-h-MW)	
Alle Komponenten		aktuell	aktuell Max. heute Max. Vortag Vortag (TMW)	

■ Tabelle 3.8-1:
Übersicht Komponenten – Darstellung aktueller Daten

	Ensemble de la zone (cartes)	Choix de la station (tableaux bilan et graphiques)	Film
Ozone	Moyennes annuelles Moyennes annuelles (par station) Moyennes horaires maximales (année) Nbre de jours (moyenne horaire > 180 µg/m³) Nbre de jours (moyenne horaire > 240 µg/m³) Nbre de jours (moyenne horaire > 120 µg/m³) AOT 40 (Vegetation) AOT 40 5A (Vegetation)	Moyennes annuelles Maximum des moyennes horaires annuelles Nbre de jours (moyenne horaire > 180 µg/m³) Maximum des moyennes 8h annuelles Nbre de jours (moyenne horaire > 240 µg/m³) Nbre de jours (moyenne horaire > 120 µg/m³) AOT 40 (Vegetation) AOT 40 5A (Vegetation) Moyennes mensuelles Maximum des moyennes horaires mensuelles Nbre de jours (moyenne horaire > 180 µg/m³) Nbre de jours (moyenne horaire > 240 µg/m³) Maximum des moyennes 8h mensuelles Nbre de jours (moyenne horaire > 120 µg/m³)	Moyennes annuelles
PM10	Moyennes annuelles Moyennes annuelles (par station) Nbre de dépassements (moyenne journalière > 50 µg/m³ année)	Moyennes annuelles Nbre de dépassements (moyenne journalière > 50 µg/m³ année) Moyennes mensuelles Nbre de dépassements par mois (moyenne journalière > 50 µg/m³)	Moyennes annuelles
Dioxyde d'azote	Moyennes annuelles Moyennes annuelles (par station) Nbre de dépassements (moyenne horaire > 200 µg/m³)	Moyennes annuelles Max moyennes horaires (année) Moyennes mensuelles Max moyennes horaires (mois) Nbre de dépassements (moyenne horaire > 200 µg/m³ (mois))	Moyennes annuelles
Dioxyde de soufre	Moyennes annuelles Max. moyennes horaires (année) Max. moyennes journalières Nbre de dépassements (moyenne horaire > 350 µg/m³)	Moyennes annuelles Moyennes mensuelles Max. moyennes horaires (mois) Max. moyennes journalières Nbre de dépassements (moyenne horaire > 350 µg/m³)	
Dioxyde de carbone	Max. moyennes 8h (année)	Max. moyennes 8h (année) Max. moyennes 8h (mois)	
Benzène	Moyennes annuelles	Moyennes annuelles	
Plomb	Moyennes annuelles	Moyennes annuelles	

■ Tableau 3.8-2 :

Vue générale des composants – représentation des données historiques

	Gesamtgebiet (Karten)	Stationsauswahl (Übersichtstabelle, Grafiken)	Filme
Ozon	Jahresmittelwerte Jahresmittelwerte (stationbez.) Max. 1-h-MW (Jahr) Anz. Tage > 180 µg/m³ Anz. Tage > 240 µg/m³ Anz. Tage > 120 µg/m³ AOT 40 (Vegetation) AOT 40 5J (Vegetation)	Jahresmittelwerte Maximum des moyennes horaires annuelles Nbre de jours (moyenne horaire > 180 µg/m³) Maximum des moyennes 8h annuelles Nbre de jours (moyenne horaire > 240 µg/m³) Nbre de jours (moyenne horaire > 120 µg/m³) AOT 40 (Vegetation) AOT 40 5A (Vegetation) Monatsmittelwerte Max. 1-h-MW (Monat) Anz. Tage > 180 µg/m³ Anz. Tage > 240 µg/m³ Max. 8-h-MW (Monat) Anz. Tage > 120 µg/m³	Jahresmittelwerte
PM10 Feinstaub	Jahresmittelwerte Jahresmittelwerte (stationbez.) Überschr > 50 µg/m³ (TMW)	Jahresmittelwerte Überschr > 50 µg/m³ (TMW) Monatsmittelwerte Überschr > 50 µg/m³ (TMW)	Jahresmittelwerte
Stickstoff- dioxid	Jahresmittelwerte Jahresmittelwerte (stationbez.) Überschr > 200 µg/m³ (1-h-MW) Überschr > 80 µg/m³ (TMW)	Jahresmittelwerte Max. 1-h-MW (Jahr) Monatsmittelwerte Max. 1-h-MW (Monat) Überschr > 2000 µg/m³ (1-h-MW) Überschr > 80 µg/m³ (TMW)	Jahresmittelwerte
Schwefel- dioxid	Jahresmittelwerte Max. 1-h-MW (Jahr) Max. Tagesmittelwerte Überschr > 350 µg/m³ (1-h-MW)	Jahresmittelwerte Monatsmittelwerte Max. 1-h-MW (Monat) Max. Tagesmittelwerte Überschr > 350 µg/m³ (1-h-MW)	
Kohlen- dioxid	Max. 8-h-MW (Jahr)	Max. 8-h-MW (Jahr) Max. 8-h-MW (Monat)	
Benzol	Jahresmittelwerte	Jahresmittelwerte	
Blei	Jahresmittelwerte	Jahresmittelwerte	

■ Tabelle 3.8-2:
Übersicht Komponenten – Darstellung langjähriger Daten

3.8.b Informations supplémentaires et pages spéciales

Il s'agit dans ce cas de contenus « statiques », qui sont en règle générale réalisés et mis à jour lorsque des modifications se présentent. Parmi les pages spéciales, seules les « remarques particulières » sont actualisées. C'est dans ces pages que se trouvent les informations fournies par les partenaires en cas de concentrations élevées de substances polluantes. Le tableau 3.8-3 donne un aperçu de toutes les informations supplémentaires proposées sur Internet dans le cadre INTERREG III.

3.8.b Zusatzinformationen und Sonderseiten

Hierbei handelt es sich um „statische“ Inhalte, die in der Regel einmal erstellt bzw. bei Änderungen nachgeführt werden. Aktuellen Bezug haben lediglich die Sonderseiten zu „Besondere Hinweise“. Hier sind Informationen der Partner beim Auftreten von überhöhten Schadstoffkonzentrationen zu finden. Tabelle 3.8-3 zeigt eine Übersicht über alle im Rahmen der INTERREG III - Webpräsenz angebotenen Zusatzinformationen:

Page spéciale	Contenu
Page d'accueil	Logo d'Atmo-rhenA et logos des partenaires de projet et liens vers les sites
Homepage	Informations générales sur le projet INTERREG III, liens vers « Actualités »
Pages d'explications	Informations concernant le polluant représenté et l'indice de la qualité de l'air
Pages d'aide	Actuellement liens vers les partenaires de projets
Plan du site	Représentation de toutes les pages comme aide à la navigation
Contact	Liens vers les partenaires de projet
Remarques particulières	Informations supplémentaires lors de concentrations élevées de substances polluantes
Valeur limite	Valeur limite et valeur seuil en vigueur selon la directive fille européenne et la réglementation suisse
Catalogue des stations	Informations détaillées sur les stations de mesure du domaine d'étude INTERREG III

■ **Tableau 3.8-3 :**
Informations supplémentaires

Sonderseite	Inhalt
Einstiegsseite	Atmo-rhenA-Logo und Logos der Projektpartner mit Weblinks
Startseite	Allgemeine Informationen zum INTERREG III-Projekt, Weblinks zu „Aktuelles“
Erläuterungsseiten	Informationen zum dargestellten Schadstoff bzw. zum Luftqualitätsindex
Hilfsseiten	z.Z. Weblinks zu den Projektpartnern
Sitemap	Darstellung aller Seiten als Navigationshilfe
Kontakt	Weblinks zu den Projektpartnern
Besondere Hinweise	Zusatzinformationen bei überhöhten Schadstoffkonzentrationen
Grenzwerte	Geltende Grenz- und Schwellenwerte der EU-Tochterrichtlinien und der schweizerischen Gesetzgebung
Stationskatalog	Detaillinformationen zu den Messstationen im INTERREG III - Gebiet

■ **Tabelle 3.8-3:**
Zusatzinformationen

3.8.c Structure des pages

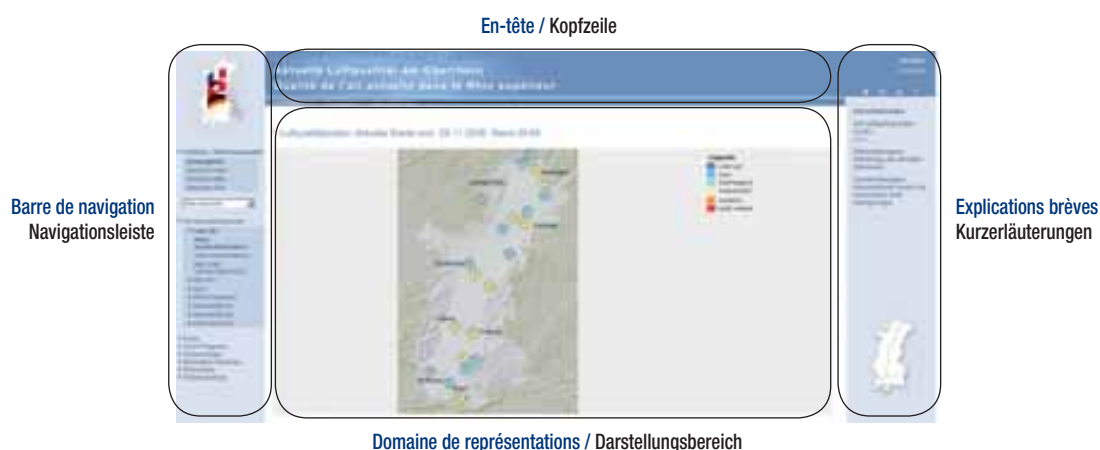
La structure de toutes les pages du site Internet consacré à INTERREG III est bâtie sur le même modèle. Elle subdivise les pages en quatre domaines caractéristiques, indiqués dans l'illustration 3.8-1.

- En-tête
- Barre de navigation
- Domaine de représentations et d'annonces
- Explications brèves

3.8.c Seitenaufbau

Der Seitenaufbau ist konsequent in der gesamten INTERREG III-Webpräsenz nach der selben Struktur gegliedert. Sie unterteilt die Seiten in die auch in Abbildung 3.8-1 gekennzeichneten vier Bereiche

- Kopfzeile
- Navigationsleiste
- Darstellungs- und Anzeigenbereich
- Kurzerläuterungen



■ Illustration 3.8-1 :
Exemple de page Internet

■ Abbildung 3.8-1:
Beispiel einer Internetseite

L'**en-tête** contient avant tout le titre. Parallèlement au choix de langue possible (français ou allemand), elle contient les icônes couramment utilisées sur Internet : 🏠 pour « home » (liens vers la page d'accueil), ✉ pour « contact » (liens vers les partenaires de projet), 🗺 pour « plan du site » et ? pour « aide ». Le chemin de navigation actuel est indiqué juste en dessous du titre. Il est possible d'accéder au chemin de navigation en double cliquant dessus.

L'en-tête apparaît sur toutes les pages, si bien que les liens Internet proposés sont à tout moment disponibles.

La **barre de navigation** constitue le côté gauche des pages Internet. C'est dans cette barre que sont proposés les choix de la représentation cartographique (valeurs mesurées aux stations ou interpolation) et le choix des composants. Parmi les composants, les grandeurs disponibles apparaissent en cliquant sur la souris.

En dessous des composants, la barre de navigation contient d'autres possibilités de choix.

Des films, des prévisions d'ozone et des informations quant aux valeurs limites en vigueur peuvent être consultés. Le lien, qui conduit aux séries de données historiques dirige l'internaute vers un autre site Internet (voir le chapitre suivant), se trouve sous la rubrique « exploitations ».

Die **Kopfzeile** enthält vor allem die Überschrift. Sie enthält neben der Möglichkeit zur Sprachwahl (französisch oder deutsch) die im Internet üblichen Icons 🏠 für „home“ (Weblink zur Einstiegsseite), ✉ für „Kontakt“ (Weblinks zu den Projektpartnern), 🗺 für „Sitemap“ und ? für „Hilfe“. Direkt unter der Überschrift wird der aktuelle Navigationspfad angezeigt. Durch Doppelklicken kann über den Navigationspfad direkt navigiert werden.

Die Kopfzeile bleibt auf allen Seiten unverändert, so dass die hier angebotenen Weblinks immer zur Verfügung stehen.

Die **Navigationsleiste** bildet den linken Rand der Webseiten. Hier wird eine räumliche Auswahl (Regionen- oder Stationsauswahl) und die Auswahl der Komponenten angeboten. Unter den Komponenten erscheinen bei Mausklick die jeweils zur Verfügung stehenden Kenngrößen.

Unterhalb der Komponentenauswahl enthält die Navigationsleiste weitere Auswahlmöglichkeiten.

Es können Filme, die Ozon-Prognose und Informationen zu den geltenden Grenzwerten aufgerufen werden.. Unter „Auswertungen“ ist hier der Weblink untergebracht, der zu den in einer separaten Webpräsenz dargestellten langjährigen Datenreihen führt (vergleiche das folgende Kapitel).

Au centre de la page, **le cadre** contient la représentation choisie à l'aide de la barre de navigation. Cette représentation est toujours accompagnée d'un titre descriptif et d'une légende.

En plus des informations fournies dans le cadre des représentations/d'annonces, des « **brèves** » apparaissent sur la barre de défilement à droite. Si les explications brèves sont trop longues pour être entièrement publiées sur les pages en direct, il sera possible d'être redirigé vers une page spéciale en cliquant sur le lien « plus ».

3.8.d Navigation

3.8.d.1 Accueil

L'accueil sur le site Internet du projet INTERREG III s'effectue sur des pages bilingues, sur lesquelles il est possible de choisir une langue, à savoir français ou allemand. Selon la langue qu'il a choisi, l'utilisateur est dirigé vers les pages françaises ou allemandes. Toutes les pages du site Internet peuvent être consultées aussi bien en allemand qu'en français, il est à tout moment possible de changer de langue.

Après avoir choisi une langue sur la page d'accueil, une représentation par station de l'indice de la qualité de l'air actuel pour la région sera indiquée : le LuQx et KBI pour les pages germanophones, l'IQA pour les pages francophones. Ces représentations d'indices sont les seules du site Internet et séparent la page germanophone de la page francophone.

3.8.d.2 Niveaux de hiérarchie

Le site Internet se trouvant derrière les pages d'accueil peut être subdivisé en trois niveaux de hiérarchie :

Totalité du domaine d'étude :

Ce niveau comprend les cartographies par station ou interpolées pour tout le domaine d'étude.

Au niveau régional :

Le domaine d'étude sera divisé en trois parties «nord», «centre» et «sud» sans tenir compte des frontières. Des informations sous forme de tableaux, fournissant un aperçu de toutes les stations de mesure de la région ainsi que de tous les polluants mesurés, seront disponibles pour ces entités régionales.

Au niveau de la station :

A ce niveau, des informations sur les polluants mesurés à une station choisie seront disponibles sous forme de tableaux et de graphiques d'évolution.

Der **Darstellungs- und Anzeigenbereich** in der Seitenmitte enthält die über die Navigationsleiste gewählte Darstellung. Diese wird immer durch eine entsprechende Überschrift beschrieben und durch eine Legende ergänzt.

Zu den im Darstellungs-/Anzeigenbereich angezeigten Informationen erscheinen am rechten Browser-Rand **Kurzerläuterungen**. Sind die Kurzerläuterungen zu lang, um auf der aktuellen Seite vollständig angezeigt werden zu können, wird über einen Weblink „mehr“ auf eine Sonderseite weitergeleitet.

3.8.d Navigation

3.8.d.1 Einstieg

Der Einstieg in die INTERREG III-Webpräsenz erfolgt über zweisprachige Seiten, auf denen die gewünschte Sprache – französisch oder deutsch – gewählt werden kann. Durch die Sprachwahl wird der Benutzer auf die deutschen bzw. französischen Webseiten geführt. Alle Seiten der Webpräsenz sind sowohl in französisch als auch in deutsch abrufbar, auf jeder Seite kann in die jeweils andere Sprache gewechselt werden.

Nach der Sprachwahl auf der Einstiegsseite wird die stationsweise Darstellung des jeweiligen Luftqualitätsindex in der Fläche gezeigt: der LuQx und KBI für die deutschsprachigen, der IQA für die französischsprachigen Seiten. Diese Darstellungen der Indizes sind die einzigen innerhalb der Webpräsenz, bei denen sich die deutschsprachige von der französischsprachigen Seite unterscheidet.

3.8.d.2 Hierarchieebenen

Die hinter den Einstiegsseiten liegende Webpräsenz kann in drei Hierarchieebenen unterteilt werden:

Gesamtgebietsebene:

Diese Ebene enthält stationsbezogene oder flächenhaft interpolierte Kartendarstellungen über das gesamte Projektgebiet.

Regionsebene:

Unabhängig von Ländergrenzen wird das Projektgebiet in drei Bereiche „Nord“, „Mitte“ und „Süd“ eingeteilt. Für diese Teilregionen stehen tabellarische Informationen bereit, die einen Überblick über alle in dieser Region befindlichen Stationen mit den gemessenen Schadstoffen liefern.

Stationsebene:

Auf dieser Ebene stehen Informationen zu den an der ausgewählten Station gemessenen Komponenten in Form von Tabellen und Verlaufsgrafiken zur Verfügung.

3.8.d.3 Eléments de navigation

Différents types de navigation permettent d'atteindre différents niveaux de hiérarchie. Ainsi, parallèlement aux éléments de la barre de navigation, des liens sont également disponibles à l'intérieur des tableaux et des «Hot Spots» dans les représentations cartographiques pour une navigation intuitive. Il est possible de retourner sur les pages précédentes à l'aide du chemin de navigation dans l'en-tête.

3.8.d.4 Contenus spéciaux

Différentes informations ne peuvent être contenues dans la logique de navigation décrite. Ces contenus seront atteints à l'aide des points du menu dans la barre de navigation :

- Films
- Prévisions d'ozone
- Exploitations – séries de données historiques
- Remarques particulières
- Valeurs limites
- Catalogue des stations

Il s'agit pour les **films** et les **prévisions d'ozone** de contenus particulièrement intéressants, c'est pourquoi ces derniers se retrouvent en tête de liste.

L'accès aux séries de données historiques, qui démarre séparément dans une autre fenêtre du navigateur, s'effectue à l'aide du point **exploitations – séries de données historiques**. La structure de ces pages, qui, en raison de données considérables, a été mise en œuvre sous forme d'un site Internet annexe fonctionne avec le même système que les données en direct.

Sous «**remarques particulières**» se trouvent les informations mises à disposition par les partenaires du projet en cas de pic de pollution. Les **valeurs limites** et le **catalogue des stations** comprennent des «informations statistiques», organisées sous forme de pages spéciales.

3.8.e Adresses en www

Des noms de domaines français et allemand ont été choisis pour accéder aux pages du site Internet URL (Uniform Resource Locator)



<http://www.atmo-rhena.net>

<http://www.atmo-rhinsuperieur.net>

En utilisant un alias, il sera possible d'accéder aux mêmes pages à partir de l'un ou l'autre des deux noms de domaine, c'est-à-dire que les deux URL sont disponibles dans les deux langues.

Statistiques

Des statistiques concernant la fréquentation du site Internet pourront être transmises par le fournisseur d'accès à l'aide d'un accès sécurisé par un mot de passe.

3.8.d.3 Navigationselemente

Das Erreichen der verschiedenen Hierarchieebenen ist über verschiedene Arten der Navigation möglich. So stehen neben den Elementen der Navigationsleiste auch Links innerhalb von Tabellen und Hotspots in Kartendarstellungen zur intuitiven Navigation zur Verfügung. Über den Navigationspfad in der Kopfzeile besteht die Möglichkeit des Rücksprungs auf vorherig angezeigte Seiten.

3.8.d.4 Besondere Inhalte

Verschiedene Informationen lassen sich nicht in die geschilderte Navigationslogik einbinden. Diese Inhalte werden über Menüpunkte in der Navigationsleiste erreicht:

- Filme
- Ozonprognose
- Auswertungen – Langjährige Datenreihen
- Besondere Hinweise
- Grenzwerte
- Stationskatalog

Bei **Filme** und **Ozonprognose** handelt es sich um Inhalte von besonderem Interesse, so dass diese auf der obersten Ebene positioniert wurden.

Über den Punkt **Auswertungen – Langjährige Datenreihen** erfolgt der Einstieg in die langjährigen Datenreihen, die als separates Angebot in einem eigenen Browser-Fenster gestartet werden. Der Aufbau dieser Seiten, die aufgrund des sehr umfangreichen Datenmaterials als separate, für sich lauffähige Web-Präsenz umgesetzt wurde, entspricht der Darstellung der aktuellen Daten.

Hinter **Besondere Hinweise** sind Informationen der Partner beim Auftreten von überhöhten Schadstoffkonzentrationen zu finden. **Grenzwerte** und **Stationskatalog** beinhalten „statische Informationen“, die als Sonderseiten aufgebaut werden.

3.8.e Adresse im www

Für den Zugriff auf die Seiten im Internet wurden Domain-Namen in französisch und deutsch gewählt URL (Uniform Resource Locator):



<http://www.atmo-rhena.net>

<http://www.luft-am-oberrhein.net>

Durch den Einsatz eines Alias wird von beiden Domainnamen auf die selben Seiten zugegriffen, d.h. unter beiden URLs stehen beide Sprache zur Verfügung.

Statistik

Über einen passwortgeschützten Zugriff lassen sich beim Provider Statistiken über den Besuch der Webseiten ermitteln.

**«Emiss'air Atmo-rhenA» - la base de
données des émissions atmosphériques
de l'espace du Rhin supérieur**

**„Emiss'air Atmo-rhenA„- die
Emissionsdatenbank für das
Oberrheingebiet**



«Emiss'air Atmo-rhenA» - la base de données des émissions atmosphériques de l'espace du Rhin supérieur

„Emiss'air Atmo-rhenA„- die Emissionsdatenbank für das Oberrheingebiet

Introduction Einleitung

L'occupation de la vallée du Rhin supérieur évoquée dans le contexte du projet a débuté vraisemblablement il y a un million d'années, et c'est au cours de l'ère néolithique il y a environ 6000 ans que les prémices de l'agriculture, signe de sédentarisation, apparaissent dans la région, avec l'existence de grands villages aux maisons très étendues. Située au confluent de grands axes de circulation, la vallée du Rhin supérieur a participé, dès le 2^e siècle av JC, à la diffusion en Europe des techniques de fonte des métaux mises au point un siècle plus tôt en Egypte et au Proche-Orient.

Depuis, en dépit d'une histoire tumultueuse, la vallée du Rhin supérieur s'est considérablement développée, que ce soit au niveau de sa population résidente qui n'a cessé de croître, qu'au niveau de son activité économique, largement soutenue par un tissu industriel et des voies de communication denses.

Ces quelques lignes permettent à elles seules de poser les premiers jalons de la problématique des rejets atmosphériques rencontrée dans la vallée du Rhin supérieur : une occupation humaine très importante et donc des activités très développées comme l'agriculture, l'industrie et le commerce avec comme corollaire le transport des biens et des personnes.

Depuis l'ère du paléolithique, l'homme utilise le feu pour se chauffer, se nourrir et se défendre, et avec le feu a engendré la pollution. Toute combustion génère en effet des quantités plus ou moins importantes d'imbrûlés, comme les poussières ou particules et toute une cohorte de polluants gazeux avec des impacts négatifs sur la santé humaine et l'environnement.

La situation contemporaine est semblable sur de multiples points : que ce soit au niveau des déplacements, des installations de chauffage ou de production industrielle, l'utilisation de combustibles, quels qu'ils soient, introduit dans l'atmosphère de multiples polluants. Elle est toutefois beaucoup plus complexe. Le feu de bois naturel a été largement remplacé par les multiples chaudières, moteurs (automobiles ou fixes), turbines à gaz : autant d'équipements qui vont avoir un impact spécifique sur la qualité de l'air, d'autant plus que les combustibles utilisés sont très nombreux : solides, liquides, gazeux, avec

Die Besiedlung des Oberrheingebiets hat wahrscheinlich vor einer Million Jahre angefangen. Die Jungsteinzeit markiert die Anfänge der Landwirtschaft vor etwa 6000 Jahren. Es gab bereits große Dörfer mit weitläufigen Häusern. Am Knotenpunkt wichtiger Verkehrswege hat der Oberrheingraben bereits im Laufe des 2. Jahrhunderts vor Christi Geburt dazu beigetragen, die Metallgusstechniken, die ein Jahrhundert früher in Ägypten und im Nahen Osten entwickelt wurden, in Europa zu verbreiten.

Trotz einer sehr bewegten Geschichte hat sich das Oberrheingebiet, im Bereich der Bevölkerung, die immer umfangreicher geworden ist sowie im Bereich der Wirtschaftstätigkeit, die durch die Industriestruktur und dichte Verkehrswege unterstützt wird, erheblich entwickelt.

Zusammengefasst weisen auf die Problematik der Luftbelastung im Rheingraben hin: eine hohe Bevölkerungsdichte und die damit verbundenen weit entwickelten Aktivitäten, wie Landwirtschaft, Industrie und Handel mit dem Transport von Gütern und Personen.

Seit der Altsteinzeit hat der Mensch das Feuer gebraucht, um sich zu wärmen, zu essen und sich zu verteidigen und damit auch Luftbelastungen verursacht. Jede Verbrennung bringt eine mehr oder weniger große Menge an Unverbranntem mit sich, wie Staub und Partikel sowie zahlreiche gasförmigen Schadstoffe, die eine negative Wirkung auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit haben können.

Die heutige Situation ist in dieser Hinsicht sehr ähnlich: im Bereich der Verkehrsmittel, der Heizungsanlagen oder der industriellen Produktion führt die Verwendung jedes Brennstoffes zu einer Schadstoffabgabe in die Atmosphäre. Sie ist dennoch komplizierter: das naturbelassene Brennholz wurde durch zahlreiche Heizungssysteme, Motoren (Fahrzeuge oder fest) und Gasturbinen ersetzt. Diese Ausrüstungen haben einen spezifischen Einfluss auf die Luftqualität, da die eingesetzten Brennstoffe sehr zahlreich sind: fest, flüssig oder gasförmig, und je nach ihrer geographischen Herkunft und ihrer Qualität verschiedene Eigenschaften haben.

Die heutige Situation unterscheidet sich vor allem durch ihren Umfang. Die Schadstoffausträge, die je nach

des caractéristiques très différentes suivant leur origine géographique, leur qualité.

La situation se différencie surtout par son ampleur. Aussi, les rejets atmosphériques fortement variables selon leur nature et leur origine, se doivent impérativement d'être quantifiés avec le plus de précision possible dans le but de proposer des actions ciblées de réduction voire des plans d'amélioration de la qualité de l'air.

Ces inventaires d'émissions atmosphériques pourront alors également être couplés à des modèles de simulation et de prévision de la qualité de l'air pour évaluer l'impact de l'évolution de ces émissions sur l'air que l'on respire.

C'est pour cela que les partenaires de la vallée du Rhin supérieur, agissent depuis près de 15 ans pour de part et d'autre des frontières mettre à disposition des décideurs régionaux et locaux, des outils fiables permettant la réalisation de diagnostics et d'évaluation des politiques d'amélioration de la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur. De tels outils ont été développés dans ce projet Atmo-rhenA. Et parmi eux l'inventaire des émissions.

Art und Herkunft sehr unterschiedlich sind, müssen deshalb unbedingt möglichst genau quantifiziert werden; dies mit dem Ziel Minderungsaktionen sowie Pläne zur Verbesserung der Luftqualität vorzuschlagen

Die Emissionserhebungen können auch an Modelle zur Simulation und Vorhersage der Luftqualität angekoppelt werden, um den Einfluss der Emissionsentwicklungen auf die Luft, die wir atmen, festzustellen.

Deshalb arbeiten die Partner im Oberrheingebiet seit etwa 15 Jahren auf beiden Seiten der Grenzen daran, lokalen und regionalen Entscheidungsträgern zuverlässige Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, um eine Politik zur Verbesserung der Luftqualität im Oberrheingebiet zu ermöglichen. Solche Werkzeuge wurden im Rahmen des Projektes Atmo-rhenA entwickelt. Eines davon sind die Emissionserhebungen.

4.1

«Emiss'air Atmo-rhenA» - la base de données des émissions atmosphériques de l'espace du Rhin supérieur
„Emiss'air Atmo-rhenA„ - die Emissionsdatenbank für das Oberrheingebiet

Terminologie : inventaire et cadastre

Terminologie: Erhebung und Kataster

L'inventaire des émissions est un recensement détaillé des rejets atmosphériques émis par les cheminées, les pots d'échappements et autres conduits d'évacuation ou émanations de fumée et vapeur polluante. En bilan annuel, les données sont souvent exprimées en tonnes ou kg par an selon les catégories de sources de pollution : transports, industries, chauffage, agriculture, etc.

Le cadastre des émissions correspond à la spatia-lisation de cet inventaire à l'échelle des communes ou de mailles dont la résolution est par exemple le km². Le cadastre dit «horaire» décrit heure par heure l'évolution des émissions d'une zone et sert de données d'entrée aux modèles de prévision et de simulation de la qualité de l'air.

Die Emissionserhebung ist eine detaillierte Aufstellung des Ausstoßes von Luftschadstoffen wie z.B Rauch oder verschmutzte Dämpfe durch Kamine, Auspuffe und andere Abgasrohre. Für die jährliche Bilanz werden die Mengen in Tonnen oder Kilo ausgedrückt, je nach der Kategorie der Verschmutzungsquelle: Transport, Industrie, Heizung, Landwirtschaft usw.

Das Emissionskataster ist eine Darstellung dieser Erhebung auf Gemeindeebene oder auf einem Raster mit km² Auflösung. Das sogenannte „stündliche“ Kataster beschreibt stundenweise die Emissionsentwicklung in einem Gebiet und dient als Dateneingabe für die Vorhersage- und Simulationsmodelle der Luftqualität.

4.2 L'inventaire des émissions atmosphériques : une banque de données commune sur la pollution de l'air

Die Emissionserhebung: eine gemeinsame Datenbank der Luftqualität

4.2.a Des progrès constants depuis près de 15 ans

Devant la nécessaire quantification des rejets de polluants dans l'atmosphère, les différents programmes INTERREG qui depuis 1992 se sont succédés dans l'espace du Rhin supérieur ont œuvré pour la mise en place progressive (tant au niveau de l'aire géographique prise en compte que des polluants et des méthodologies) d'inventaires et de cadastres transfrontaliers des émissions.

Le projet INTERREG I a vu la réalisation d'un cadastre annuel des émissions sur la zone Strasbourg/Ortenau pour quelques grands indicateurs de pollution (SO_2 , NO_x , COV, CO, PM, HCl) (INTERREG I, 1995).

Le projet INTERREG II a quant à lui, permis l'extension de ce cadastre annuel sur la majeure partie de l'espace du Rhin supérieur et à d'autres polluants (INTERREG II, 2000).

Avec une résolution temporelle plus fine (horaire), l'inventaire et le cadastre des émissions réalisés dans le cadre du programme INTERREG III couvrent l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur et permettent de mettre en œuvre des outils de simulation et de prévision des pollutions photochimique et particulaire, en lien notamment avec l'intégration de spéciations chimiques des COVNM (Composés Organiques Volatils Non Méthaniques) (SAMBAT S, 2004) et des PM (particules en suspension) et d'une répartition des PM en trois classes granulométriques (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁) (PREGGER T, 2004) spécialement étudiées au sein de ce projet Atmo-rhenA.

4.2.b Un partenariat renforcé pour une base de données transfrontalière

La réalisation de l'inventaire et du cadastre dans le cadre de ce projet INTERREG III a nécessité une coopération accrue entre les différents organismes chargés de la surveillance et de l'étude de la qualité de l'air dans la vallée du Rhin supérieur. La LUBW pour le Bade-Wurtemberg, le LHA pour les deux cantons de Bâle, la LfUG pour la Rhénanie-Palatinat et l'ASPA pour l'Alsace ont mis leurs moyens humains, outils et bases de données en commun pour la mise en place de la base de données d'émissions transfrontalière. En particulier, de nombreuses bases de données ont été échangées et homogénéisées.

4.2.a Ständige Fortschritte seit 15 Jahren

Da es notwendig war, die Schadstoffausstöße in die Atmosphäre zu quantifizieren, haben die verschiedenen INTERREG-Programme im Oberrheingebiet, die seit 1992 aufeinander folgten, an der fortschreitenden Umsetzung von grenzüberschreitenden Erhebungen und Emissionskatastern gearbeitet.

Ziel des INTERREG I-Projekts war die Erstellung eines jährlichen Emissionskatasters für einige wichtige Luftschadstoffe (SO_2 , NO_x , VOC, CO, PM, HCl) für das Gebiet Straßburg/Ortenau (INTERREG I, 1995).

Das INTERREG II-Projekt hat ermöglicht, dieses jährliche Kataster auf den größten Teil des Oberrheingebiets und andere Schadstoffe zu erweitern (INTERREG II, 2000).

Die im Rahmen des INTERREG III-Projekts erarbeiteten Erhebungen und Emissionskataster umfassen mit einer feineren zeitlichen Auflösung (stündlich) das ganze Oberrheingebiet und ermöglichen es, Simulations- und Prognosetools für die Partikelbelastung und die photochemische Belastung einzusetzen. Diese Tools berücksichtigen Art und Menge von NMVOC (Non Methanic Volatil Organic Compounds) (SAMBAT S, 2004) und PM (Schwebstaub) sowie eine PM-Verteilung in drei Korngrößenkategorien (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁) (PREGGER T, 2004), welche speziell im Atmo-rhenA Projekt untersucht wurden.

4.2.b Eine verstärkte Partnerschaft für eine grenzüberschreitende Datengrundlage

Die Datenerhebung und Erstellung des gemeinsamen Katasters im Rahmen des INTERREG III-Projekts erforderte eine enge Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Institutionen, die sich mit der Überwachung und Erforschung der Luftqualität im Oberrheingebiet beschäftigen. Die LUBW für Baden-Württemberg, das LHA für die beiden Kantone Basel, das LfUG für Rheinland-Pfalz und die ASPA für das Elsass haben ihr Mitarbeiterwissen, Werkzeuge und Datengrundlagen eingebracht, um die grenzüberschreitende Emissionsdatengrundlage zu erstellen. Insbesondere zahlreiche Datengrundlagen wurden ausgetauscht und angeglichen.

Au final, l'ensemble des données a été intégré dans un logiciel de gestion et de requête des émissions (EMISS'AIR) développé dans le cadre de ce projet. Ce logiciel permet d'extraire des données sur l'ensemble de la zone par polluant, par secteur émetteur et par commune.

Au bilan, et après trois années de travail et de rapprochements méthodologiques, la banque de données finale présente les caractéristiques suivantes :

- Les polluants pris en compte sont : SO_2 , NO_x , CO , PM_{total} , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, COVNM , CO_2 , CH_4 , N_2O et NH_3 ;
- Les secteurs émetteurs pris en compte correspondent à tous les secteurs pouvant participer au rejet de pollution à l'atmosphère, qu'ils soient anthropiques ou naturels :
 - Production et distribution d'énergie
 - Industrie
 - Traitement des déchets
 - Résidentiel / tertiaire
 - Transports routiers
 - Transports non routiers
 - Agriculture
 - Sylviculture
 - Nature
- L'année de référence considérée est l'année 2000 ;
- La résolution spatiale est la commune pour toute la zone de la vallée du Rhin supérieur.

Le contenu de cette base transfrontalière de données d'émissions est détaillé dans un rapport technique (ASPA, 2006a).

4.2.c Un outil opérationnel

Un des enjeux principaux, dans la chaîne d'élaboration et de mise à disposition de résultats d'inventaires des émissions réside dans la convivialité de l'outil d'interrogation de la base de données finale. Les bases recueillies et calculées contiennent en effet de plusieurs millions à dizaines de millions de données et leur exploitation s'avère bien souvent très fastidieuse et consommatrice de temps.

Un des objectifs poursuivis par ce programme INTERREG III a été de développer un logiciel accessible à tous et permettant, à partir de requêtes très simples, d'accéder à une multitude d'informations. Le logiciel mis en place, appelé « EMISS'AIR », a été mis à disposition des partenaires du projet pour valorisation dans le cadre par exemple des plans locaux ou régionaux d'amélioration de la qualité de l'air.

Zum Schluss wurden alle Daten in eine Verwaltungssoftware für Emissionen (EMISS'AIR), die im Rahmen dieses Projekts entwickelt wurde, eingebracht. Diese Software ermöglicht es, für das ganze Gebiet die Daten je nach Schadstoff, Emittent und Kommune abzufragen.

Nach drei Jahren methodischer Zusammenarbeit weist die endgültige Datenbank folgende Eigenschaften auf:

- Die berücksichtigten Schadstoffe sind: SO_2 , NO_x , CO , $\text{PM}_{\text{gesamt}}$, PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, NMVOC , CO_2 , CH_4 , N_2O und NH_3 ;
- Die berücksichtigten Emittenten entsprechen allen anthropogenen oder natürlichen Sektoren, die zum Schadstoffausstoß beitragen können:
 - Produktion und Verteilung von Energie
 - Industrie
 - Müllverwertung
 - Haushalte / (Tertiär)
 - Straßenverkehr
 - Sonstiger Verkehr
 - Landwirtschaft
 - Forstwirtschaft
 - Natur
- Bezugsjahr ist das Jahr 2000;
- Die räumliche Auflösung ist die Gemeinde im ganzen Oberrheingebiet.

Der gesamte Inhalt der grenzüberschreitenden Emissionsdatenbasis ist in einem technischen Bericht (ASPA, 2006a) ausführlich aufgeführt.

4.2.c Ein operationelles Werkzeug

Einer der wichtigsten Punkte bei der Entwicklung und der Bereitstellung der Emissionsdaten ist die einfache Handhabung der endgültigen Datei. Die gesammelten und errechneten Dateien enthalten bis zu zehn Millionen Daten und ihre Auswertung ist oft schwierig und zeitintensiv.

Eines der verfolgten Ziele des INTERREG III-Programms ist die Entwicklung einer für alle zugänglichen Software, die einen einfachen Zugang zu zahlreichen Informationen ermöglicht. Die eingeführte Software „EMISS'AIR“ wurde den Projektpartnern zur weiteren Verwendung im Rahmen von lokalen oder regionalen Luftreinhalteplänen zur Verfügung gestellt.

L'interface de cet outil (illustration 4.2-1) permet d'interroger la base selon les critères suivants :

- Au niveau géographique : choix du pays, d'une région, d'un département, d'une unité urbaine et/ou d'une ville ;
- Au niveau des sources de pollution : choix d'un secteur (par exemple l'industrie), d'un sous-secteur (par exemple l'industrie de la métallurgie) et/ou d'une activité spécifique (par exemple la production de zinc) ;
- Au niveau des combustibles : choix d'un combustible parmi les multiples combustibles solides, liquides et gazeux pris en compte dans l'inventaire ;
- Au niveau des polluants : choix parmi plusieurs indicateurs de pollution.

Die Benutzeroberfläche dieses Werkzeuges (Abbildung 4.2-1) ermöglicht eine Abfrage der Basis nach folgenden Kriterien:

- im Bereich der Geographie: Auswahl eines Landes, einer Region, eines Departements, eines städtischen Verbunds und/oder einer Stadt;
- im Bereich der Emissionsquellen: Auswahl eines Sektors (z.B. Industrie), eines Untersektors (z.B. Metallindustrie) und/oder einer spezifischen Tätigkeit (z.B. Zinkproduktion);
- im Bereich der Brennstoffe: Auswahl eines Brennstoffes unter den zahlreichen festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen, die in die Erhebung einbezogen wurden;
- im Bereich der Schadstoffe: Auswahl unter mehreren Schadstoffen.

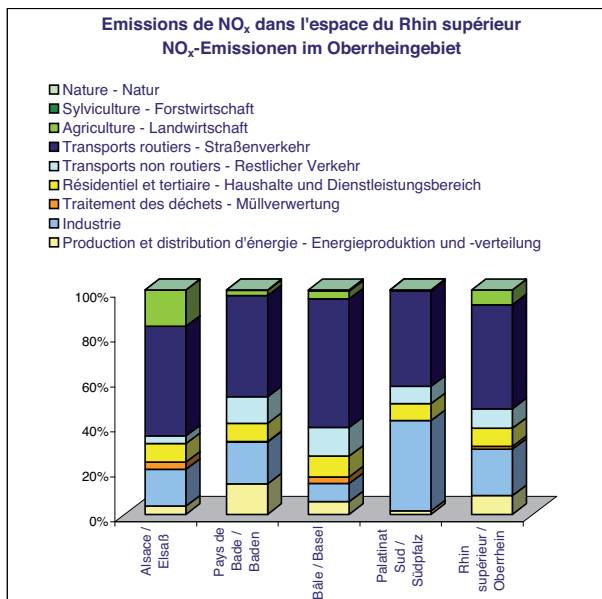


■ Illustration 4.2-1 :
Interface pour l'extraction des émissions communales
sur la vallée du Rhin supérieur

■ Abbildung 4.2-1:
Oberfläche zur Abfrage der kommunalen Emissionen im
Oberrheingebiet

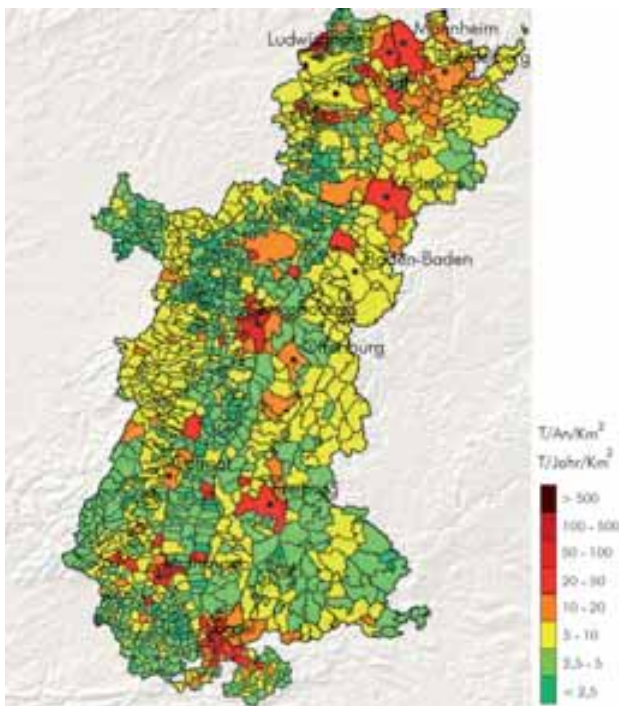
Les principaux polluants impliqués dans la production et l'accumulation de l'ozone troposphérique sont les oxydes d'azote et les composés organiques volatils. Le logiciel EMISS'AIR permet d'identifier pour les familles de polluants les principaux secteurs émetteurs et la variabilité géographique des émissions.

Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen sind die Hauptschadstoffe, die an der Produktion und Anreicherung des troposphärischen Ozons beteiligt sind. Die Software EMISS'AIR ermöglicht es, die Hauptemittentensektoren und die geographische Variabilität der Emissionen für die Schadstoffgruppen zu identifizieren.



■ Illustration 4.2-2 :
 Répartition sectorielle des émissions de NO_x par région dans
 l'espace du Rhin supérieur (Année 2000)

■ Abbildung 4.2-2:
 Sektorverteilung der NO_x-Emissionen je nach Region im
 Oberrheingebiet (Jahr 2000)



■ Illustration 4.2-3 :
 Densité d'émission communale de NO_x dans l'espace du Rhin
 supérieur – Année 2000

■ Abbildung 4.2-3:
 Kommunale Emissionsdichte von NO_x-im Oberrheingebiet –
 Jahr 2000

Pour les oxydes d'azote et quelle que soit la zone considérée, le transport routier a une implication prépondérante dans les rejets. Les sources industrielles ont également un impact important. La carte d'émission fait donc logiquement ressortir les communes situées aux abords des principaux axes routiers ou traversées par ces mêmes axes, mais également les zones industrielles situées dans le nord du Bade-Wurtemberg, à proximité de Bâle et le long du Rhin à l'est de Mulhouse.

Für die Stickoxide spielt unabhängig vom betrachteten Gebiet beim Schadstoffausstoß der Straßenverkehr eine herausragende Rolle. Einen wesentlichen Einfluss haben auch die Industriequellen. Die Emissionskarte hebt also die Kommunen hervor, die an einer Hauptverkehrsstraße liegen, sowie Industriegebiete im Norden von Baden-Württemberg, in der Nähe von Basel und entlang des Rheins östlich von Mülhausen.

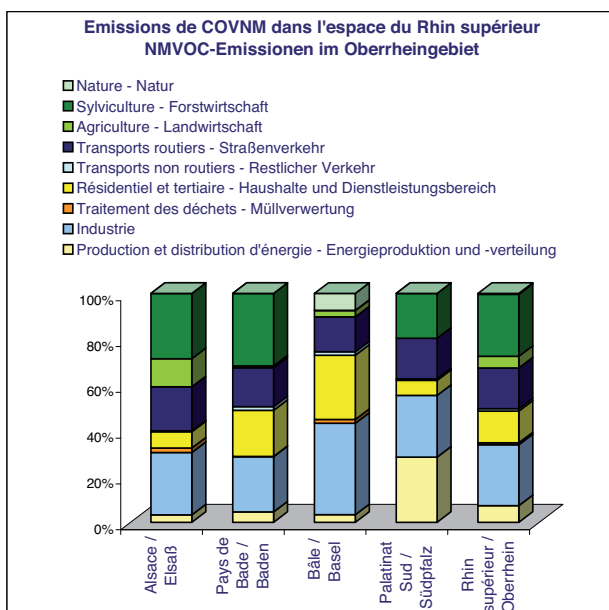


Illustration 4.2-4 :
Répartition sectorielle des émissions de COVNM par région dans l'espace du Rhin supérieur (Année 2000)

Abbildung 4.2-4:
Sektorverteilung der NMVOC je nach Region im Oberrheingebiet (Jahr 2000)

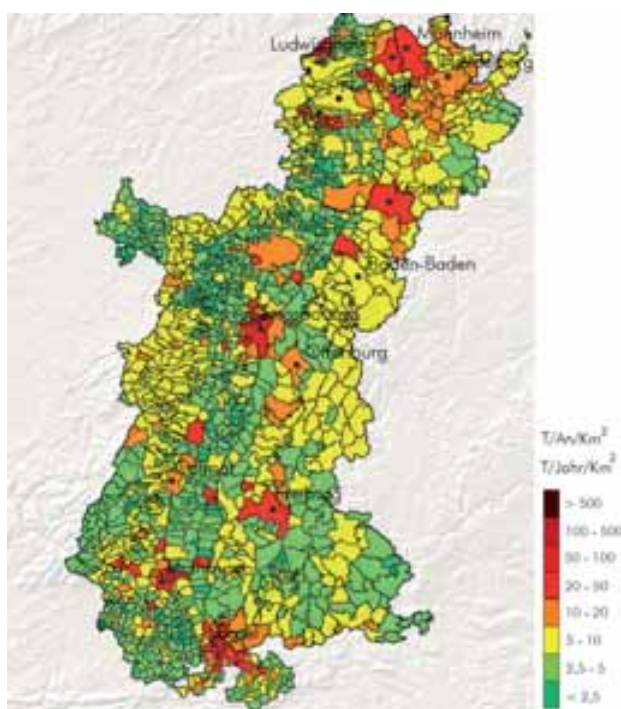


Illustration 4.2-5 :
Densité d'émission communale de COVNM dans l'espace du Rhin supérieur (Année 2000)

Abbildung 4.2-5:
Kommunale Emissionsdichte von NMVOC im Oberrheingebiet (Jahr 2000)

Concernant les composés organiques volatils, les sources d'émissions sont plus hétérogènes, avec une prédominance des sources industrielles mais un impact également important du trafic routier et des sources biotiques (émissions d'isoprène et de monoterpènes des végétaux). L'utilisation de solvants dans les secteurs tertiaire et résidentiel peut également générer d'importantes émissions de composés organiques volatils.

Unterschiedlicher sind die Emissionsquellen hinsichtlich der flüchtigen organischen Verbindungen. Hier herrschen die Industriequellen vor, gefolgt vom Straßenverkehr und biogenen Quellen (Emissionen von Isopren und Monoterpenen aus den Pflanzen). Die Verwendung von Lösungsmittel im Dienstleistungs- und Wohnsektor kann auch hohe Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen zur Folge haben.

4.3 L'élaboration de cadastres à résolution horaire Erstellung von Katastern in stündlicher Auflösung

4.3.a La simulation et la prévision de la qualité de l'air

Si les émissions annuelles et communales sont des outils précieux d'aide à la décision pour les collectivités ou les États en terme de détermination des responsabilités et donc de choix des politiques d'amélioration de la qualité de l'air à engager, elles ne sont pas suffisantes pour alimenter avec les données nécessaires les outils qui permettent de simuler et de prévoir la qualité de l'air.

En effet, simuler et prévoir la qualité de l'air requièrent de pouvoir reconstituer heure par heure les phénomènes de pollution atmosphérique. Ils nécessitent également de pouvoir travailler à une échelle bien plus fine que l'échelle communale, parfois sur des mailles kilométriques, et en prenant soin d'estimer le plus finement possible les rejets de chaque composé de la famille des composés organiques volatils, dont chaque espèce possède un potentiel très variable de création d'ozone photochimique.

4.3.b La mise en œuvre d'un outil intégré d'exploitation de l'inventaire pour l'alimentation des modèles de simulation et de prévision

Un outil a donc été développé afin de pouvoir transformer l'inventaire communal annuel des émissions en cadastres kilométriques horaires. Ce logiciel, nommé «MANAG'AIR» travaille en trois étapes :

- **Première étape** : l'inventaire communal est transformé en cadastre kilométrique, en utilisant une occupation du sol disponible sur toute la vallée et qui permet, par maille géographique très précise, de connaître la superficie de zones industrielles, de zones résidentielles, de tronçons de routes, etc.
- **Seconde étape** : le cadastre kilométrique annuel est transformé en cadastre kilométrique horaire, à partir de clés de répartition (par exemple comptages kilométriques horaires des services de l'équipement ou connaissance des évolutions temporelles des activités industrielles ou d'utilisation des installations de chauffage).
- **Troisième étape** : les émissions de composés organiques volatils sont distribuées sur chaque composé organique pour chaque activité élémentaire (par exemple des mesures à l'émission des voitures permettent de connaître les composés organiques volatils émis spécifiquement par le trafic routier et la part de chacun de ces composés).

4.3.a Simulation und Vorhersage der Luftqualität

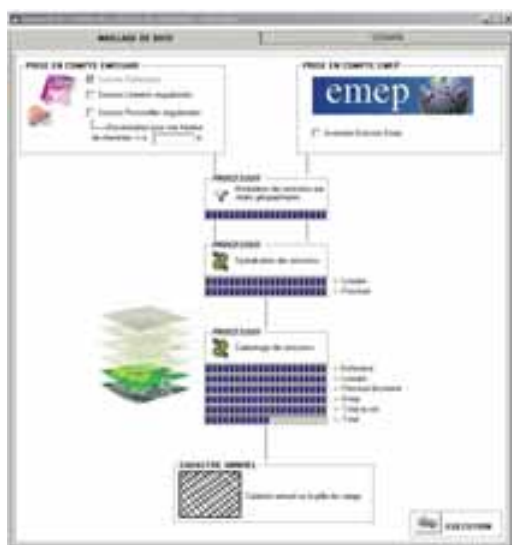
Obwohl die jährlichen und kommunalen Emissionen eine wertvolle Entscheidungshilfe für die Gebietskörperschaften und Staaten im Bereich der Verantwortung und Politik zur Verbesserung der Luftqualität sind, erlauben sie leider nicht, die Simulations- und Vorhersagewerkzeuge für die Luftqualität mit den notwendigen Daten zu versorgen.

Um die Luftqualität simulieren und vorhersagen zu können, müssen die atmosphärischen Bedingungen stündlich erfasst werden. Es ist auch notwendig, mit einer noch feineren Wertungsskala als der auf Gemeindeebene zu arbeiten, manchmal muss es das Kilometerraster sein. Die Ausstöße jeder Komponente der flüchtigen organischen Verbindungen sollten möglichst genau ermittelt werden, da jeder Stoff einen variablen Einfluss auf die photochemische Ozonbildung hat.

4.3.b Umsetzung eines integrierten Auswertungswerkzeuges der Erhebung zur Versorgung der Simulations- und Vorhersagemodelle

Um die jährlichen, kommunalen Emissionserhebungen in ein stündliches und kleinräumiges Kataster (Quadratkilometer) umzuwandeln, wurde ein Tool entwickelt. Diese Software, „MANAG'AIR“ genannt, arbeitet stufenweise:

- **Erste Stufe**: Die kommunale Emissionserhebung wird unter Berücksichtigung der genauen Landnutzung im gesamten Gebiet ins Kilometerraster umgewandelt. Dadurch kann die Fläche der Gewerbegebiete, Wohngebiete, Straßenabschnitte usw. mit einem genauen geographischen Raster dargestellt werden.
- **Zweite Stufe**: Das jährliche Kilometerkataster wird anhand eines Verteilungsschlüssels in ein stündliches Kilometerkataster umgewandelt (zum Beispiel stündliche Kilometerzählung durch die Straßennetzüberwachung oder Kenntnisse über zeitliche Verläufe der Industrietätigkeiten oder Nutzung von Heizungsanlagen).
- **Dritte Stufe**: Die Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen werden auf jede organische Komponente für jede Grundaktivität verteilt (Emissionsmessungen an Fahrzeugen zum Beispiel ermöglichen es, die spezifisch vom Verkehr emittierten flüchtigen organischen Verbindungen zu kennen sowie den Anteil jeder).



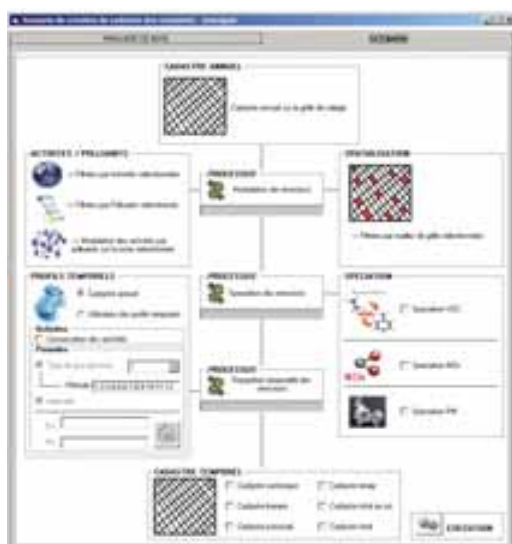
■ Illustration 4.3-1 :
Module de « cadastrage » des émissions communales sur un cadastre kilométrique

■ Abbildung 4.3-1:
Modul zur Umsetzung der kommunalen Emissionen auf ein Kataster im Quadratkilometerraster



■ Illustration 4.3-2 :
Module d'allocation temporelle des émissions annuelles en émissions horaires

■ Abbildung 4.3-2:
Zuordnungsmodul der jährlichen Emissionen auf ein zeitlich hochaufgelöstes Raster (Stunde)

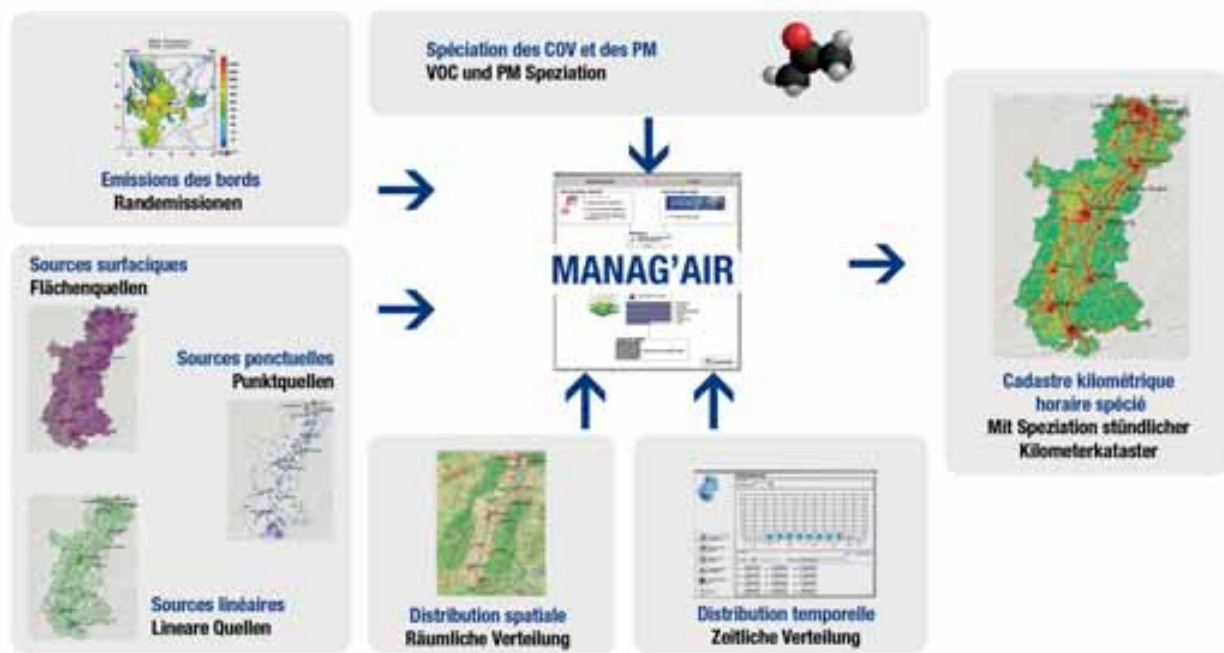


■ Illustration 4.3-3 :
Module de désagrégation par espèce des émissions de composés organiques volatils

■ Abbildung 4.3-3:
Modul zur Aufteilung der flüchtigen organischen Verbindungen je nach Emissionsart

A des fins de simulation de la qualité de l'air sur des épisodes particuliers, par exemple l'épisode de canicule qui a touché une partie de l'Europe au cours du mois d'août 2003, il est donc possible de reconstituer heure par heure les émissions des différents polluants correspondant au contexte météorologique de l'épisode (l'évaporation de COVNM des cuves de stockage de combustibles, des réservoirs de carburants, les émissions de COVNM des arbres, sont généralement plus importantes quand les températures sont élevées).

Um die Luftqualität während besonderer Episoden zu simulieren – zum Beispiel die Hitzewelle, die ein Teil Europas im August 2003 betroffen hat – ist es möglich, die Emissionen verschiedener Schadstoffe in Abhängigkeit von den meteorologischen Gegebenheiten (die NMVOC-Verdampfung aus Brenn- und Treibstofftanks oder die NMVOC-Emissionen aus Bäumen sind in der Regel höher bei erhöhten Temperaturen) stündlich darzustellen.



■ Illustration 4.3-4 :
Transformation de l'inventaire communal annuel en cadastre kilométrique horaire des émissions

■ Abbildung 4.3-4:
Umwandlung der Erhebungen auf kommunaler und jährlicher Basis in ein Stunden- und Kilometerraster

4.4 Conclusion Schlussfolgerung

Au terme de ce programme INTERREG III-Atmo-rhenA, un inventaire communal des émissions couvrant l'ensemble de la vallée du Rhin supérieur et comportant des spéciations chimiques pour les COVNM et les PM et une répartition des PM en trois classes granulométriques, est aujourd'hui disponible. La consultation de l'ensemble de ces données est accessible via un logiciel de gestion et de requêtes des émissions (EMISS'AIR).

Outil précieux en lui-même pour les organismes impliqués dans la surveillance de la qualité de l'air, l'inventaire des émissions se devait également d'alimenter, dans le cadre de ce projet, une plate-forme de simulation et de prévision de la qualité de l'air sur la vallée du Rhin supérieur.

Pour cela, les émissions communales ont dû être spatialisées sur un maillage régulier, assorties de clés de répartition temporelle et par espèces (COVNM et PM). Un outil (MANAG'AIR) dédié à la transformation d'un inventaire communal des émissions à un cadastre horaire spécié est actuellement opérationnel. Tout en alimentant quotidiennement la plate-forme de prévision Atmo-rhenA via le cadastre, cet outil permet également via son ergonomie de construire des scénarios d'émissions afin de mieux appréhender les phénomènes de pollution sur la vallée du Rhin supérieur et de modéliser la qualité de l'air suivant différentes hypothèses d'évolution des émissions.

Nach Ende des Programms INTERREG III-Atmo-rhenA steht jetzt eine kommunale Emissionserhebung für das gesamte Oberrheingebiet mit stofflicher Zusammensetzung für die NMVOC sowie eine Aufteilung der PM in drei Korngrößenklassen zur Verfügung. Der Abruf der gesamten Daten ist über eine spezielle Software und Emissionsabfragen möglich (EMISS'AIR). Diese Emissionserhebung ist ein wertvolles Instrument für die Messanstalten und dient gleichzeitig dazu die Simulierungs- und Vorhersageplattform der Luftqualität im Oberrheingebiet zu versorgen.

Dafür wurden die kommunalen Emissionen in einem regelmäßigen Raster erfasst und mit einem Schlüssel zur zeitlichen und stofflichen Differenzierung versehen. Eine spezielle Software (MANAG'AIR) zur Umwandlung einer kommunalen Emissionserhebung in ein stoffliches Stundenkataster ist zurzeit einsatzfähig. Einerseits wird die Vorhersageplattform Atmo-rhenA täglich mit diesem Kataster versorgt und andererseits ermöglicht dieses Werkzeug anhand seiner Ergonomie, Emissionsszenarien zu konstruieren um die Luftverschmutzungsphänomene im Oberrheingebiet besser zu erfassen und die Luftqualität unter Berücksichtigung verschiedener Hypothesen der Emissionsentwicklungen zu modellieren.

**Système commun d'évaluation de
la qualité de l'air : mise en place et
validation de l'outil de modélisation**

**Gemeinsames Bewertungssystem
für die Luftqualität: Einrichtung
und Validierung des
Modellierungswerkzeugs**



Système commun d'évaluation de la qualité de l'air : mise en place et validation de l'outil de modélisation

Gemeinsames Bewertungssystem für die Luftqualität: Einrichtung und Validierung des Modellierungswerkzeugs

5.1 Introduction Einleitung

Les épisodes de pollution photochimique par l'ozone dans la vallée du Rhin supérieur ne s'arrêtent pas aux frontières.

Jusqu'à présent, la surveillance et l'étude transfrontalière de la pollution de l'air s'appuyaient principalement de part et d'autre du Rhin sur des données de stations fixes et de campagnes de mesure confrontées à des données d'émissions.

Le projet INTERREG II « Analyse transfrontalière de la qualité de l'air » (INTERREG II, 2000) et le projet REKLIP « Regio Klima Projekt » (REKLIP, 1995) ont été dans le passé l'occasion de réaliser les premières cartographies annuelles par commune et les premières simulations ponctuelles des champs de pollution.

Dans un contexte d'exposition de la population à un fond d'ozone permanent et à des pics d'ozone ponctuels, la mise en relation des émissions locales avec la qualité de l'air observée est devenue incontournable pour évaluer l'efficacité des actions de réductions réalisées ou prévues, à long terme comme en mesures d'urgence.

Cette mise en relation, et donc cette évaluation, est rendue possible à l'aide du modèle opérationnel de simulation mis en place dans le cadre de ce projet Atmo-rhenA.

La plate-forme de modélisation dénommée Atmo-rhenA permet en outre d'une part d'améliorer la prévision de la qualité de l'air afin de la diffuser quotidiennement au public sous forme cartographiée et d'autre part de servir d'outil d'aide à la décision en cas de dépassement de seuil géré avec des mesures d'urgence.

La mise en place de la plate-forme Atmo-rhenA est passée par une phase de développement informatique, puis de calage des modèles à partir des données recueillies au cours d'une vaste campagne de mesure, avant que son utilisation ne devienne quotidienne.

La plate-forme Atmo-rhenA fonctionne ainsi quotidiennement en mode prévision et a été utilisée pour l'étude de la production d'ozone et de l'impact de scénarios d'émissions à court et long terme.

Die Episoden photochemisch bedingter Luftbelastung durch Ozon machen im Oberrheingebiet nicht an der Grenze Halt.

Bisher stützen sich die Überwachung und grenzübergreifende Untersuchung der Luftbelastung diesseits und jenseits des Rheins hauptsächlich auf Immissionsdaten, die an festen Stationen oder bei Messkampagnen erhalten wurden. Diese wurden Emissionsdaten gegenüber gestellt.

Mit dem Projekt INTERREG II „Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein“ und dem REKLIP-Projekt („Regio Klima Projekt“) (REKLIP, 1995) konnten in der Vergangenheit die ersten gemeinsamen Karten für die Darstellung von Jahresmitteln und die ersten punktuellen Simulationen der räumlichen Belastungen erstellt werden.

Angeichts dessen, dass die Bevölkerung einer Grundbelastung durch Ozon sowie punktuellen Ozonspitzenwerten ausgesetzt ist, wurde ein Abgleich der lokalen Emissionen mit der beobachteten Luftqualität unumgänglich, um die Wirksamkeit der bereits durchgeführten oder geplanten Maßnahmen zur Verringerung der Ozonbelastung auf lange Sicht ebenso wie hinsichtlich auf Sofortmaßnahmen evaluieren zu können.

Diesen Abgleich beziehungsweise diese Evaluierung ermöglichte das Simulationsmodell, das im Rahmen dieses Projekts Atmo-rhenA erstellt wurde.

Die Modellierungsplattform mit Namen Atmo-rhenA gestattet ferner, die Vorhersagen der Luftqualität für die Öffentlichkeit mit Hilfe von täglich aufbereiteten Karten zu verbessern und sie kann bei Grenzwertüberschreitungen als Werkzeug zur Entscheidungshilfe für Sofortmaßnahmen eingesetzt werden.

Der Einrichtung der Plattform Atmo-rhenA gingen Phasen der Softwareentwicklung und Skalierung der Modelle aufgrund der im Laufe einer breit angelegten Messkampagne erhobenen Daten voraus, bevor dieses Hilfsprogramm im täglichen Betrieb eingesetzt werden konnte.

Der Vorhersageteil der Plattform Atmo-rhenA kommt im täglichen Betrieb zum Einsatz; außerdem ist die Plattform schon mehrfach zur Untersuchung der Ozonentstehung und der lang- und kurzfristigen Auswirkungen der Emissionsszenarien eingesetzt worden.

5.2 La plate-forme de modélisation Atmo-rhenA

Die Modellierungsplattform Atmo-rhenA

5.2.a La modélisation de la qualité de l'air

La modélisation permet d'obtenir une représentation simplifiée de l'atmosphère. L'atmosphère est un système complexe qui évolue selon des principes physiques et chimiques : dans l'espace du Rhin supérieur, les polluants anthropiques (d'origine humaine) sont émis dans la vallée à partir de zones urbaines, industrielles, et d'un réseau routier dense, et les émissions biotiques (issues de la végétation) proviennent en grande partie des massifs des Vosges et de la Forêt Noire.

Tous ces composés sont transportés selon des circulations d'air typiques des vallées telles que la canalisation de masses d'air, les brises de vallée et de montagne et occasionnellement des inversions de température, et sont transformés selon les réactions de la chimie atmosphérique. Pour modéliser la qualité de l'air, il est donc nécessaire de disposer en entrée des données d'émissions et de météorologie, de traiter ces données dans des modules numériques appliquant les équations physiques et chimiques, pour enfin obtenir en sortie des concentrations de polluants appelées «immissions».

5.2.b Structure de la plate-forme de modélisation

Le choix s'est porté vers une chaîne de modélisation agencée par ACRI-ST et constituée des modèles «MM5» pour la simulation de la météorologie (MM5) et «CHIMERE» pour la simulation de la qualité de l'air (CHIMERE). La chaîne est représentée sur l'illustration 5.2-1. Les conditions aux limites du domaine d'étude sont issues du système GFS (Global Forecast System) du NCEP (National Center for Environmental Prediction) pour la météorologie (GFS), et de la plate forme PREV'AIR de l'INERIS pour la chimie (PREV'AIR). La modularité de la chaîne de modélisation prévoit les mises à jour des versions des modèles, le remplacement éventuel par d'autres moteurs météorologiques et chimiques, ou d'autres conditions aux limites.

5.2.a Modellierung der Luftqualität

Durch Modellbildung kann die Atmosphäre vereinfacht dargestellt werden. Die Atmosphäre ist ein komplexes System und entwickelt sich nach eigenen physikalischen und chemischen Grundsätzen: Im Oberrheingebiet setzen die städtischen Zonen und die Industrie im Tal und das dichte Straßenverkehrsnetz anthropogene (durch menschliche Aktivitäten verursachte) Schadstoffe frei, während die biogenen (durch die Vegetation verursachte) Schadstoffeinträge eher in den Gebirgslagen von Vogesen und Schwarzwald entstehen.

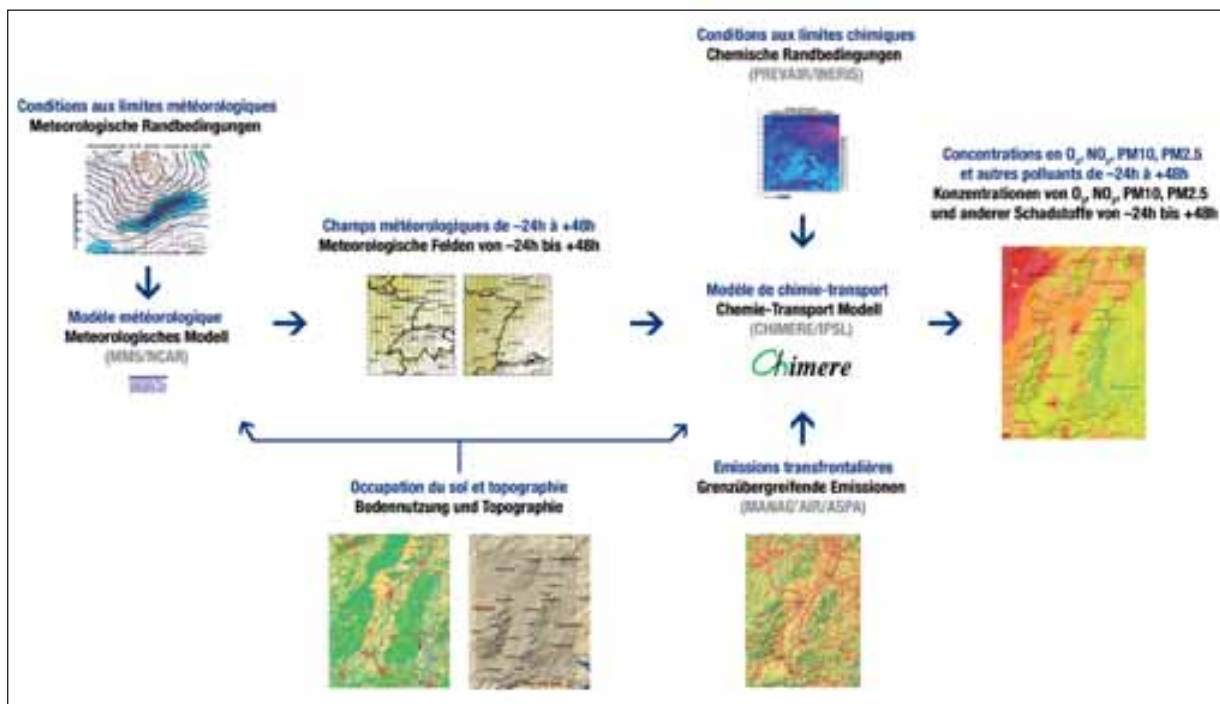
Alle diese Verbindungen werden durch die für Tallagen typischen Luftbewegungen, wie Umlenkung der Luftmassen, Tal- und Bergwinde sowie zeitweiser Temperaturinversionen, weiter transportiert und entsprechend den für die Atmosphärenchemie typischen Reaktionen umgewandelt. Wenn man die Luftqualität im Modell abbilden will, muss man daher im Vorlauf Daten über die Emissionen und die Meteorologie haben. Anschließend werden diese Daten in digitalen Modulen verarbeitet, in denen physikalische und chemische Gleichungen auf diese Daten angewendet werden. Das Ergebnis besteht in der Angabe von Schadstoffkonzentrationen in Form von sog. „Immissionen“.

5.2.b Struktur der Modellierungsplattform

Für unsere Zwecke wurde eine nach ACRI-ST strukturierte Modellierungskette aus „MM5“-Modellen zur Simulation der meteorologischen Vorgaben (MM5) und von „CHIMERE“-Modellen zur Simulation der Luftqualität gewählt (CHIMERE). Die Modellierungskette ist in Abbildung 5.2-1 dargestellt. Die Grenzbedingungen des Untersuchungs-gebiets sind im Bereich der meteorologischen Angaben dem von den NCEP (National Center for Environmental Prediction) bereit gestellten GFS-System (Global Forecast System) entnommen (GFS); die chemischen Daten stammen aus der vom INERIS erstellten PREV'AIR-Plattform (PREV'AIR). Die Kette ist nach dem Baukastenprinzip eingerichtet; die Modellversionen können aktualisiert und gegebenenfalls durch andere meteorologische und chemische Ansätze beziehungsweise andersartige Randbedingungen des Untersuchungsgebiets ersetzt werden.

5.2

Système commun d'évaluation de la qualité de l'air : mise en place et validation de l'outil de modélisation
Gemeinsames Bewertungssystem für die Luftqualität: Einrichtung und Validierung des Modellierungswerkzeugs



■ Illustration 5.2-1 :
Schéma de la chaîne de modélisation Atmo-rhenA

■ Abbildung 5.2-1:
Schematische Darstellung der Modellierungskette Atmo-rhenA

Le calcul des champs météorologiques est indispensable pour appréhender le transport des polluants (vent), la diffusivité verticale et la déposition (données de surface) et le lessivage des composés (précipitations).

Par ailleurs, le calcul des émissions biotiques d'isoprène et de monoterpènes utilise la température et le rayonnement alors que l'érosion et la resuspension des aérosols utilisent la vitesse de friction.

5.2.c Description des modèles utilisés

MM5 et CHIMERE sont deux modèles dits eulériens, basés sur la résolution des équations de la mécanique des fluides, qui permettent de décrire la dispersion atmosphérique des polluants dans le temps et en trois dimensions : ceci est nécessaire dans le cas de l'orographie présente. Le domaine de modélisation est découpé en mailles sur lesquelles les champs météorologiques et de concentrations sont calculés de façon itérative, pas à pas.

Le principal avantage de tels modèles est la validité des résultats sur les terrains à relief, grâce à la bonne intégration de la variabilité spatiale et temporelle de la météorologie et des conditions aux limites. Les principaux inconvénients sont la complexité de mise en oeuvre (préparation des données d'entrée et temps de calcul).

Die Berechnung der meteorologischen Felder ist für die Vorausberechnung des Schadstofftransports (Wind), der vertikalen Ausbreitung und der Deposition (Oberflächendaten) sowie der Auswaschung einzelner Verbindungen (Niederschläge) unverzichtbar.

Im Übrigen fließen in die Berechnung der biogenen Isopren- und Monoterpen-Emissionen die Temperatur und die Strahlung ein, während in die Berechnung der Winderosion und der Wiederaufwirbelung von Schadstoffen die Schubspannungsgeschwindigkeit eingeht.

5.2.c Beschreibung der verwendeten Modelle

MM5 und CHIMERE sind beides sogenannte Eulersche Modelle. Sie basieren auf den Lösungen von Gleichungen aus dem Bereich der Strömungslehre, mit denen die Dispersion der Schadstoffe in der Luft in ihrer zeitlichen Abfolge und dreidimensional beschrieben werden kann. Diese Berechnungen sind bei der vorliegenden Orographie notwendig. Das Modellierungsgebiet wird in Raster unterteilt, für die die meteorologischen Felder und Konzentrationen iterativ, Schritt für Schritt berechnet werden.

Der Hauptvorteil derartiger Modelle liegt darin, dass ihre Ergebnisse auch in Gebieten mit ausgeprägtem Höhenrelief gültig sind, weil sie die räumliche und zeitliche Variabilität der Meteorologie und der Randbedingungen des Untersuchungsgebiets gut integrieren können.

Modèle météorologique MM5

MM5 est un modèle numérique météorologique du National Center for Atmospheric Research (NCAR) particulièrement adapté aux systèmes convectifs à méso-échelle. Il est conçu pour reproduire aussi bien des circulations de vallée et de montagne que les îlots de chaleur urbains. Les conditions aux limites latérales sont considérées avec une importance décroissante au fur et à mesure que les mailles sont plus éloignées de bords du domaine de modélisation (principe de relaxation). La grille « mère » de l'Europe Centrale, présentée en illustration 5.2-2, a une résolution de 12 km, et fournit des informations à la grille « fille » du Rhin supérieur, qui a une résolution de 4 km et ne renvoie pas d'information à la grille mère (principe du one-way nesting). Le modèle est utilisé avec 25 niveaux verticaux de pression atmosphérique.

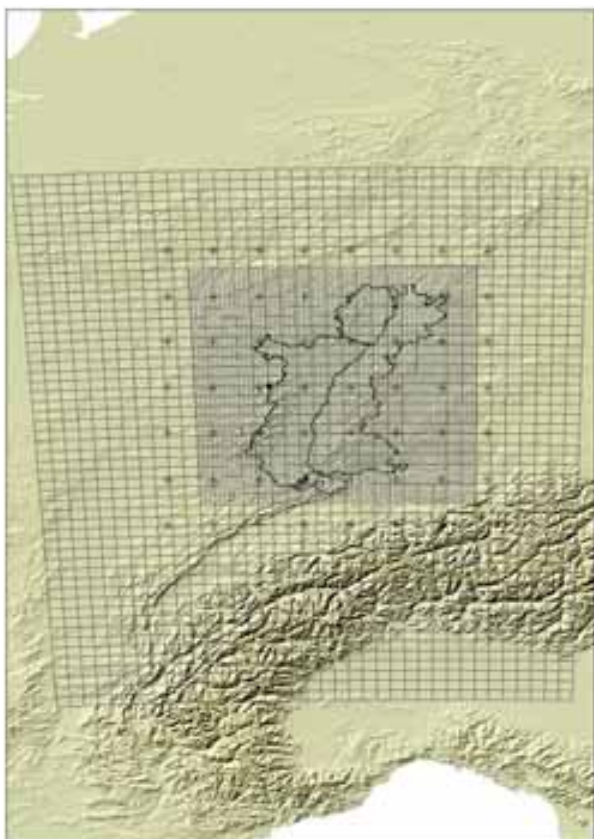
Une description détaillée des modèles est présentée dans le rapport technique afférent (ASPA, 2006 e).

Der Hauptnachteil liegt darin, dass diese Modelle in der Durchführung sehr komplex sind (Aufbereitung des Daten-Inputs und Rechenzeit).

Das meteorologische Modell MM5

MM5 ist ein digitales meteorologisches Modell des National Center for Atmospheric Research (NCAR), das besonders gut auf Systeme mit konvektivem Austausch auf der Meso-Skala passt. Es wurde zur Berechnung der Luftbewegung im stark gegliederten Gelände sowie in städtischen Wärmeinseln entwickelt. Die lateralen Randbedingungen werden mit abnehmender Bedeutung berücksichtigt, je weiter die Rasterflächen an den Grenzen des Modellierungsgebiets liegen (Relaxationsprinzip). Die in Abbildung 5.2-2 dargestellte „Mutter“-Rasterung Westeuropas hat eine Auflösung von 12 km und liefert Informationen an das „Tochter“-Raster Oberrhein, das eine Auflösung von 4 km hat und keine Informationen an das Mutter-Raster zurück gibt (Grundsatz des One-Way-Nesting). Das Modell hat 25 vertikale Druckniveaus.

Der technische Teil dieses Berichts enthält eine ausführliche Beschreibung der verwendeten Modelle (ASPA, 2006 e).



■ Illustration 5.2-2 :
Grille mère (noir) et grille fille (gris) de modélisation avec MM5, grille PREVAIR (croix) et zone du Rhin supérieur.

■ Abbildung 5.2-2:
Mutter-Rasterung (schwarz) und Tochter-Rasterung (grau) zur Modellierung nach MM5, PREVAIR-Raster (Kreuze) und das Oberrheingebiet.

Modèle CHIMERE

CHIMERE est un modèle de chimie et de transport de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) choisi pour de multiples raisons : les développements continus dont il est l'objet, ses bonnes performances déjà connues pour la prévision et la simulation sur d'autres zones géographiques, sa modularité puisqu'il peut être utilisé avec différents moteurs météorologiques et différents mécanismes chimiques, sa structure permettant d'effectuer de nombreux tests de sensibilité et le fait qu'il intègre un module de calcul des aérosols.



En mode prévision, la version V200501H de CHIMERE est actuellement utilisée avec le mécanisme chimique MELCHIOR2 qui inclut 44 espèces et 120 réactions en phase gazeuse, et auquel s'ajoute le modèle ISOROPIA pour les calculs de la phase aérosol. A noter que le mécanisme chimique MELCHIOR1, dont MELCHIOR2 est une version simplifiée, a également été évalué (ASPA, 2006g). Le modèle est utilisé sur la grille du Rhin supérieur (illustration 5.2-3), avec une résolution de 4 km sur 4 km, soit 48 mailles en longitude et 64 en latitude, et 8 niveaux verticaux de pression (jusqu'à 500 hPa).

Das Modell CHIMERE

Das Modell CHIMERE des Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) bildet chemische Sachverhalte und Transportvorgänge ab und wurde aus mehreren Gründen gewählt: Es musste ständig veränderbar sein, seine Leistungsfähigkeit war bereits aus Vorhersage- und Simulationsprojekten in anderen geographischen Bereichen bekannt. Es ist modular aufgebaut und kann mit verschiedenen meteorologischen Modellen und chemischen Reaktionsmechanismen arbeiten, seine Struktur lässt zahlreiche Sensitivitätstests zu und es beinhaltet auch ein Modul zur Berechnung von Aerosolen.

■ Illustration 5.2-3 :
Domaine transfrontalier de modélisation de chimie-transport
avec CHIMERE

■ Abbildung 5.2-3:
Grenzübergreifendes Gebiet im Chemie-Transport-Modell CHIMERE

Im Vorhersage-Modus kommt derzeit die Version V200501H von CHIMERE mit dem chemischen Reaktionsmechanismus MELCHIOR2 zum Einsatz. Er umfasst 44 Stoffe und 120 Reaktionen in der Gasphase und arbeitet bei Berechnungen der Aerosol-Phase mit dem ISOROPIA-Modell. Außerdem ist anzumerken, dass der chemische Reaktionsmechanismus MELCHIOR1, von dem MELCHIOR2 eine vereinfachte Version ist, auch geprüft wurde (ASPA, 2006g). Die Ergebnisse sind in einem Bericht zusammengefasst. Das Modell wird auf das Oberrhein-Raster (Abbildung 5.2-3) mit einer Auflösung von 4 km auf 4 km angewendet, beziehungsweise auf 48 Raster für Längengraden und 64 Raster für Breitengrade sowie auf 8 vertikale Druckniveaus (bis 500 hPa).

5.3 Architecture informatique de la plate-forme

EDV-technische Architektur der Plattform

5.3.a Moyens de calcul

Le système de modélisation est assuré par trois ordinateurs en réseau. Un PC monoprocesseur sous WINDOWS est le point d'accès à toutes les entrées et sorties des calculs : saisie des paramètres (interface utilisateur), téléchargement des données d'entrée et lancement des calculs (programmeur de tâches), post traitement (système d'information géographique SIG) et gestion de bases de données (archivage tournant). Deux PC bi-processeurs sous LINUX supportent les calculs tridimensionnels de météorologie et de chimie-dispersion, l'un étant dédié au scénario, l'autre à la prévision. Le format d'archivage retenu NETCDF permet un portage des fichiers de résultats de LINUX à WINDOWS sans modification. Les deux processeurs sur chaque machine de calcul permettent le lancement de deux tâches en parallèle ou l'accélération de certains codes parallélisés comme MM5 et bientôt CHIMERE.

5.3.b Compilateurs et logiciels

Les compilateurs intel linux, ifort et icc sont utilisés pour les routines Fortran, C, et C++. L'interface de la plate-forme est majoritairement écrite en JAVA. Les post-traitements graphiques sont effectués en utilisant les logiciels FERRET et le langage R. La bibliothèque MPICH gère l'aspect parallélisation du code de calcul de météo MM5.

5.3.c Stockage des données

De grandes quantités de données météorologiques et chimiques sont produites chaque jour par la plate-forme de modélisation. Il est nécessaire de conserver ces données afin de constituer un historique durable et accessible aussi bien aux partenaires du programme qu'aux personnes extérieures. En effet, elles peuvent être utilisées pour effectuer des statistiques à long terme telles que l'exposition de la végétation où un calcul sur 5 ans de données est nécessaire, calculer des évolutions d'année en année, ou encore alimenter des modèles locaux, comme c'est déjà le cas pour le système URBAN'AIR. Un poste est donc utilisé en tant que serveur de sauvegarde, ainsi que plusieurs disques de 500 Go. L'ensemble est géré en système qualité avec délocalisation de sauvegardes.

5.3.a Rechenprogramme

Das Modellierungssystem stützt sich auf drei miteinander vernetzte Computer. Der Zugang erfolgt für alle Eingaben und Ausgaben über einen PC mit Monoprozessor, der unter WINDOWS läuft: Eingabe der Parameter (Nutzerschnittstelle), Herunterladen der Eingabedaten und Freigabe der Berechnung (Job-Scheduler), Nachbearbeitung (Geographisches Informationssystem GIS) und Verwaltung der Datenbank (Archivierung im Reihum-Verfahren). Die dreidimensionalen Berechnungen der Meteorologie und der Chemie / Ausbreitung werden durch zwei PCs mit Biprozessor unterstützt, die unter LINUX laufen. Einer dieser PCs ist für die Szenarien zuständig, der andere für die Vorhersagen. Als Archivierungsformat wurde NETCDF gewählt, weil es die Übertragung der Ergebnisdateien von LINUX nach WINDOWS ohne Veränderungen unterstützt. Dadurch, dass beide Rechner mit zwei Prozessoren ausgestattet sind, können entweder zwei Jobs parallel gestartet werden oder es können gewisse parallelisierte Codes wie im MM5 beziehungsweise bald auch im CHIMERE beschleunigt abgearbeitet werden.

5.3.b Compiler und Software-Programme

Für die Routinen in Fortran, C und C++ werden Intel-, Linux-, ifort- und icc-Compiler benutzt. Die Schnittstelle der Plattform ist hauptsächlich in JAVA programmiert. Die graphische Nachbearbeitung erfolgt mit FERRET-Software in der Sprache R. Die Parallelisierung des Rechencodes für die Meteorologie MM5 wird durch eine MPICH-Bibliothek verwaltet.

5.3.c Speicherung der Daten

Die Modellierungsplattform produziert alltäglich große Mengen an meteorologischen und chemischen Daten. Diese Daten werden in einer Datenbank gesichert, die für die am Programm beteiligten Partner ebenso zugänglich ist wie für externe Nutzer. Diese Daten können beispielsweise zur Erstellung von Langzeit-Statistiken über die Belastung der Vegetation genutzt werden, wofür die Daten über 5 Jahre berechnet werden. Weiter können damit die Entwicklung von einem Jahr auf das andere berechnet oder lokale Modelle gespeist werden, wie es beim System URBAN'AIR bereits der Fall ist. Ein PC kommt zu diesem Zweck zusammen mit mehreren Platten von 500 Gigabyte als Datensicherungsserver zum Einsatz. Der Datenerhalt wird durch ein Qualitätssystem mit Auslagerung der Backups gesichert.

5.3

Système commun d'évaluation de la qualité de l'air : mise en place et validation de l'outil de modélisation
Gemeinsames Bewertungssystem für die Luftqualität: Einrichtung und Validierung des Modellierungswerkzeugs

5.4 Mode prévision, mode simulation Vorhersagemodus und Simulationsmodus

La plate-forme Atmo-rhenA fonctionne quotidiennement en mode prévision, mais aussi en mode simulation pour l'étude de la production d'ozone et d'aérosols ainsi que pour l'évaluation d'impacts de scénarios d'émissions à court et long terme.

5.4.a Prévisions quotidiennes

Les simulations de météo et de chimie-transport effectuées vont du 00h Temps Universel (TU) de la veille (nommée échéance J-1) jusqu'au 23h TU du surlendemain (nommé échéance J+2), plus le 00h TU du jour suivant. Les conditions aux limites météorologiques et chimiques doivent donc couvrir une période allant du J-1 à 00h TU au J+3 à 00h TU.

Le mode prévision fonctionne de façon automatique et démarre chaque jour à 20 h. Une première séquence de la chaîne de calcul débute par le téléchargement des données météorologiques de bord qui sont d'abord des fichiers d'analyses de 0h, 6h et 12h de la veille, c'est-à-dire des sorties de modèle corrigées avec les mesures au sol. Puis sont utilisés des fichiers de prévisions effectuées à 12h la veille pour la période jusqu'au surlendemain (J+2). Ensuite, la plate-forme active les modules de MM5 (les calculs parallélisés prennent environ 5h30) et effectue les post-traitements météorologiques (génération d'images et de graphiques prédéfinis).

Une deuxième séquence est lancée avec le téléchargement des conditions aux limites chimiques couvrant une période allant de la veille au surlendemain (de J-1 à J+3). Les calculs photochimiques avec CHIMERE sont alors effectués successivement en version gaz (environ 1h30) et version aérosol (environ 6h30) suivis à chaque fois des post-traitements. Tous les résultats sont copiés sur le PC pilote et les principaux mis à disposition des partenaires du projet et du public sur des pages WEB bilingues distinctes.

5.4.b Mode étude

En mode simulation, le lancement est manuel et permet d'utiliser au choix des fichiers GFS de prévision ou d'analyse, des fichiers de conditions aux limites chimiques d'échéance voulue, un mécanisme chimique particulier, une durée de simulation précise, etc.

Die Plattform Atmo-rhenA ist täglich im Vorhersagemodus in Betrieb, aber sie wird auch im Simulationsmodus eingesetzt und zwar zur Untersuchung der Entstehung von Ozon und Aerosolen sowie zur Evaluierung der kurz- und langfristigen Auswirkungen von Emissionsszenarien.

5.4.a Tägliche Vorhersagen

Die Simulation der Meteorologie und des Chemie-Transports erfolgt von 00 Uhr Weltzeit (UTC) des Vortags (Tag T-1) bis 23 Uhr Weltzeit des übernächsten Tages (Tag T+2) sowie um 00 Uhr UTC am darauf folgenden Tag. Die meteorologischen und chemischen Randbedingungen müssen daher einen Zeitraum von 00 Uhr Weltzeit am Tag T-1 bis 00 Uhr Weltzeit am Tag T+3 abdecken.

Der Vorhersagemodus läuft automatisch und startet jeden Tag um 20 Uhr. Eine erste Sequenz der Rechenkette beginnt mit dem Herunterladen der meteorologischen Randbedingungen, also den Analysedateien von 0 Uhr, 6 Uhr und 12 Uhr am Vortag in Form von Modellausgaben, die nach Maßgabe der Bodenmessungen korrigiert werden. Dann kommen die Vorhersagedateien zum Einsatz, die um 12 Uhr am Vortag für den Zeitraum bis zum übernächsten Tag (T+2) erstellt wurden. Anschließend aktiviert die Plattform die MM5-Module (Die parallelisierten Berechnungen brauchen etwa 5 1/2 Stunden) und führt die meteorologische Nachbearbeitung sowie die Generierung zuvor definierter Bilder und Graphiken durch.

Die zweite Sequenz beginnt mit dem Herunterladen der chemischen Randbedingungen über den Zeitraum vom Vortag bis zum übernächsten Tag (von T-1 bis T+3). Dann werden die photochemischen Berechnungen durch CHIMERE in der Gas-Version (etwa 1 1/2 Stunden) und der Aerosol-Version (etwa 6 1/2 Stunden) durchgeführt, jeweils mit anschließender Nachbearbeitung. Alle Ergebnisse werden auf den Haupt-PC kopiert; die wichtigsten Ergebnisse werden den Projektpartnern und der Öffentlichkeit über verschiedene zweisprachige Webseiten zur Verfügung gestellt.

5.4.b Analyse-Modus

Im Simulationsmodus erfolgt die Freigabe manuell, wodurch wahlweise GFS-Dateien zur Vorhersage oder Analyse oder Dateien mit den chemischen Randbedingungen zu einem beliebigen Zeitpunkt, ein besonderer chemischer Reaktionsmechanismus, eine bestimmte Simulationsdauer usw. verwendet werden können.

5.5 Campagne de mesure et validation des modèles

Messkampagne und Validierung der Modelle

Afin de valider les modèles intégrés dans la plate-forme Atmo-rhenA, une campagne de mesure de paramètres météorologiques et chimiques s'est avérée nécessaire car la simple utilisation de jeux de données existants n'aurait pas répondu au contexte local : une situation climatique de type semi-continentale avec une orographie moyennement contrastée et une distribution des émissions et des espèces chimiques (spéciation des COV issus de la végétation en particulier) très différentes de celles mises en évidence par exemple dans les programmes PIPAPO (Milan), BERLIOZ (Berlin) ou ESCOMPTE (Marseille).

Toutefois les retours d'expériences de ces campagnes ont été intégrés pour le choix des paramètres, les méthodes de mesure retenues et la distribution spatiale des moyens de mesure. Les performances de la plate-forme de modélisation ont été évaluées en mode simulation avec l'étude approfondie des données de la campagne et pour ceci une coopération a eu lieu avec le Laboratoire de pollution de l'air et des sols (LPAS) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) qui a étudié la campagne avec les modèles METPHOMOD, FVM et TAPOM (Clappier, 2005).

Un rapport détaillé de la campagne de mesure est disponible (ASPA, 2006d).

5.5.a Objectifs de la campagne de mesure et dispositif mis en place

5.5.a.1 Objectifs de la campagne

L'objectif de la campagne de mesure a été de fournir une base de données mesurées dans le but :

- d'analyser le comportement des modèles appliqués à la situation observée de pollutions primaire et secondaire;
- d'en tirer des enseignements pour l'amélioration du système de modélisation;
- de valider de manière quantitative et qualitative les résultats des modèles de pollution pendant les Périodes d'Observation Intensive (POI) de la campagne de mesure.

5.5.a.2 Dispositif de mesure

La campagne s'est déroulée du 19 mai au 16 juin 2003 dans la vallée du Rhin supérieur. Deux périodes d'observation intensive ont été déclenchées par un groupe de veille aux alertes d'épisode d'ozone. Pendant ces POIs l'avion de mesures METAIR a effectué des vols de transect et le long de la vallée (illustration 5.5-1).

Zur Bestätigung der in der Plattform Atmo-rhenA integrierten Modelle wurde eine Messkampagne der meteorologischen und chemischen Parameter für notwendig erachtet, denn es hätte den lokalen Gegebenheiten nicht entsprochen, wenn einfach bestehende Datensätze benutzt worden wären. Im lokalen Bereich herrscht eine halbkontinentale Klimlage mit stark gegliederter Orographie vor; auch die Verteilung der Emissionen und der chemischen Stoffe, insbesondere die vegetationsverursachte VOC-Speziation, weichen stark von denjenigen ab, die z.B. im Rahmen der Programme PIPAPO (Mailand), BERLIOZ (Berlin) und ESCOMPTE (Marseille) nachgewiesen wurden.

Erfahrungs-Feedbacks aus diesen Messkampagnen im Bereich der Auswahl der Parameter, der Messmethoden und der räumlichen Verteilung der Messeinrichtungen wurden jedoch berücksichtigt. Die Leistungsfähigkeit der Modellierungsplattform wurde im Simulationsmodus anhand einer eingehenden Untersuchung der Daten aus der Kampagne bewertet. Dies geschah in Zusammenarbeit mit dem Laboratoire de pollution de l'air et des sols (LPAS) der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), die die Kampagne mit den Modellen METPHOMOD, FVM und TAPOM untersucht hat (Clappier, 2005).

Ein ausführlicher Bericht über die Messkampagne liegt vor (ASPA, 2006d).

5.5.a Zweck der Messkampagne und Messanordnung

5.5.a.1 Zweck der Messkampagne

Ziel der Messkampagne war es Messdaten zu erhalten, um:

- das Verhalten der Modelle bei Anwendung auf die beobachtete Situation bei primärer und sekundärer Luftverschmutzung zu untersuchen;
- daraus Schlüsse für die Verbesserung des Modellierungssystems herzuleiten;
- die Ergebnisse der Ausbreitungsmodelle während der intensiven Beobachtungsperioden der Messkampagne quantitativ und qualitativ zu bewerten.

5.5.a.2 Messanordnung

Die Kampagne wurde vom 19. Mai bis zum 16. Juni 2003 im Oberrheingebiet durchgeführt. Eine Alarmbereitschaft für Ozon-Episoden-Alarm löste zwei Intensivmessphasen aus, während der auch das Messflugzeug METAIR in Längs- und in Querrichtung zum Tal Messflüge durchführte (Abbildung 5.5-1).



■ Illustration 5.5-1 :
Photo aérienne

■ Abbildung 5.5-1:
Luftaufnahme

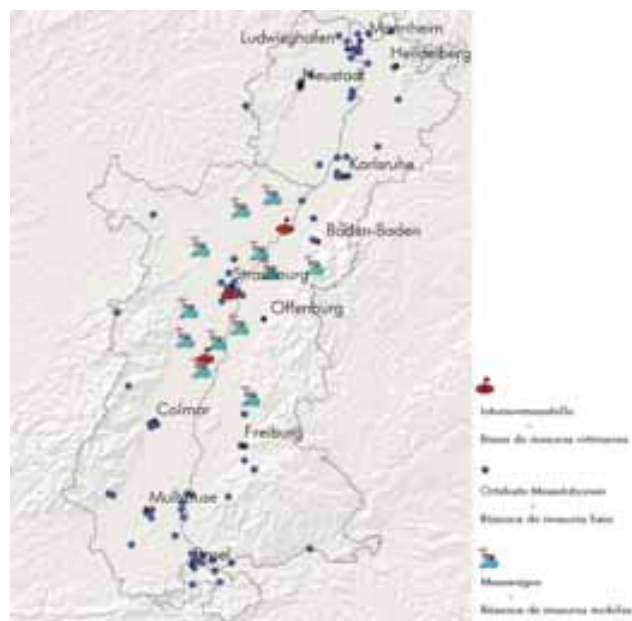
En complément des trois réseaux fixes de mesures de l'ASPA, de la LUBW, du LHA, 12 camions laboratoires ont participé à la campagne de mesure. Celle-ci a débuté avec une inter-comparaison des camions laboratoires et de leurs étalons coordonnée par le LCSQA (illustration 5.5-2). Les nombreux sites de mesure de cette campagne sont représentés sur l'illustration 5.5-3. L'objectif de ces mesures au sol était de relever, dans et autour des panaches urbains, les évolutions horaires de l'ozone et de ses précurseurs notamment les oxydes d'azote.

Zusätzlich zu den drei ortsfesten Messnetzen der ASPA, der LUBW und des LHA waren 12 Messwagen beteiligt. Zunächst wurden die Messeinrichtungen und Prüfgase in den Messwagen untereinander abgeglichen (Abbildung 5.5-2). Die Messstandorte sind in Abbildung 5.5-3 gezeigt. Aufgabe dieser Bodenmessungen war es die stündlichen Schwankungen der Ozon- und Ozonvorläuferkonzentrationen, vor allem der Stickoxide, in und am Rande der städtischen Abluffahrten zu messen.



■ Illustration 5.5-2 :
Intercomparaison

■ Abbildung 5.5-2:
Vergleichsmessungen



■ Illustration 5.5-3 :
Sites de mesure durant la campagne de terrain INTERREG III

■ Abbildung 5.5-3:
Messstandorte während der Messkampagne INTERREG III

De plus, 17 équipes de recherche allemandes, suisses, italiennes et françaises ont travaillé sur trois bases de mesures spécifiques ayant pour but de caractériser plus précisément la masse d'air le long des trajectoires les plus probables de panaches d'ozone issus de Strasbourg et de Karlsruhe (illustrations 5.5-4 à 5.5-6) : la base nord était située en milieu rural à Neuhaeusel, la base sud en milieu rural à Rossfeld, et la troisième base sur le toit d'un immeuble au centre de Strasbourg. Sur ces bases ont été mesurés des profils verticaux et des composés chimiques particuliers témoignant des vitesses de production d'ozone. L'ensemble des paramètres a été mesuré sur les bases avec des instruments validés et/ou des prototypes. C'est pourquoi des inter-comparaisons de résultats ont été réalisées suite à la campagne.

17 Forscherteams aus Deutschland, der Schweiz, Italien und Frankreich haben zusätzlich an drei ausgewählten Messorten gemessen, um genauere Aussagen über die Luftmassen entlang den wahrscheinlichsten Bahnen der Abluftfahnen aus Straßburg und Karlsruhe machen zu können (Abbildungen 5.5-4 bis 5.5-6): Der Messstandort Nord lag in ländlichem Umfeld in Neuhäusel, der Standort Süd in ländlichem Umfeld in Rossfeld und der dritte Messstandort auf dem Dach eines Gebäudes in der Stadtmitte von Straßburg. An diesen drei Messorten wurden die vertikalen Profile und die jeweilige chemische Zusammensetzung gemessen. Sie geben Aufschluss über die Geschwindigkeit der Ozonentstehung. Alle Parameter wurden von Messeinrichtungen gemessen, die mit eignungsgeprüften Messgeräten und/oder mit Prototypen arbeiteten, weshalb nach Abschluss der Kampagne die Ergebnisse miteinander abgeglichen wurden.

5.5



■ Illustration 5.5-4 :
Base spécifique nord à Neuhaeusel
■ Abbildung 5.5-4:
Intensivmessstelle Nord in Neuhaeusel



■ Illustration 5.5-5 :
Base spécifique sud à Rossfeld
■ Abbildung 5.5-5:
Intensivmessstelle Süd in Rossfeld



■ Illustration 5.5-6 :
Base spécifique à Strasbourg
■ Abbildung 5.5-6:
Intensivmessstelle Straßburg

Enfin, la campagne avait pour objectif complémentaire de préparer les bases pour répondre aux problématiques de modélisation liées aux aérosols organiques secondaires, c'est pourquoi des mesures d'aérosols ont été faites.

Zusätzlich verfolgte die Kampagne das Ziel, Antworten auf die Problematik der Modellierung sekundärer organischer Aerosole zu liefern. Deshalb wurden auch Aerosolmessungen vorgenommen.

Campagne de mesure INTERREG III : Liste des équipes participantes

INTERREG III – Messkampagne : Liste der beteiligten Teams

AASQA	La surveillance de la qualité de l'air ambiant et de ses effets sur la santé et l'environnement est assurée en France pour le compte de l'Etat et conformément à la Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (la LAURE), par les AASQA, associations agréées de surveillance de la qualité de l'air,
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, vormalis UMEG
LHA	Lufthygieneamt beider Basel,
LIC	Laboratoire Inter-régional de Chimie du Grand Est,
LaMP	Laboratoire de Météorologie Physique de Clermont-Ferrand,
BTU	Brandenburgische Technische Universität de Berlin,
LSCE	Laboratoire mixte CEA-CNRS de Gif-sur-Yvette,
LSCR	Laboratoire de Combustion et Systèmes Réactifs d'Orléans,
LCE	Laboratoire Chimie et Environnement, Equipe de Physico Chimie de l'Atmosphère de Marseille,
MPI	Max Planck Institut de Mainz,
LOA	Laboratoire d'Optique Atmosphérique de Villeneuve d'Ascq,
JRC	Joint Research Center Ispra en Italie,
CORIA	Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie de Rouen,
METAIR	en Suisse,
IMK-IFU	Institut de Météorologie et de Climatologie (Atmosphärische Umweltforschung Forschungszentrum) de Karlsruhe,
ONERA	Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales,
LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air,
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques,
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne,
Météo France,	
Université de Wuppertal en Allemagne,	
DEGREANE Météorologie de Toulon.	

5.5.b Bilan de la campagne

5.5.b.1 Situation photochimique de la campagne

Jusqu'au 25 mai, de nombreux orages et passages nuageux ont généré d'importantes fluctuations de la radiation solaire et les maxima d'ozone n'ont pas dépassé les 160 µg/m³ (illustration 5.5-7).

A partir du 25 mai, la radiation solaire a augmenté progressivement. Après le 30 mai, la radiation solaire s'est stabilisée et est restée élevée jusqu'au 12 juin avec dépassement du seuil de 180 µg/m³ : la période d'observation intensive 1 (POI 1) a été choisie les 3, 4 et 5 juin après stabilisation des niveaux d'ozone.

Les niveaux d'ozone ont augmenté à nouveau à partir du 9 juin, et ont atteint le 12 juin les plus fortes valeurs

5.5.b Bilanz der Kampagne

5.5.b.1 Photochemische Situation

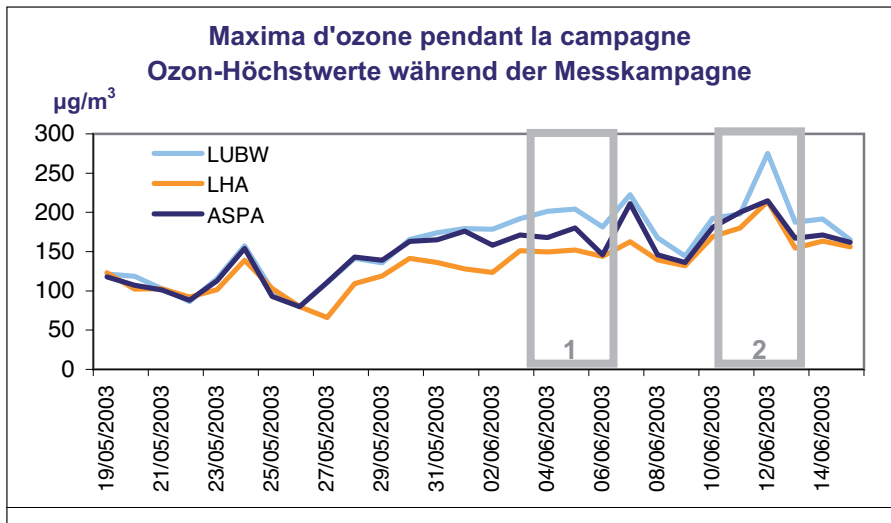
Bis zum 25. Mai kam es infolge zahlreicher Gewitter und Wolkenfronten zu großen Schwankungen der Sonneneinstrahlung; die Ozonhöchstwerte blieben unter 160 µg/m³ (Abbildung 5.5-7).

Ab dem 25. Mai stieg die Sonneneinstrahlung allmählich an, stabilisierte sich am 30. Mai und blieb dann bis zum 12. Juni hoch mit Überschreitung des Schwellenwertes von 180 µg/m³. Daher wurde die erste Intensivmessphase auf den 3., 4. und 5. Juni gelegt, nachdem die Ozonwerte sich stabilisiert hatten.

Ab dem 9. Juni stiegen die Ozonwerte wieder an und erreichten am 12. Juni die während der gesamten

mesurées au sol sur l'ensemble de la campagne, soit $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$: la période d'observation intensive 2 (POI 2) a donc été déclenchée pour les 10, 11 et 12 juin, sur probabilité d'occurrence du pic de pollution. Après le 12 juin, des orages ont fait à nouveau diminuer la radiation solaire et les concentrations d'ozone.

Kampagne am Boden gemessenen Höchstwerte von $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die zweite Intensivmessphase wurde für den 10., 11. und 12. Juni ausgelöst, an denen die Wahrscheinlichkeit eines Ozonspitzenwertes groß war. Nach dem 12. Juni nahmen die Sonneneinstrahlung und die Ozonkonzentrationen durch das Auftreten von Gewittern wieder ab.



■ Illustration 5.5-7 :

Maxima d'ozone (sur l'ensemble des stations) mesurés par les stations au sol durant la campagne

■ Abbildung 5.5-7:

Ozon-Höchstwerte (über alle Messstationen) gemessen während der Messkampagne an den Bodenstationen

5.5.b.2 Météorologie

Ce paragraphe donne une synthèse des principaux résultats météorologiques obtenus sur les trois bases spécifiques de mesures.

Situation synoptique

A haute altitude (500 hPa) les vents ont soufflé du sud-ouest pendant les deux périodes d'observation intensive : la région est souvent sous l'influence de tels vents avec des périodes anti-cycloniques.

Champs de vent

Au sol, les champs de vent ont été mesurés par les réseaux fixes de METEO FRANCE, de l'ASPA et du LUBW. Des profils verticaux ont été mesurés sur les bases spécifiques de mesures par quatre équipes de recherche. Les champs de vent 3D ont été mesurés par l'avion de METAIR, qui a développé à l'occasion de la campagne INTERREG III un nouvel outil de traitement des données brutes (synchronisation, calcul des valeurs absentes, et par exemple calcul du vent, pour lequel l'accélération de l'avion intervient).

5.5.b.2 Meteorologie

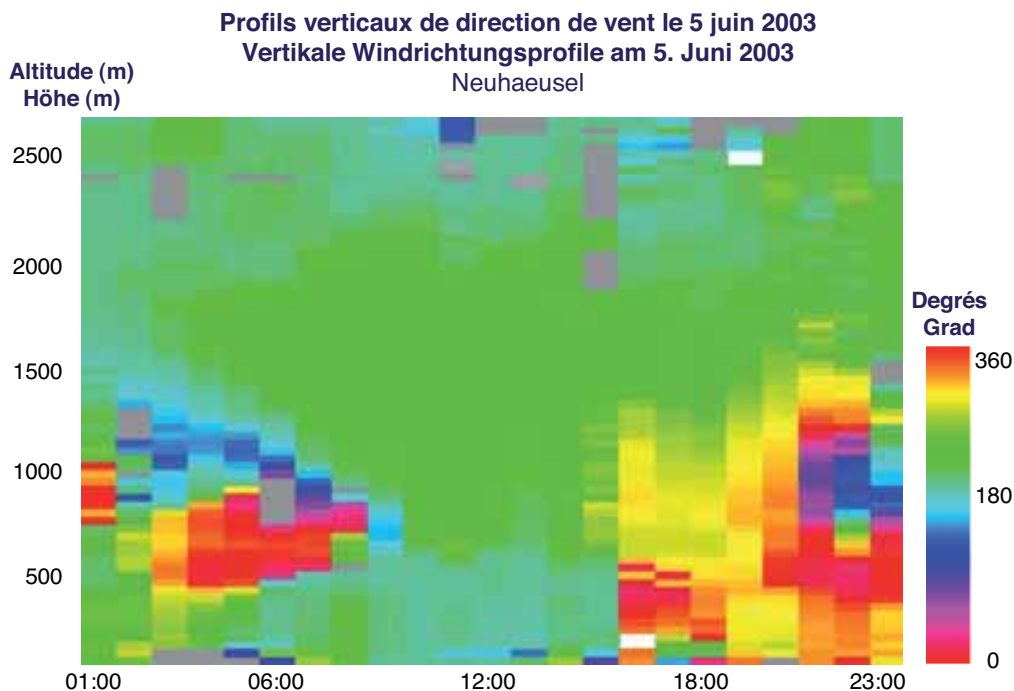
Dieser Abschnitt fasst die wichtigsten meteorologischen Ergebnisse an den drei ausgewählten Messorten zusammen.

Gesamtanordnung

Während der beiden Intensivmessphasen kam der Wind in großer Höhe (500 hPa) aus Südwest; die Region liegt häufig im Einflussbereich von Winden aus dieser Richtung bei Hochdruckwetterlagen.

Windfelder

Am Boden wurden die Windfelder über die ortsfesten Netze von METEO France, der ASPA und der LUBW gemessen, die vertikalen Profile an den ausgewählten Standorten von vier Forscherteams. Die 3D-Windfelder wurden mit Hilfe eines Flugzeugs von METAIR gemessen. Im Rahmen der INTERREG III-Kampagne wurde ein neues Hilfsprogramm zur Bearbeitung von Originaldaten (z.B. Synchronisierung, Berechnung fehlender Werte, Windberechnungen unter Berücksichtigung der Beschleunigung des Flugzeugs) entwickelt.



■ **Illustration 5.5-8 :**

Profils verticaux de direction de vent mesurés sur la base nord le 5 juin (Clappier, 2005 - d'après mesures Degreanne)

■ **Abbildung 5.5-8:**

Vertikale Windrichtungsprofile, gemessen an der Messstation Nord am 5. Juni (Clappier, 2005- gemäß Degreanne Messungen)

Dans la vallée du Rhin supérieur, il y a eu pendant les deux périodes d'observation intensive une direction de vent dominante sud-ouest le jour, due à l'effet de canalisation dans la vallée. Un changement de cette direction de vent a eu lieu les nuits en raison de la brise de vallée qui devient dominante par rapport à la canalisation de sud-ouest du couloir rhénan : les champs de vent horizontaux s'orientent alors vers le fond de la vallée et les mesures de profils verticaux font état d'un cisaillement des directions de vent synoptique la nuit au dessus de la vallée (illustration 5.5-8).

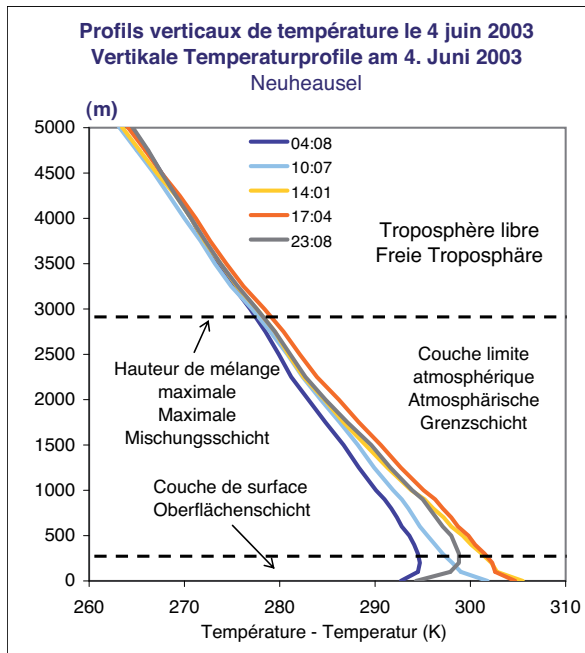
Température

Les températures au sol ont été mesurées entre autres par les réseaux fixes de l'ASPA, du LUBW et de METEO FRANCE.

Im Oberrheintal herrschte während der beiden Intensivmessphasen wegen des Umleitungseffekts im Tal tagsüber vorwiegend Südwestwind. Nachts änderte sich diese Windrichtung, weil die lokalen Windsysteme dominant werden und die Südwestumlenkung abschwächen. Die horizontalen Windfelder richteten sich zur Talsohle hin aus und die Messungen der vertikalen Profile weisen eine Scherung der synoptischen Windrichtung nachts über dem Tal nach (Abbildung 5.5-8).

Temperatur

Die Temperaturen am Boden wurden unter anderem über die ortsfesten Netze der ASPA, der LUBW und von METEO France gemessen.



■ Illustration 5.5-9 :
Profils verticaux de température sur la base nord le 4 Juin,
(Clappier, 2005)

■ Abbildung 5.5-9:
Vertikale Temperaturprofile an der Messstation Nord am 4. Juni,
(Clappier, 2005)

Des mesures verticales ont également été effectuées (illustration 5.5-9). La couche limite atmosphérique où se mélangent les polluants est très influencée par le sol et la position du soleil, les températures y sont plus faibles la nuit que le jour. Pendant la journée le haut rayonnement solaire chauffe le sol ce qui entraîne que les masses d'air inférieures se mélangent fortement. La hauteur de mélange peut atteindre pendant les mois d'été environ 2500 m d'altitude le jour.

La nuit et particulièrement par ciel dégagé, le sol et les masses d'air inférieures se refroidissent. Dans la couche de surface se forme alors une couche stable interrompant le mélange des masses d'air.

La troposphère libre au-dessus de la couche de mélange des polluants est très peu influencée par le sol, les températures y varient peu au cours d'une journée.

Autres paramètres météorologiques

D'autres paramètres ont été mesurés tels le rayonnement global, l'humidité, la hauteur de précipitations. Les maxima journaliers atteints pour les précipitations durant la campagne ont été de 11 mm le 24 mai et de 35 mm le 12 juin, favorisant le lessivage des polluants pour ces deux journées.

Le CORIA a mesuré les profils de vent dans la couche limite de surface de la ville de Strasbourg ainsi que la vitesse de friction, afin d'améliorer les connaissances sur la couche rugueuse qui existe au dessus du toit des agglomérations (CORIA, 2004) : en effet plus une surface est rugueuse, plus les forces de friction vont générer de turbulences. La vitesse de friction est calculée à partir de ce flux turbulent de surface.

Außerdem wurden vertikale Messungen durchgeführt (Abbildung 5.5-9). Die Mischungsschicht, in der sich die Schadstoffe durchmischen, wird stark durch die Bodenoberfläche und den Sonnenstand beeinflusst. Die Temperatur der Bodenoberfläche ist in der Nacht geringer als am Tag. Tagsüber kommt es bei starker Sonneneinstrahlung zur Aufheizung des Bodens mit der Folge, dass sich die unteren Luftschichten stark durchmischen. In den Sommermonaten kann die Mischungsschichthöhe tagsüber eine Höhe von bis zu 2500 Meter erreichen.

In den Nachtstunden kühlt besonders bei wolkenlosem Himmel der Boden und damit die bodennahe Luftschicht ab. Dadurch stellt sich in Bodennähe eine stabile Schichtung ein, die die Durchmischung unterbindet.

Die freie Troposphäre über der Mischungsschicht der Schadstoffe wird kaum vom Boden beeinflusst, ihre Temperaturen schwanken im Tagesverlauf kaum.

Sonstige meteorologische Parameter

Weitere Messparameter waren z.B. die Globalstrahlung, die Luftfeuchte und der Niederschlag. Die höchsten Niederschlagsmengen beliefen sich während der Kampagne auf 11 mm am 24. Mai bzw. 35 mm am 12. Juni; diese Niederschlagsmengen hatten an diesen Tagen die Auswaschung der Schadstoffe begünstigt.

Die Windprofile in der Oberflächengrenzschicht der Stadt Straßburg sowie die Schubspannungsgeschwindigkeit wurden von CORIA gemessen, um weitere Erkenntnisse über die Rauigkeit der Ballungsräume zu gewinnen (CORIA, 2004): Je rauer eine Oberfläche ist, desto mehr Turbulenzen bewirken die Reibungskräfte. Die Schubspannungsgeschwindigkeit errechnet sich aus dieser turbulenten Oberflächenströmung.

5.5.b.3 Chimie gazeuse

Si la majorité des résultats de chimie gazeuse sont exploités dans le cadre de la validation du modèle CHIMERE, certaines données sont spécifiques aux travaux de l'équipe de recherche ayant opéré la mesure.

Les composés primaires NO_x et COV génèrent sous l'action du rayonnement solaire de l'ozone et d'autres polluants secondaires présents en plus faibles quantités tels que le peroxyacétyl nitrates (PAN), l'acide nitrique HNO_3 , le formaldéhyde HCHO et l'acide formique HCOOH. Ces polluants secondaires sont donc générés selon un cycle diurne avec un maximum en milieu de journée.

Oxydes d'azote

Les mesures de NO_x des différentes équipes de la base Sud à Rossfeld ont été intercomparées avec des différences significatives pour les basses concentrations. Les mesures considérées les plus fiables ont été utilisées pour le calcul des vitesses de production d'ozone PO_3 . Sur le même site de Rossfeld, des mesures globales de NO et, plus rares, de NO_z ($= \text{HONO} + \text{HNO}_3 + \text{PAN}$) ont été effectuées avec des incertitudes estimées à $\pm 20\%$.

Enfin, les variations diurnes du HONO, mesuré également, ont pu montrer l'existence d'une source nouvelle de HONO probablement liée à une photochimie au niveau du sol et qui aurait une magnitude double de celle de la nuit. Cela pourrait jouer de façon non négligeable sur le budget du radical $\text{OH}\bullet$, composé important des réactions photochimiques.

Ozone

Il y a eu près de 50 points de mesure de l'ozone pendant la campagne dans l'ensemble du Rhin supérieur. Le plus souvent le panache d'ozone, qui se forme sous le vent d'une agglomération, a pour Strasbourg été localisé au nord nord-est.

Des mesures verticales d'ozone ont été opérées à l'aide de LIDAR (Light Detection And Ranging) sur les bases de Rossfeld et de Neuhaeusel (illustration 5.5-10). La fiabilité des mesures d'un des LIDARs reste en question et les portées n'ont pas permis de mesures d'ozone au-dessous de certaines altitudes. Néanmoins les mesures disponibles ont montré la complémentarité des mesures LIDAR et des analyseurs pour la compréhension de la dynamique de l'ozone.

5.5.b.3 Gaschimie

Die meisten Ergebnisse aus dem Bereich der Gaschimie werden im Zuge der Validierung des CHIMERE-Modells ausgewertet; manche Daten sind aber spezifisch für die Arbeiten des Forschungsteams, das die Messungen durchgeführt hat.

Unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung entstehen aus den Primärverbindungen NO_x und VOC Ozon und andere in geringeren Mengen vorhandene Sekundärschadstoffe, wie Peroxoacethylnitrat (PAN), Salpetersäure (HNO_3), Formaldehyd (HCHO) und Ameisensäure (HCOOH). Diese Sekundärschadstoffe entstehen im Tageszyklus und erreichen in der Tagesmitte ihre Höchstwerte.

Stickoxide

Die NO_x -Ergebnisse der verschiedenen Teams in Rossfeld waren bei niedrigen Konzentrationen signifikant verschieden. Die als die zuverlässigsten erachteten Messungen wurden sodann zur Berechnung der Geschwindigkeit der Entstehung von Ozon (PO_3) herangezogen. Nur am Standort Rossfeld wurden neben NO wenn auch weniger häufig NO_z ($= \text{HONO} + \text{HNO}_3 + \text{PAN}$) gemessen; der geschätzte Unsicherheitsfaktor für diese Messungen beträgt $\pm 20\%$.

Das HONO wurde auch getrennt gemessen. Seine täglichen Schwankungen belegen, dass es eine neue HONO-Quelle gibt, die vermutlich aus photochemischen Reaktionen in Bodennähe herrührt und deren Stärke tagsüber doppelt so hoch ist wie nachts. Dieser Sachverhalt könnte eine nicht unerhebliche Auswirkung auf die Bilanz des Radikals $\text{OH}\bullet$ haben, das bei den photochemischen Reaktionen eine maßgebliche Rolle spielt.

Ozon

Während der Messkampagne gab es im gesamten Oberrheingebiet fast 50 Messpunkte für Ozon. Die ozonhaltige Abluftfahne, die abwindig eines Ballungsraums entsteht, lag im Fall von Straßburg in nordnordöstlicher Richtung.

An der Basis in Rossfeld und der Basis in Neuhaeusel (Abbildung 5.5-10) wurden mit Hilfe von LIDAR (Light Detection And Ranging) vertikale Ozonmessungen durchgeführt. Die Zuverlässigkeit der Messungen eines der LIDAR-Geräte ist fraglich; außerdem konnten aufgrund des Messabstands keine Ozonmessungen unterhalb gewisser Höhenlagen durchgeführt werden. Die verfügbaren Messergebnisse zeigen jedoch, dass die Ergebnisse der LIDAR-Messungen und der Analysatoren bei der Erklärung der Ozondynamik komplementär zusammen wirken.

■ Illustration 5.5-10:
LIDAR profiler d'ozone vertical utilisé pendant la campagne de mesure (Frejafon, 2003)

■ Abbildung 5.5-10:
Aufnahme vom LIDAR zur vertikalen Messung von Ozon eingesetzt während der Messkampagne (Frejafon, 2003)



Enfin les mesures d'ozone aéroportées ont de nombreux avantages : la mesure de LLD (Luff Lee Difference effectuée par METAIR), c'est-à-dire l'augmentation de concentration entre l'amont et l'aval d'une source, ou la différence entre minima et maxima suivant l'altitude, permet de montrer les concentrations dues à une source ou au-dessus de la couche limite atmosphérique. Les profils verticaux permettent de détecter les couches réservoirs d'ozone. Ces mesures ont également chiffré à environ $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la concentration d'ozone dans la troposphère libre et correspondant au fond d'ozone. Ceci correspond au fond d'ozone estimé à l'aide des stations au sol à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de moins à cause des phénomènes de déposition qui font légèrement diminuer les concentrations de polluant près du sol.

La mesure des colonnes totales d'ozone faite par le LOA variait de 320 à 400 UD (Unité Dobson ou mm d'ozone pur au niveau de la mer, à température et à pression normales) du 15 mai au 15 juin.

Composés Organiques Volatils (COV)

Un poste de mesure basé à Rossfeld (illustration 5.5-11) a effectué des mesures en moyennes journalières ou tri-horaires du 20 mai au 13 juin, pour les 29 composés organiques volatils précurseurs de la formation d'ozone listés dans la directive ozone du 12 février 2002 (sauf le i-Hexane remplacé par le 1-Hexène) (ASPA, 2005). Les mesures sont représentées en pondérant les concentrations avec le potentiel de création d'ozone photochimique de chaque COV (PCOP, d'après le décret du 11 mai 1998).



Durch die vom Flugzeug von METAIR durchgeführten LLD-Messungen von Ozon (Luv-Lee-Differenz), die die Zunahme der Konzentrationen vor und hinter einer Quelle oder die höhenbedingten Unterschiede zwischen den Tiefst- und Höchstwerten angeben, kann ermittelt werden, welche Konzentrationen eine Quelle verursacht oder oberhalb der Mischungsschicht vorhanden sind. Über die vertikalen Profile können die Ozonspeicher nachgewiesen werden. Durch diese Messungen konnte in der freien Troposphäre eine Ozonkonzentration von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt werden. Dies entspricht den Schätzungen des Hintergrundozons, welches mit Hilfe von Bodenstationen auf $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geschätzt wurde. Diese Unterschreitung von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist auf Ablagerungsphänomene zurückzuführen, aufgrund derer die Schadstoffkonzentrationen in Bodennähe leicht abnehmen.

Die von dem LOA durchgeführten Messungen der Gesamt-Ozon-Säule schwankten in der Periode vom 15. Mai bis zum 15. Juni zwischen 320 und 400 DU (Dobson-Einheiten bzw. mm reinen Ozons in Meereshöhe bei normaler Temperatur und normalem Druck).

Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC)

In Rossfeld wurde eine Messstation eingerichtet (Abbildung 5.5-11), an der vom 20. Mai bis zum 13. Juni die Tagesmittelwerte bzw. die Dreistundenmittelwerte der 29 leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe, die zu den Ozonvorläufersubstanzen gehören, gemessen wurden, die in der Ozonrichtlinie vom 12. Februar 2002 aufgeführt sind (mit Ausnahme von i-Hexan, an dessen Stelle 1-Hexen gemessen wurde) (ASPA, 2005). Die Messergebnisse für die einzelnen VOCs werden in gewichteten Konzentrationen ihres photochemisch ozonbildenden Potenzials (PCOP) gemäß den Bestimmungen der Verordnung vom 11. Mai 1998 angegeben.

■ Illustration 5.5-11 :
Canisters du Laboratoire Interrégional de Chimie (LIC)

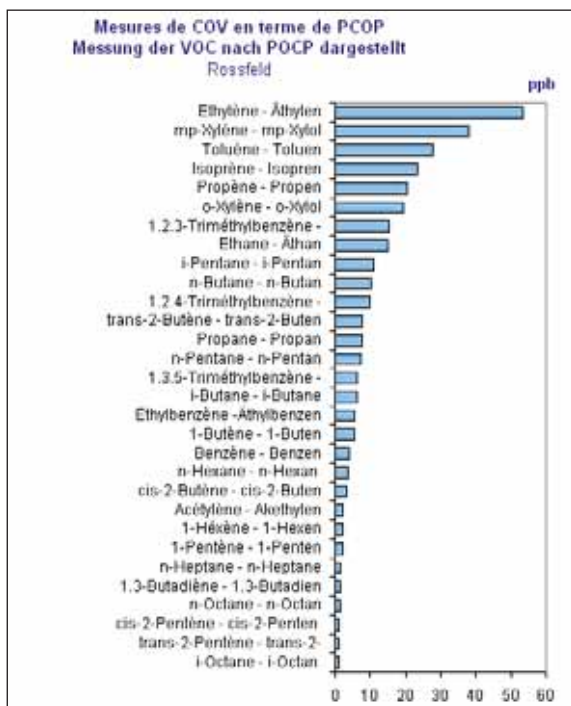
■ Abbildung 5.5-11:
Probenahmecontainer des Laboratoire Interrégional de Chimie (LIC)

Globalement les concentrations mesurées étaient faibles, probablement en raison de la photochimie intense de cette période estivale entraînant une consommation importante des COV le jour (ceux-ci présentent un maximum la nuit lorsque la couche de mélange a une faible épaisseur). On constate que l'éthylène, le m-p-xylène, le toluène, l'isoprène, le propène, l'oxylène et l'1,2,3-triméthylbenzène, représentent 62% du potentiel global de création d'ozone photochimique (illustration 5.5-12).

Ces composés sont issus très largement du transport routier et de l'évaporation d'essence, mis à part le toluène, qui provient également de l'usage industriel de solvants, et l'isoprène, d'origine principalement naturelle.

Insgesamt waren die gemessenen Konzentrationen niedrig, vermutlich wegen der intensiven Photochemie, die in dieser sommerlichen Periode herrschte und tagsüber einen größeren Abbau der VOCs bewirkt haben muss. Die VOC-Werte erreichten ihren Höchststand in der Nacht, wenn die Mischungsschicht gering war. Die Messungen haben ergeben, dass 62% des Gesamtpotenzials an photochemischer Ozonbildung auf die Substanzen Ethylen, m-p-Xylol, Toluol, Isopren, Propen, Oxylen und 1,2,3-Trimethylbenzol zurückgehen (Abbildung 5.5-12).

Diese Substanzen stammen vorwiegend aus dem Straßenverkehr und dem Verdampfen von Kraftstoffen, abgesehen vom Toluol, das auch als Lösungsmittel in der Industrie eingesetzt wird und dem Isopren, das natürlich vorkommt.



■ Illustration 5.5-12 :
Mesures de COV du LIC représentées en pondérant les concentrations avec le PCOP

■ Abbildung 5.5-12:
Messung der VOCs des LIC; Darstellung der nach PCOP gewichteten Konzentrationen

Les mesures mettent donc en évidence que, malgré l'implantation rurale du site de mesure, des traceurs de combustion automobile sont présents. Cependant l'origine locale (RN 83), régionale (panache de Strasbourg) voire continentale (similitude des concentrations avec d'autres stations de la région) de ces précurseurs n'a pu être déterminée.

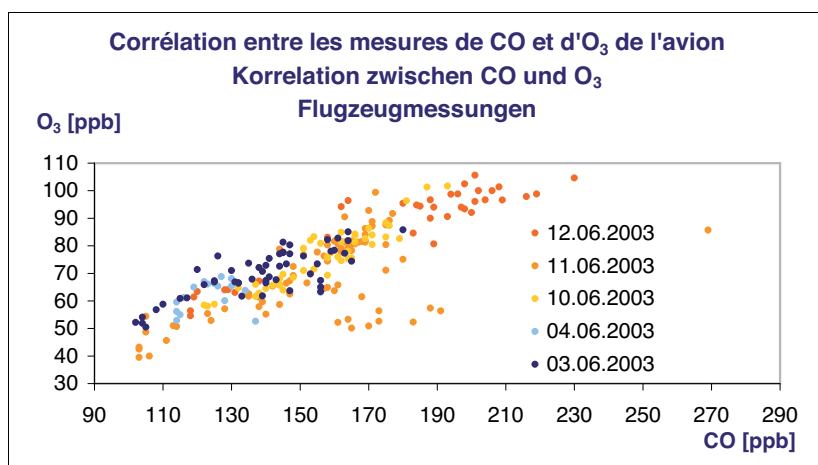
Die Messungen zeigen, dass Spurenstoffe aus der Verbrennung in Kraftfahrzeugmotoren auch an ländlichen Standorten nachgewiesen werden können. Es konnte allerdings nicht nachgewiesen werden, ob der Ursprung dieser Vorläufersubstanzen lokal (Nationalstraße RN 83), regional (Abluftfahne Straßburg) oder kontinental (ähnliche Konzentrationen wie an den anderen Messstationen in der Region) ist.

Monoxyde de carbone (CO)

Les mesures aéroportées de METAIR montrent une très bonne corrélation entre le CO et l'ozone (illustration 5.5-13), ce qui indique que les panaches d'ozone sont d'origine locale (les valeurs de CO sont trop élevées pour être d'origine plus lointaine). De plus les mesures aéroportées montrent que les concentrations du fond d'ozone sont vraisemblablement réparties uniformément dans le domaine du Rhin supérieur.

Kohlenmonoxid (CO)

Die Flugzeugmessungen von METAIR zeigen eine sehr gute Korrelation zwischen CO und Ozon (Abbildung 5.5-13). Die vergleichsweise hohen CO-Werte lassen auf eine lokale Herkunft der Ozonfahnen schließen. Außerdem zeigen die Flugzeugmessungen, dass die Hintergrundkonzentrationen an Ozon wahrscheinlich einheitlich über das Oberrheingebiet verteilt sind.



■ Illustration 5.5-13 :
Corrélation entre le CO et l'ozone mesurés par l'avion (Neininger, 2004)

■ Abbildung 5.5-13:
Korrelation zwischen CO und Ozon der Flugzeugmessungen (Neininger, 2004)

Autres composés

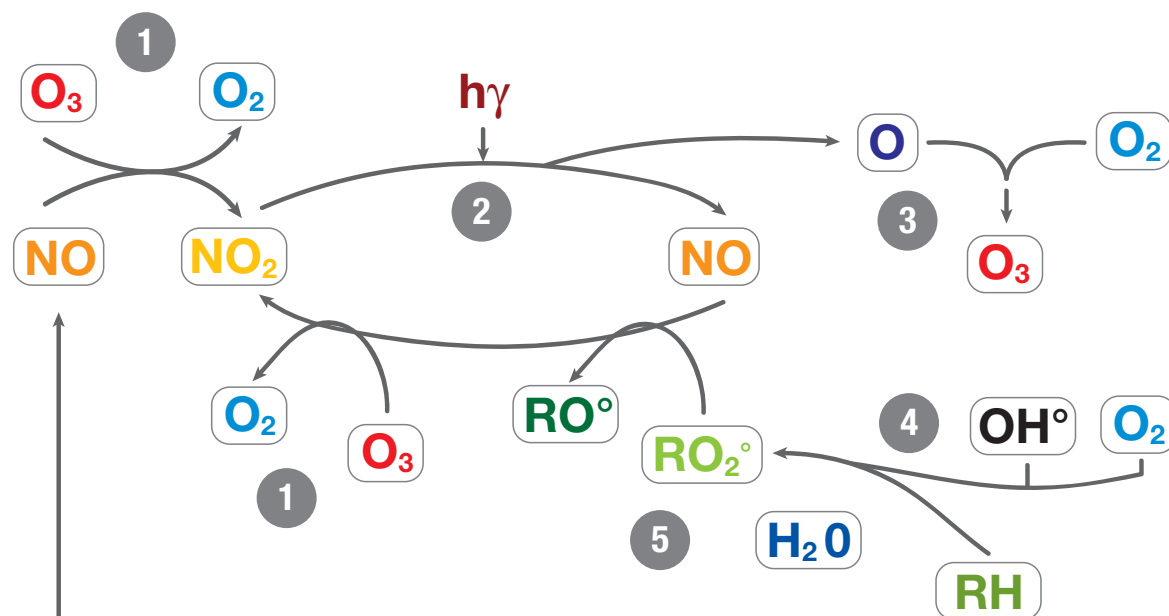
Les mesures d'autres composés comme les radicaux peroxydes RO_2 , hydroperoxydes HO_2 , et autres peroxydes ont permis aux équipes de recherches d'affiner les connaissances des mécanismes chimiques et d'ouvrir des champs d'investigations devant faire l'objet de publications scientifiques.

Les pics de concentration du formaldéhyde $HCHO$ n'étaient pas corrélés au maximum d'activité photochimique donc d'autres facteurs comme les émissions ou une faible hauteur de mélange contrôlent cette concentration.

Sonstige Verbindungen

Der Messumfang schloss auch andere Verbindungen, z.B. Peroxyl-Radikale RO_2 , Hydroperoxide HO_2 und sonstige Peroxide mit ein. Die Ergebnisse haben die Erkenntnisse über die Reaktionsmechanismen vertieft und Forschungsbedarf aufgezeigt. Sie werden Gegenstand wissenschaftlicher Publikationen sein.

Die Höchstwerte an Formaldehyd $HCHO$ standen nicht in Korrelation mit den photochemischen Aktivitäten; die Formaldehyd-Werte müssen durch andere Faktoren, wie die Emissionen oder die eingeschränkte Durchmischung, bedingt sein.



Emissions liées aux activités humaines et naturelles
Emissionen von menschlichen und natürlichen Aktivitäten

- 1 Le monoxyde d'azote NO est oxydé notamment par l'ozone O_3 formant ainsi du dioxyde d'azote NO_2 et de l'oxygène O_2 (destruction d'ozone)
Stickstoffmonoxid NO wird unter anderem durch Ozon O_3 oxidiert und bildet Stickstoffdioxid NO_2 sowie Sauerstoff O_2 (Ozonabbau).
- 2 Le dioxyde d'azote NO_2 est détruit par la lumière solaire ($h\nu$) formant ainsi des atomes d'oxygène O et du monoxyde d'azote NO (photolyse de NO_2)
Stickstoffdioxid NO_2 wird vom Sonnenlicht ($h\nu$) gespalten und bildet O-Atome sowie Stickstoffmonoxid NO (NO_2 Photolyse).
- 3 Les atomes d'oxygène O réagissent avec l'oxygène de l'air formant ainsi de l'ozone O_3 (formation d'ozone)
Die O-Atome reagieren mit dem Sauerstoff in der Luft und bilden Ozon O_3 (Ozonbildung).
- 4 Les Composés Organiques Volatils RH (H=hydrogène, R=reste organique) réagissent avec des radicaux hydroxyles $OH^\bullet$ et l'oxygène de l'air, formant ainsi des radicaux peroxydes $RO_2^\bullet$ et de l'eau H_2O
Leichtflüchtige Organische Verbindungen RH (H=Wasserstoff, R=organischer Rest) reagieren mit Hydroxylradikalen $OH^\bullet$ und Sauerstoff, das Ergebnis ist ein Peroxi-Radikal $RO_2^\bullet$ und Wasser H_2O .
- 5 NO réagit avec $RO_2^\bullet$ et forme de nouveau du NO_2
NO reagiert mit Peroxi-Radikalen $RO_2^\bullet$ und bildet NO_2 zurück.

■ Illustration 5.5-14 :
Cycle de formation et de destruction de l'ozone
(Uherek, 2004)

■ Abbildung 5.5-14:
Zyklus von Ozonbildung und Ozonabbau
(Uherek, 2004)

Fréquence de photolyse de NO_2 (JNO_2)

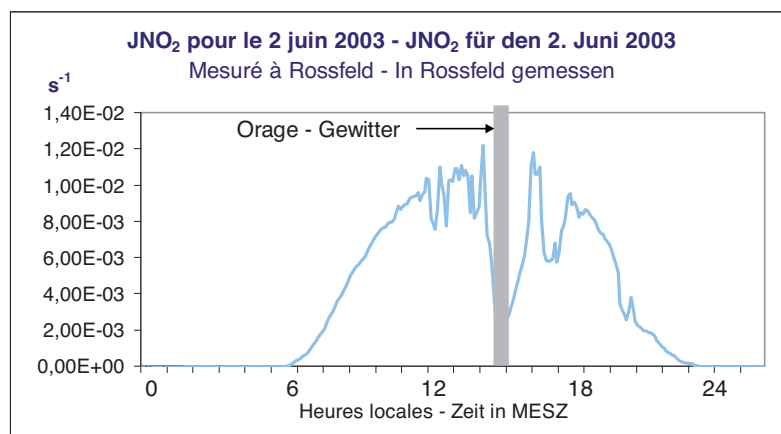
Des radiomètres ont permis de calculer les constantes dites « JNO_2 » de dissociation de NO_2 sur la base sud de Rossfeld (illustration 5.5-15).

Lors d'une journée ensoleillée, la valeur de JNO_2 mesurée par le LCSR a été deux fois plus petite en présence de nuages, mais entre deux passages nuageux ou orageux, JNO_2 a atteint rapidement de nouveau la valeur maximale. Le LOA (Broniez, 2004) a également déterminé des valeurs de JNO_2 qui étaient en accord avec celles du LCSR, ainsi que la vitesse de photolyse de l'ozone JO_3 .

Photolysefrequenz NO_2 (JNO_2)

Infolge der in Rossfeld vorgenommenen radiometrischen Messungen konnten die sogenannten „ JNO_2 “-Konstanten berechnet werden. Sie geben Aufschluss über den Zerfall von NO_2 (Abbildung 5.5-15).

An sonnigen Tagen halbierten sich während wolkiger oder gewittriger Phasen die vom LCSR gemessenen JNO_2 -Werte. Nach Durchzug der Wolken oder Gewitter erreichten sie aber rasch wieder Höchstwerte. Die Ergebnisse vom LCSR und LOA stimmten gut überein. Das LOA (Broniez, 2004) hat auch die Geschwindigkeit der Ozon-Photolyse (JO_3) ermittelt.



■ Illustration 5.5-15 :
Profil de JNO_2 pour le 2 juin 2003 (LCSR, 2004)

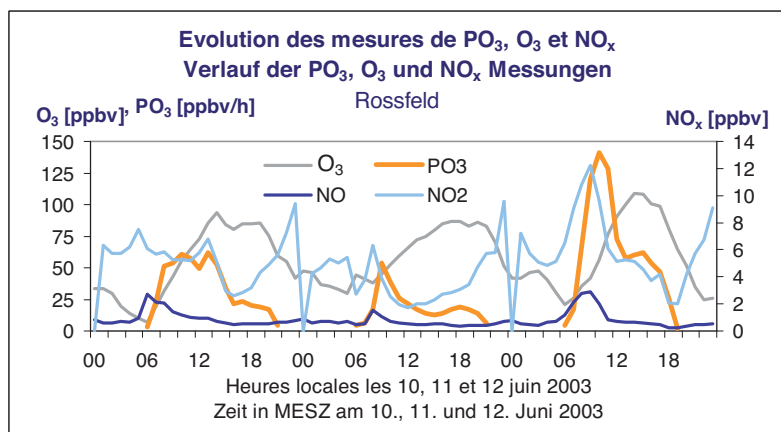
■ Abbildung 5.5-15:
Profil der Photolyse-Frequenz (JNO_2) für den 2. Juni 2003 (LCSR, 2004)

Vitesse de production d'ozone (PO_3)

Les valeurs de vitesse de production d'ozone PO_3 calculées en utilisant les mesures de RO_2 , NO_x et JNO_2 sont comprises entre 50 et 150 ppbv/h pour le site de Rossfeld, ce qui indique une forte production photochimique locale d'ozone, l'ordre de grandeur étant le même que celui calculé lors d'ESCOMPTE pour la région d'Aix-Marseille. Le maximum de PO_3 est atteint vers 10h locales, et PO_3 diminue fortement à partir de midi. Les concentrations de NO sont fortement corrélées avec PO_3 (illustration 5.5-16).

Geschwindigkeit der Ozonentstehung (PO_3)

Die Geschwindigkeit der Ozonentstehung wurde aus den Messwerten für RO_2 , NO_x und JNO_2 berechnet. Sie liegen am Standort Rossfeld zwischen 50 und 150 ppbv/h, was auf eine starke lokale photochemische Ozonproduktion hindeutet; größenordnungsmäßig entsprach sie den ESCOMPTE-Berechnungen für die Region Aix - Marseille. Der PO_3 -Höchstwert wird gegen 10 Uhr Ortszeit erreicht und nimmt ab Mittag stark ab. Zwischen der NO -Konzentration und der Ozonproduktion PO_3 gibt es eine starke Korrelation (Abbildung 5.5-16).



■ Illustration 5.5-16 :
Evolution de PO_3 et des concentrations d'ozone et de NO_x pendant la période d'observation intensive 2 (LCSR, 2004)

■ Abbildung 5.5-16:
Verlauf der Ozonproduktionsgeschwindigkeit PO_3 und der Ozon- und NO_x -Konzentrationen während der zweiten Intensiv-Messkampagne (LCSR, 2004)

5.5.b.4 Chimie des aérosols

Certains aérosols atmosphériques peuvent avoir un impact sur la formation des nuages et sur le comportement des polluants (ainsi que sur le climat). C'est pourquoi la campagne INTERREG III s'est également intéressée à titre préliminaire à l'étude des aérosols. Pour ce domaine complexe, les résultats sont accessibles dans le rapport détaillé de la campagne de mesure (Putaud, 2005 - Moortgat, 2005).

5.5.b.5 Homogénéisation des données dans un format unique

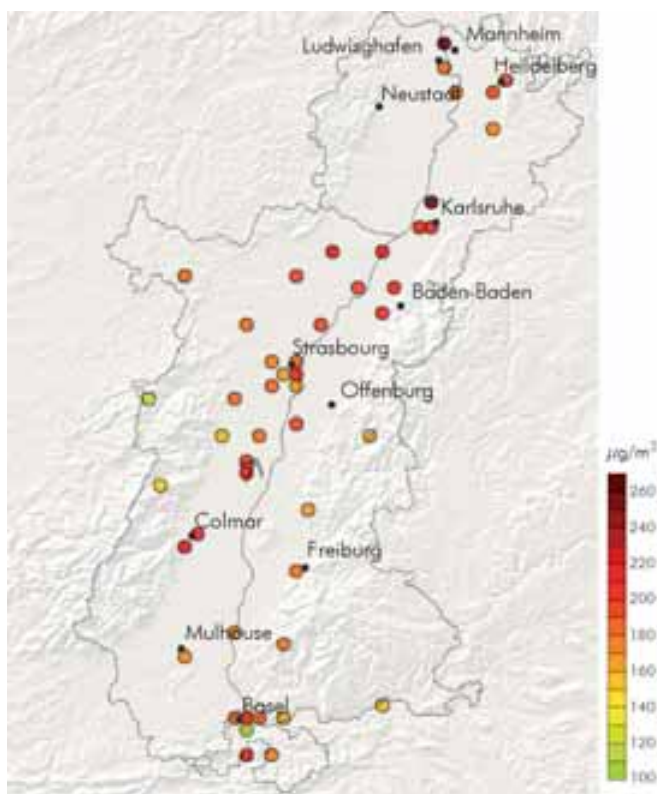
Des fichiers d'observation de l'ensemble des données de la campagne de mesure ont été créés au format harmonisé NETCDF en vue de la comparaison des mesures avec les sorties des modèles (illustration 5.5-17).

5.5.b.4 Aerosol-Chemie

Manche Aerosole können die Wolkenbildung und damit das Verhalten von Schadstoffen (und außerdem das Klima) beeinflussen. Deshalb hat die INTERREG III-Kampagne sich im Rahmen vorläufiger Untersuchungen auch mit den Schwebstäuben befasst. Die Ergebnisse aus diesem komplexen Untersuchungsfeld sind im ausführlichen Bericht über die Messkampagne zu finden (Putaud, 2005 - Moortgat, 2005).

5.5.b.5 Herstellung eines einheitlichen Datenformats

Die Beobachtungsdateien mit dem gesamten im Laufe der Messkampagne gewonnenen Datenbestand wurden auf das einheitliche Datenformat NETCDF umgestellt, um Messungen mit dem Modelloutput vergleichbar zu machen (Abbildung 5.5-17).



■ Illustration 5.5-17 :
Maxima journaliers d'ozone mesurés le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 5.5-17:
Tageshöchstwerte für Ozon, gemessen am 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ce format auto-documenté avait été choisi pour les sorties de la plate-forme en raison des possibilités de visualisation des données sous forme de cartes, de graphiques, de coupes ou de profils verticaux par exemple avec le logiciel FERRET. Ces fichiers ont été mis à disposition des partenaires de la campagne. En 2004, l'intégralité des données a été mise à disposition des utilisateurs sur un serveur où les équipes pouvaient extraire les données nécessaires à leurs études.

Dieses sich selbst dokumentierende Format wurde deshalb für den Output der Plattform gewählt, weil die Daten darin z.B. über das Softwareprogramm FERRET in Form von Karten, Graphiken, Querschnitten und vertikalen Profilen dargestellt werden können. Die an der Kampagne beteiligten Partner haben diese Dateien zur Verfügung gestellt bekommen. Im Jahr 2004 wurde der gesamte Datenbestand den Nutzern über einen Server zur Verfügung gestellt, über den die Teams die für ihre Untersuchungen notwendigen Daten abrufen konnten.

5.6 Mise en place du modèle météorologique Einrichtung des meteorologischen Modells

La mise en place du modèle météorologique (MM5) en amont du modèle de chimie a consisté à déterminer si les phénomènes météorologiques mis en jeu dans la qualité de l'air sont reproduits correctement : conditions synoptiques, brises thermiques et locales, stratification de l'atmosphère, couche de mélange. De plus, il s'agissait de reconnaître les aspects de la météorologie locale conduisant à une forte production d'ozone ainsi que l'impact de la présence de la vallée sur la dynamique et sur l'accumulation d'ozone.

5.6.a Optimisation de la configuration d'utilisation du modèle météorologique

La configuration du modèle météorologique (MM5) a été mise à jour suivant les préconisations du Laboratoire de Métrologie Dynamique et après avoir testé que les impacts des modifications sur les sorties du modèle étaient positifs : remplacement du schéma d'humidité et modification au niveau de la vitesse de chute des particules pour limiter la quantité de cirrus, modifications des caractéristiques de la canopée urbaine pour un îlot de chaleur urbain plus réaliste, modification de la paramétrisation de la vitesse convective dans le modèle de couche limite, et enfin actualisation des paramètres d'occupation du sol pour prendre en compte un albédo plus faible pour l'urbain reflétant le piégeage du rayonnement. Par ailleurs, une série d'essais a été effectuée afin de calibrer les coefficients de forçage (vent, température et coefficient de mélange) (ASPA, 2006e).

5.6.b Champs de vent

Les conditions synoptiques ont été reproduites sans problème par le modèle MM5 sur la grille mère couvrant l'Europe centrale. Sur la grille fille du Rhin supérieur, les champs de vent calculés sont représentatifs de la réalité (illustration 5.6-1).

Das meteorologische Modell (MM5) wurde dem Chemie-Modell vorgeschaltet und getestet. Damit sollte bestimmt werden, ob die in Zusammenhang mit der Luftverschmutzung relevanten meteorologischen Bedingungen (u.a. synoptische Situation, lokale und thermische Winde, Schichtung der Atmosphäre, Mischungsschicht) korrekt wiedergegeben werden. Außerdem sollten die lokal herrschenden Wetterbedingungen, die offenbar eine starke Ozonbildung begünstigen, sowie die Auswirkungen der Talformation auf die Dynamik und die Ansammlung von Ozon ermittelt werden.

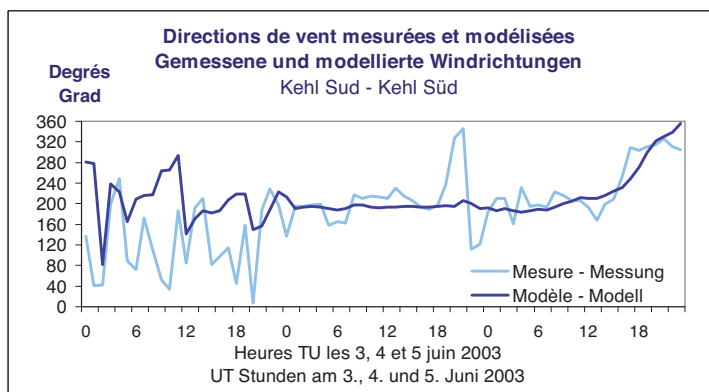
5.6.a Optimierte Konfiguration für die Nutzung des meteorologischen Modells

Die Konfiguration des meteorologischen Modells MM5 wurde gemäß den Empfehlungen des Laboratoire de Métrologie Dynamique aktualisiert, nachdem überprüft worden war, dass diese Änderungen sich positiv auf den Modelloutput auswirken: Das Feuchteschema wurde ersetzt und hinsichtlich der Sinkgeschwindigkeit der Partikel abgeändert, damit die Cirrusentstehung begrenzt wird; die städtischen Wärmeinseln wurden durch realistischere Annahmen ersetzt, die Parametrierung der Konvektionsgeschwindigkeit im Grenzschichtmodell wurde geändert und die Bodennutzungsparameter wurden dahingehend aktualisiert, dass der Rückstrahlwert für die städtischen Bereiche zur Reflexion der eingefangenen Strahlung geringer angesetzt wurde. Außerdem wurde eine Versuchsreihe zur Bestimmung der Antriebsfaktoren durchgeführt (Wind-, Temperatur- und Mischungskoeffizient) (ASPA, 2006e).

5.6.b Windfelder

Die großräumige Anströmung konnte mit dem MM5-Modell in der ganz Mitteleuropa abdeckenden „Mutter“-Rasterung ohne Probleme reproduziert werden. Im „Tochter“-Raster des Oberrheingebiets entsprechen die berechneten Windfelder der Realität (Abbildung 5.6-1).

5.6



■ Illustration 5.6-1 :
Direction du vent horizontal à 10m pendant la première
période d'observation intensive en [°] : mesures et
calculs MM5

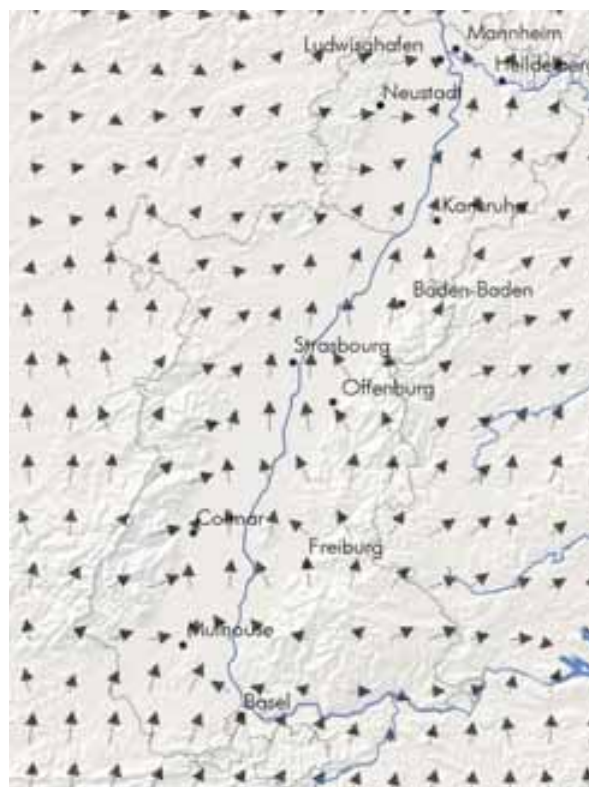
■ Abbildung 5.6-1:
Horizontale Windrichtung in 10m Höhe während der
ersten intensiven Beobachtungsphase in [°] : Messwerte
und MM5-Berechnungen

Les brises de pente ascendantes et descendantes, générées par les différences thermiques entre les masses d'air en altitude et dans la vallée, se mettent en place lorsque les circulations synoptiques sont faibles et permettent à des circulations locales de se développer. Les brises descendantes donnent lieu à des convergences de masses d'air de directions opposées (illustration 5.6-2).

Durch die thermischen Unterschiede zwischen den Luftmassen in der Höhe und im Tal entstehen Hangab- und Talaufwinde, wenn sich aufgrund schwacher großräumiger Anströmung eine lokale Umlenkung entwickeln kann. Die Hangabwinde lassen aus verschiedenen Richtungen kommende Luftmassen aufeinander treffen (Abbildung 5.6-2).



■ Illustration 5.6-2 :
Champs de vent en journée (gauche) et en soirée (droite)



■ Abbildung 5.6-2:
Windfelder in den Vormittags- (links) und Nachtstunden (rechts)

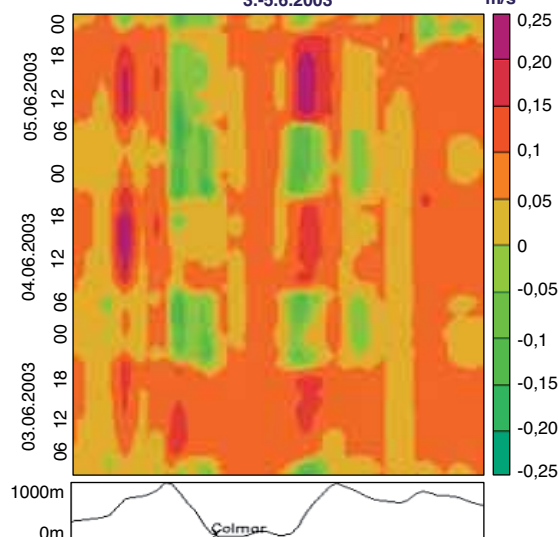
De plus, les brises descendantes peuvent entraîner des recirculations nocturnes du panache d'ozone sur les zones initiales d'émissions de précurseurs, comme à Strasbourg. Les brises ascendantes dans le cas de la vallée du Rhin supérieur peuvent transporter la pollution en altitude et contribuer au transport à longue distance de la pollution.

Le modèle MM5 rend bien compte des brises ascendantes et descendantes sur les pans de la vallée le matin et le soir (illustration 5.6-3).

Außerdem können die lokalen Windsysteme dazu führen, dass die Abluffahnen in der Nacht wieder in die Bereiche zurück gelenkt werden, in denen die Emissionen entstanden sind, wie beispielsweise nach Straßburg. Die Talaufwinde an den Rändern des Oberrheingebiets können die Luftschadstoffe in die Höhe transportieren und dazu beitragen, dass sie über weite Entfernungen transportiert werden.

Das Modell MM5 berücksichtigt diese lokalen Windsysteme, die morgens und abends an den Talrändern entstehen (Abbildung 5.6-3).

Evolution de la composante verticale du vent à la latitude de Colmar
Zeitlicher Verlauf des vertikalen Winds auf der Höhe von Colmar
3.-5.6.2003



■ **Illustration 5.6-3 :**
Composante verticale du vent dans le premier niveau
vertical du modèle et à la latitude de Colmar en fonction
du temps durant la POI 1 en m/s

■ **Abbildung 5.6-3:**
Vertikaler Wind auf der ersten vertikalen Modellebene
und auf der Höhe von Colmar im zeitlichen Verlauf
während der ersten Intensiv-Messkampagne in m/s

La comparaison des sorties de MM5 avec les mesures de la campagne de terrain montre que MM5 reproduit correctement les champs de température la journée ainsi que les îlots de chaleur urbains durant la nuit surtout dans les plus grandes villes. En revanche les températures la nuit sont globalement sous-estimées. L'humidité relative est également bien reproduite par le modèle. Le modèle est sensible aux différences de vitesses de friction engendrées par les catégories d'occupation du sol.

Ein Vergleich des Ergebnisse des MM5-Modells mit den Messwerten der Messkampagne vor Ort zeigt, dass die Temperaturfelder am Tag und die städtischen Wärmeinseln in der Nacht vor allem für die großen Städte richtig wiedergegeben werden. Die Nachttemperaturen werden allerdings im allgemeinen zu niedrig berechnet. Auch die relative Feuchte gibt das Modell gut wieder. Das Modell reagiert auf unterschiedliche Schubspannungsgeschwindigkeiten, die sich durch die verschiedenen Landnutzungen ergeben.

5.7 Mise en place du modèle de chimie Einrichtung des Chemiemodells

Le modèle de chimie (CHIMERE) doit reproduire les phénomènes chimiques associés à la production d'ozone : stratification verticale des concentrations, prise en compte de l'importation d'ozone et de ses précurseurs, panache d'ozone sous le vent d'une agglomération et couche réservoir nocturne en moyenne altitude.

5.7.a Optimisation du calcul des émissions biotiques

Au-delà des mises à jour des émissions anthropiques, l'amélioration du calcul de chimie-transport s'est faite par l'affinage de l'occupation du sol (Corin Land Cover CLC au lieu de Global Land Cover Facility GLCF), par un meilleur calcul des émissions biotiques de composés organiques volatils (issus de la végétation) sur le domaine d'étude et par des mises à jour des versions du modèle.

La campagne de mesure a permis d'associer des programmes de recherche connexes tels que celui de l'INERIS intitulé «Modélisation de la qualité de l'air : l'impact des surfaces végétales : application à la région de Strasbourg».

Les émissions issues de la végétation sont principalement constituées de l'isoprène C_5H_8 et des monoterpènes. Elles dépendent de la température foliaire et du rayonnement incident pour les isoprènes (algorithme de Guenther), et de la température foliaire pour les monoterpènes (algorithme de Tingey), combinés à des potentiels d'émissions propres à chaque essence.

Les répartitions nationales des essences forestières initialement dans le modèle ont été remplacées par des répartitions typiques de l'Alsace et du Bade-Wurtemberg. Pour l'Alsace cela s'est traduit par une large augmentation des contributions du sapin pectiné, du hêtre et de l'épicéa commun au détriment des chênes (pubescent, pédoncule ou rouvre) et du pin maritime. Pour la partie allemande, les contributions du hêtre et de l'épicéa sont restées aussi importantes mais la contribution du sapin pectiné a fortement augmenté (ASPA, 2006c).

Pendant la campagne de mesure, des relevés ont été effectués pour affiner la connaissance des émissions du sapin pectiné, du hêtre commun et du douglas (Moukhtar, 2005). Ces mesures ont montré que les émissions de monoterpènes du hêtre commun étaient jusqu'à présent grandement sous-estimées dans le modèle, alors que c'est une des espèces prépondérantes de la zone d'étude. Au contraire, pour le sapin pectiné, l'étude le classe dans les faibles émetteurs de terpènes ce qui n'était pas le cas auparavant, et il s'agit également d'une des espèces majoritaires du domaine.

Das Chemiemodell (CHIMERE) soll die chemischen Vorgänge wiedergeben, die mit der Entstehung von Ozon verbunden sind: die vertikale Schichtung der Ozonkonzentrationen, den Import von Ozon und von Ozonvorläufersubstanzen, die Ablufftrassen aus Richtung der Ballungsräume und die Schichten in mittlerer Höhe, in denen sich die Schadstoffe in der Nacht sammeln.

5.7.a Optimierte Berechnung der biogenen Emissionen

Neben der Aktualisierung der anthropogenen Emissionen wurde die Chemie/Transport-Berechnung durch eine verfeinerte Berücksichtigung der Bodennutzung (statt Global Land Cover Facility, GLCF, jetzt Corin Land Cover, CLC), durch eine bessere Berechnung der biogenen (durch die Vegetation verursachten) Emission von leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen im Untersuchungsgebiet und durch die Aktualisierung der Modellversionen verbessert.

In die Messkampagne konnten auch zusätzliche Forschungsprogramme, wie z.B. das INERIS-Programm Modellierung der Luftqualität: Der Einfluss der vegetationsbewachsenen Flächen am Beispiel der Region Straßburg, eingebunden werden.

Aus der Vegetation stammen hauptsächlich Isopren- (C_5H_8) und Monoterpen-Emissionen. Die Isopren-Emissionen sind von den Blatttemperaturen und von der einfallenden Strahlung (Guenther-Algorithmus) und die Monoterpen-Emissionen von der Blatttemperatur (Tingey-Algorithmus) und dem jeweiligen spezifischen Emissionspotenzial der einzelnen Arten abhängig.

Die ursprünglich in das Modell aufgenommene nationale Verbreitung der Waldbaumarten wurde durch die für das Elsass und Baden-Württemberg typischen Arten ersetzt. Für Frankreich ergab sich daraus eine Erhöhung der anteiligen Emissionen durch die Silberanne, die Buche und die gemeine Fichte; der Eichen-Anteil (Flaumeiche, Stieleiche und Steineiche) und der Anteil der Strandkiefer sanken dagegen. Für Deutschland blieb der auf Buchen und Fichten entfallende Anteil unverändert, aber der Anteil der Silberanne nahm stark zu und der der Bergkiefer hat stark abgenommen (ASPA, 2006c).

Während der Messkampagne wurden Messungen durchgeführt, um die Erkenntnisse über die Emissionen der Silberanne, der gemeinen Buche und der Douglasie zu verfeinern (Moukhtar, 2005). Diese Messungen haben gezeigt, dass die Monoterpen-Emissionen der gemeinen Buche im Modell bisher viel zu gering angesetzt wurden, wobei dieser Baum zu den im Untersuchungsgebiet häufig vorkommenden Arten gehört.

Enfin pour le douglas, les résultats sont proches des valeurs initiales introduites dans le modèle CHIMERE.

Il a été calculé que l'impact de ces modifications sur les émissions d'isoprène est faible tandis que celui sur les émissions de terpènes est grand et l'impact sur les concentrations d'ozone permet de diminuer l'écart des sorties du modèle par rapport aux mesures.

5.7.b Ozone

Simulation des périodes d'observation intensive

Globalement, le modèle CHIMERE reproduit correctement les variations géographiques des maxima d'ozone. Il y avait toutefois une tendance à la sous-estimation durant les périodes d'observation intensive pendant lesquelles les concentrations d'ozone étaient élevées (illustration 5.7-1) (ASPA, 2006e).

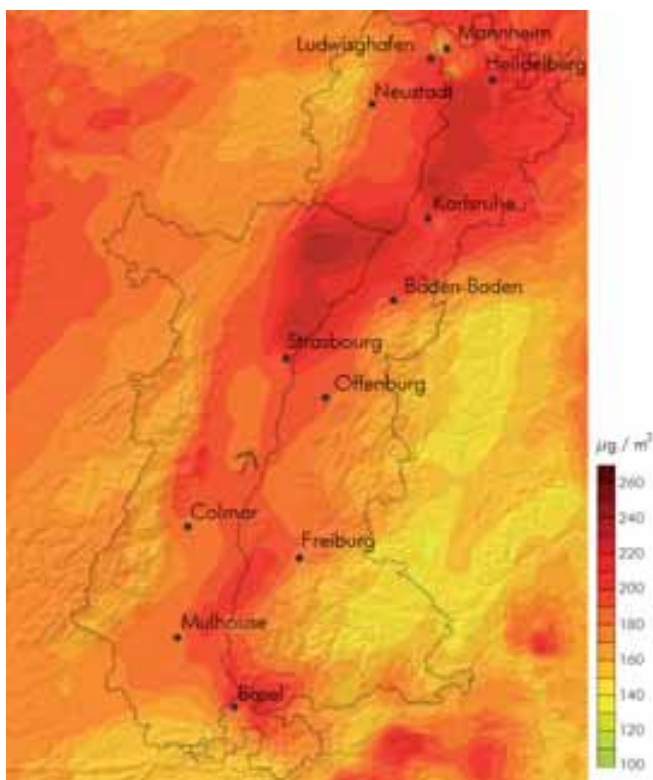
Die Weisstanne dagegen wird nach der Untersuchung in die Klasse der schwachen Terpen-Emittenten eingestuft, der sie vorher nicht angehörte. Auch sie kommt im Untersuchungsgebiet sehr zahlreich vor. Für die Douglasie sind die Ergebnisse den ursprünglichen Werten nach den ersten Vorgaben des CHIMERE-Modells ähnlich.

Die Berechnungen haben ergeben, dass die Auswirkungen dieser Änderungen auf die Isopren-Emissionen gering, auf die Terpen-Emissionen aber hoch sind. Der Unterschied der Ozonkonzentrationen zwischen dem Modell-Output und den Messungen nimmt dadurch ab.

5.7.b Ozon

Simulation der intensiven Beobachtungsperioden

Insgesamt gibt das CHIMERE-Modell die räumlichen Schwankungen der Ozonhöchstwerte richtig wieder. Es berechnete sie jedoch für die Intensiv-Messkampagnen, in denen die Ozonkonzentrationen hoch waren, tendenziell zu niedrig (Abbildung 5.7-1) (ASPA, 2006e).



■ Illustration 5.7-1 :
Maxima d'ozone simulés avec Atmo-rhenA le 12 juin 2003
en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 5.7-1:
Mit Atmo-rhenA simulierte Ozonhöchstwerte am 12. Juni 2003
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Influence de la typologie des sites

Le biais mesure l'écart moyen entre les valeurs simulées et les valeurs observées, la RMSE représente la moyenne des distances euclidiennes entre valeurs modélisées et observées.

Scores en O ₃ sur la période d'observation intensive 2 en µg/m ³ O ₃ -Abweichungen in der 2. Intensiv-Messkampagne in µg/m ³	Maximum O ₃ (48 stations) Höchstwerte O ₃ (48 Stationen)	
	Biais - Abweichung	RMSE
Urbain - Städtisch	-8,9	18,5
Périurbain - Stadtnah	-12,1	23,3
Rural - Ländlich	-14,5	20
Trafic - Verkehr	64,8	64,8
Total - Gesamt	-9,8	20,4

La typologie des mailles (urbaines avec forte destruction d'ozone la nuit, périurbaines ou rurales) transparait bien dans les profils diurnes d'ozone modélisés (illustration 5.7-2).

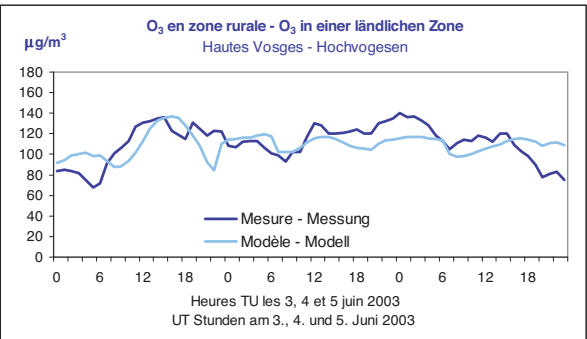
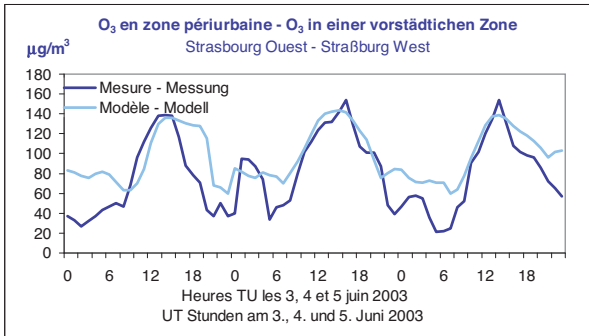
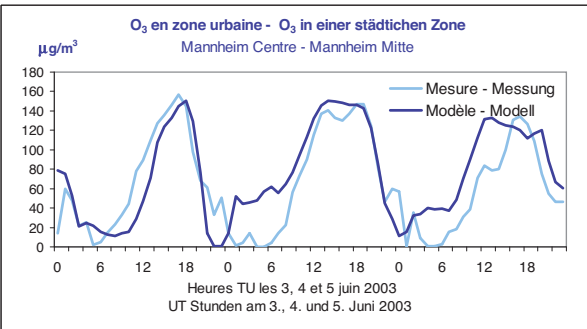
Der Einfluss der Stationsumgebung

Die Standardabweichung gibt den mittleren Abstand zwischen den simulierten und den beobachteten Werten wieder; der mittlere quadratische Fehler (RMSE) stellt den durchschnittlichen euklidischen Abstand zwischen den Modellwerten und den beobachteten Werten dar.

■ Tableau 5.7-1 :
Scores de CHIMERE en O₃ sur la période d'observation intensive 2

■ Tabelle 5.7-1:
CHIMERE-Abweichungen für O₃ in der 2. Intensiv-Messkampagne

Die Landnutzung der einzelnen Gitterflächen (städtisch mit starkem Ozonabbau in der Nacht, stadtnah, ländlich) lässt sich aus den vom Modell berechneten täglichen Ozonprofilen ablesen (Abbildung 5.7-2).



■ Illustration 5.7-2 :
Concentrations d'ozone mesurées et modélisées durant la période d'observation intensive 1 en µg/m³ pour trois stations de type urbain, périurbain et rural

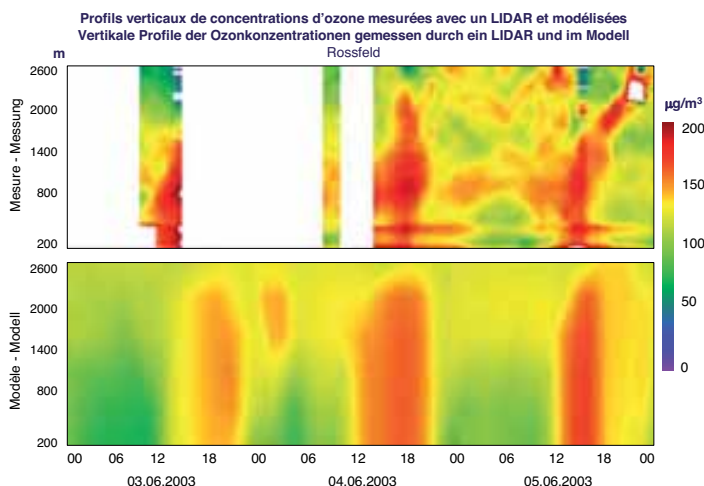
■ Abbildung 5.7-2:
Gemessene Ozonkonzentrationen und Modellwerte während der 1. Intensiv-Messkampagne in µg/m³ für drei Stationen im städtischen, stadtnahen und ländlichen Bereich

Profils verticaux

Au sol, les mesures et le modèle sont en accord, mais les mesures d'ozone en altitude issues des LIDAR ont montré de notables divergences sur la base Sud et une bonne convergence sur la base Nord (illustration 5.7-3).

Vertikale Profile

Am Boden stimmen die gemessenen Werte mit den berechneten Werten überein. Die mit den LIDAR-Geräten durchgeführten Ozonmessungen in der Höhe weisen jedoch an der Messstation Süd deutliche Abweichungen und an der Messstation Nord eine gute Übereinstimmung auf (Abbildung 5.7-3).



■ Illustration 5.7-3 :
 Profils verticaux de concentrations d'ozone mesurées
 par LIDAR (Simeonov, 2004) et modélisées durant la
 période d'observation intensive 1 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 5.7-3:
 Vertikale Profile der Ozonkonzentrationen, gemessen
 mit dem LIDAR-Gerät (Simeonov, 2004) und im Modell
 während der 1. Intensiv-Messkampagne in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Les oxydes d'azote émis la nuit dans la couche limite urbaine détruisent l'ozone. Le matin, les transformations chimiques ne conduisent qu'à très peu d'ozone local en zone urbaine. L'augmentation matinale de la concentration d'ozone observée dans les mesures et les calculs est plutôt due au mélange de couche limite urbaine et de couches réservoirs. Pour que les modèles reproduisent correctement les variations des concentrations d'ozone en zone urbaine, la concentration d'ozone contenue dans la couche réservoir doit être connue, et cette quantité est très dépendante des conditions de bords du domaine étudié.

5.7.c Oxydes d'azote

L'évolution très localisée des concentrations de polluants primaires (rue, cheminées, etc.) est difficile à reproduire avec un modèle utilisant des mailles relativement grandes.

Die Stickoxide, die in der Nacht in die städtische bodennahe Luftschicht emittiert werden, bauen Ozon ab. Am Morgen tragen die chemischen Umwandlungen nur wenig zum lokalem Ozon im städtischen Bereich bei. Die in den Morgenstunden sowohl bei den Messungen als auch bei den Berechnungen beobachtete Erhöhung der Ozonkonzentration ist eher auf die Durchmischung der über der Stadt liegenden Luftschicht mit der Speicherschicht oberhalb der Grenzschicht zurückzuführen. Wenn die Modelle die Schwankungen der Ozonkonzentrationen im städtischen Raum richtig wieder geben sollen, müssen die Ozonkonzentrationen in der Speicherschicht bekannt sein, die stark von den Bedingungen am Rand des Untersuchungsgebiets abhängen.

5.7.c Stickoxide

Ein Modell mit verhältnismäßig großen Gitterweiten kann die Emission der primären Schadstoffquellen (Straße, Schornsteine, usw.) nicht punktgenau abbilden.

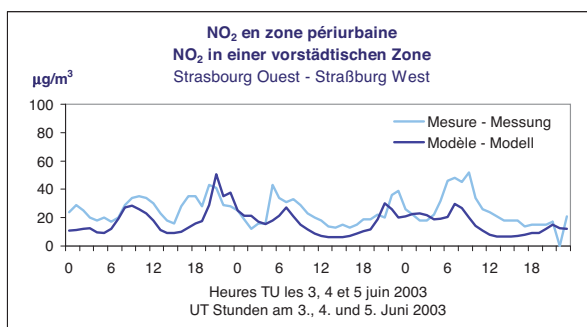
Scores en NO ₂ sur la période d'observation intensive 2 en µg/m ³ NO ₂ -Abweichungen in der 2. Intensiv-Messkampagne in µg/m ³	Maximum NO ₂ (48 stations) Höchstwerte NO ₂ (48 Stationen)	
	Biais - Abweichung	RMSE
Urbain - Städtisch	-3,9	22,8
Périurbain - Stadtnah	12,7	26,7
Rural - Ländlich	2,2	6,9
Trafic - Verkehr	-6	27,5
Total - Gesamt	2,6	19,4

■ Tableau 5.7-2 :
Scores de CHIMERE en NO₂ sur la POI2

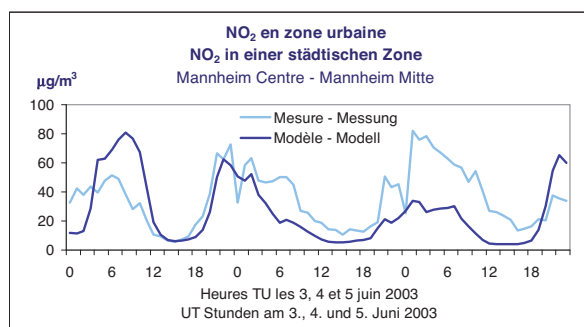
■ Tabelle 5.7-2:
CHIMERE-Abweichungen für NO₂ in der 2. Intensiv-Messkampagne

Néanmoins, les simulations des périodes d'observation intensive sur le domaine du Rhin supérieur produisent des concentrations de NO_x tout à fait comparables aux mesures, la corrélation étant particulièrement bonne (illustration 5.7-4).

Dennoch ergeben die Simulationen der Intensivmesskampagne im Oberrheingebiet NO_x-Konzentrationen, die durchaus mit den Messwerten vergleichbar sind; die Korrelation ist besonders gut (Abbildung 5.7-4).



■ Illustration 5.7-4 :
Concentrations de NO₂ mesurées et modélisées en µg/m³



■ Abbildung 5.7-4:
Gemessene NO₂-Konzentrationen und im Modell in µg/m³

La corrélation indique que le cadastre d'émission ainsi que la transformation et la dispersion calculées par le modèle sur les zones urbaines sont proches de la réalité.

Die Korrelation weist darauf hin, dass die Daten der Emissionskataster und die im Modell angesetzten Reaktions- und Ausbreitungsmechanismen in den städtischen Bereichen der Realität nahe kommen.

5.7.d Composés organiques volatils

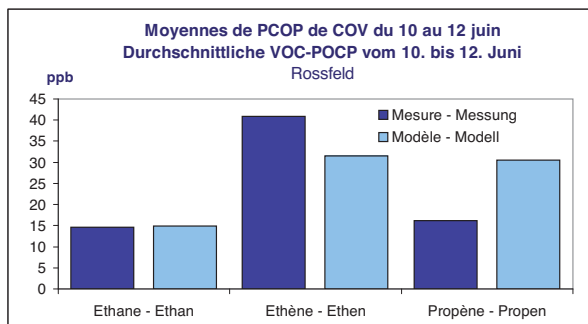
La comparaison entre le modèle et les mesures de COV effectuées sur la base Sud montre (illustration 5.7-5) que dans cette maille le modèle donne des valeurs réalistes.

Les espèces n-butane et o-xylène en sortie du modèle sont des espèces fictives regroupant divers COV de propriétés semblables, les concentrations modélisées ne sont donc pas comparables aux mesures (elles sont supérieures).

5.7.d Leichtflüchtige organische Verbindungen

Der Vergleich zwischen dem Modell und den an der Messstation Süd durchgeführten Messungen (Abbildung 5.7-5) zeigt, dass das Modell in dieser Rasterfläche realistische Werte berechnet.

n-Butan und o-Xylol sind im Modell fiktive Stoffe, welche verschiedene VOC mit ähnlichen Eigenschaften zusammenfassen. Die modellierten Konzentrationen sind also nicht mit den Messungen vergleichbar; sie sind höher.

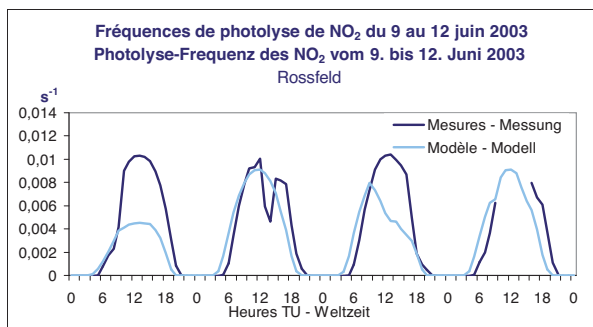


■ **Illustration 5.7-5 :**
 Mesures de COV effectuées par le LIC et valeurs en sortie du modèle (concentrations multipliées par les PCOP)

■ **Abbildung 5.7-5:**
 VOC-Messungen des LIC und Modell-Output
 (mit PCOP multiplizierte Konzentrationen)

5.7.e Fréquence de photolyse de NO_2 (JNO_2)

Les fréquences de photolyse de NO_2 (JNO_2) modélisées par le LISA et calculées d'après les mesures par le LCSR à Rossfeld sont représentées sur l'illustration 5.7-6.



5.7.e Photolyse-Frequenz des NO_2 (JNO_2)

Die Photolyseraten von NO_2 (JNO_2) an der Station Rossfeld modelliert von LISA und berechnet von LCSR mit eigenen Messdaten sind in Abbildung 5.7-6 dargestellt.

■ **Illustration 5.7-6 :**
 Fréquences de photolyse de NO_2 (JNO_2) mesurées et modélisées

■ **Abbildung 5.7-6:**
 Photolyseraten von NO_2 (JNO_2) gemessen und modelliert

5.7.f Vitesse de production d'ozone (PO_3)

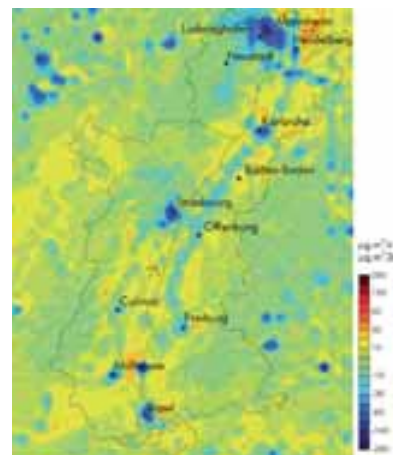
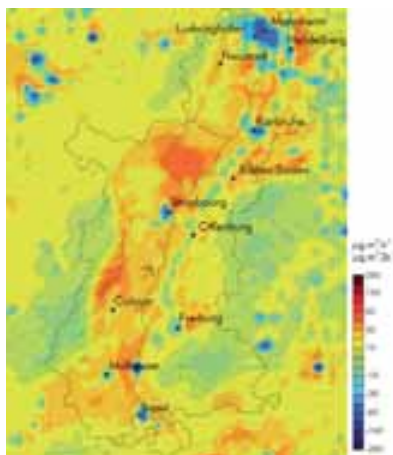
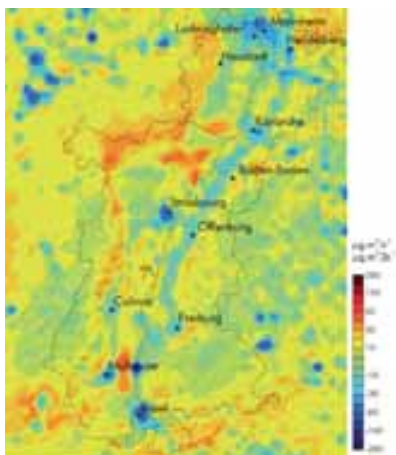
Les vitesses de production d'ozone ont été calculées par le LISA en effectuant des bilans instantanés de la production et de la destruction chimique de l'ozone en chaque maille et chaque heure. Sur la journée type du 12 juin 2003 la production d'ozone atteignait des valeurs très élevées de plus de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, en accord avec les vitesses calculées par le LCSR à partir des mesures de la campagne. Ces valeurs élevées sont similaires à celles mesurées ou modélisées sur des zones méditerranéennes.

En début et fin de journée, l'ozone est détruit dans l'axe de la vallée où les émissions de NO_x prédominent et génèrent une titration de l'ozone (illustration 5.7-7). Les simulations indiquent un démarrage de l'activité photochimique à 9h locales en périphérie des centres d'émission, une intensité maximale de la production autour de 12h locales dans le panache urbain, puis une rapide décroissance de la production d'ozone qui devient très faible à partir de 15h locales.

5.7.f Produktionsgeschwindigkeit des Ozons (PO_3)

Die Produktionsgeschwindigkeiten des Ozons wurden von LISA berechnet, indem der aktuelle Stand der Ozonproduktion und des Abbaus in jeder Rasterfläche stündlich festgestellt wurde. Für einen charakteristischen Tag, den 12. Juni 2003, hat die Ozonproduktion einen sehr hohen Wert von mehr als $60 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ erreicht der mit den durch das LCSR anhand der Messungen aus der Kampagne berechneten Geschwindigkeiten übereinstimmt. Diese hohen Werte entsprechen gemessenen und modellierten Werten in mediterranen Gebieten.

Zu Beginn und am Ende des Tages wird das Ozon in der Talsohle abgebaut, wo die NO_x -Emissionen hoch sind und zu einem Abbau des Ozons führen (Abbildung 5.7-7). Die Simulationen zeigen den Beginn der photochemischen Aktivität um etwa 9 Uhr Ortszeit an und zwar an den Randlagen der Emissionszentren. Die maximale Intensität wird in den städtischen Abluftbahnen um etwa 12 Uhr Ortszeit erreicht. Darauf folgt eine schnelle Absenkung der Ozonproduktion, die ab 15 Uhr Ortszeit nur noch gering ist.



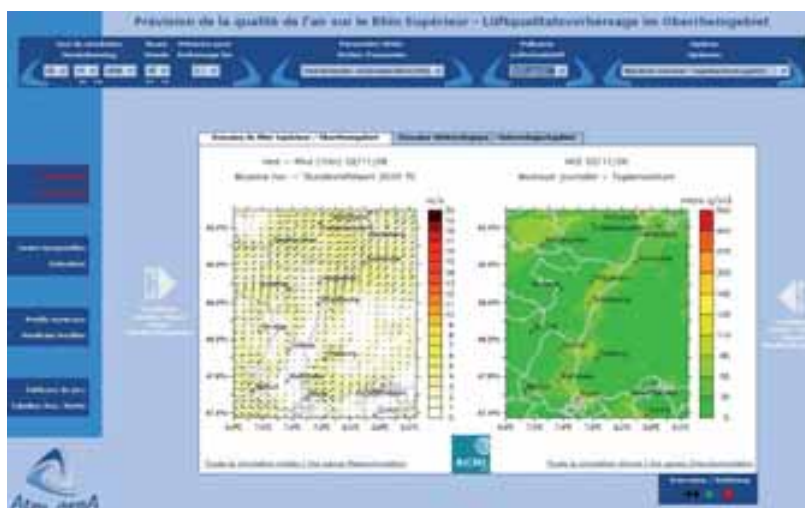
■ Illustration 5.7-7 :
Vitesses de production d'ozone simulées par le LISA pour le 12 juin 2003 à 9h, 12h, et 15h locales

■ Abbildung 5.7-7:
Von LISA modellierte Geschwindigkeit der Ozonproduktion am 12. Juni 2003, simuliert für 9, 12 und 15 Uhr Ortszeit

5.8 Prévisions quotidiennes de qualité de l'air par Atmo-rhenA Tägliche Vorhersagen der Luftqualität durch Atmo-rhenA

Les illustrations 5.8-1 et 5.8-2 montrent les pages internet pour les experts et pour le grand public. Le taux de réussite de la prévision est passé de 84% en juillet 2005 à 94% en juillet 2006.

Die Abbildungen 5.8-1 und 5.8-2 zeigen die Internetseite für die Experten und für die breite Öffentlichkeit. Auf Grund der Datenlage war im Juli 2005 an 84% und im Juli 2006 an 94% der Tage eine Vorhersage möglich.



■ Illustration 5.8-1 :
Page web bilingue de prévision pour les experts : cartes de concentrations, profils verticaux, séries temporelles, tableaux de valeurs et ensemble de l'historique concernant la météorologie et la qualité de l'air

■ Abbildung 5.8-1:
Zweisprachige Webseite für Experten: Karten mit Konzentrationen, vertikalen Profilen, zeitlichen Trends, Wertetabellen und chronologischer Bereitstellung der Meteorologie und Luftqualität.



■ Illustration 5.8-2 :

Page web bilingue de prévision pour le grand public : cartes d'indices de qualité de l'air français (IQA), allemand (LUQx) et suisse (KBI), cartes de sous-indices d'ozone, de NO₂ et de PM10, de la veille au surlendemain

■ Abbildung 5.8-2:

Zweisprachige Webseite für die Öffentlichkeit: Karten mit französischem (IQA), deutschem (LuQx) und schweizerischem (KBI) Luftqualitätsindex, Karten mit Einzelstoffindices für Ozon, NO₂ und PM10 vom Vortag bis zum übernächsten Tag

Les performances de la plate-forme de modélisation ont été évaluées en mode prévision durant les étés 2005 et 2006, ainsi que durant l'hiver 2005-2006, à l'aide d'indicateurs statistiques classiques : le biais, la RMSE et la corrélation, qui donne une indication relative de la bonne simulation de la variabilité indépendamment de l'amplitude des phénomènes (ASPA, 2006b) (ASPA, 2006f).

Le biais sur les maxima d'O₃ pour la saison 2006 était presque nul, avec une légère tendance au manque de titration en zone urbaine, et des valeurs rurales légèrement sous-estimées (illustration 5.8-3).

La corrélation sur les maxima d'ozone mesurés et modélisés était excellente, et diminuait avec l'échéance, comme le montre l'illustration 5.8-4.

La RMSE sur les maxima d'ozone était comprise entre 17 et 23 µg/m³, les plus fortes valeurs étant atteintes pour l'échéance du surlendemain (illustration 5.8-5).

Un exemple de performances de prévision d'ozone d'Atmo-rhenA a été présenté ci-dessus en terme de concentrations d'ozone, afin de s'affranchir des indices des différentes zones. En prévision de sous-index d'ozone à plus ou moins un indice près, les performances ont été supérieures à 90% durant l'été 2006, avoisinant les 100% pour la partie allemande étant données les plus grandes plages de sous-indices. Les statistiques détaillées sont disponibles dans différents rapports techniques.

Die Leistungen der Modellierungsplattform sind im Sommer 2005 und im Sommer 2006 sowie im Winter 2005/2006 unter Zuhilfenahme klassischer statistischer Methoden evaluiert worden, wie der Standardabweichung und des mittleren quadratischen Fehlers RMSE sowie der Korrelation, die darauf hinweist, dass die Variabilität der Konzentrationen unabhängig von deren Höhe gut simuliert wird (ASPA, 2006b) (ASPA, 2006f).

Die Abweichung bei den Ozonspitzenwerten für die Saison 2006 war fast null, mit einer Überschätzung in städtischen Gebieten wegen eines im Modell zu geringen Abbaus von Ozon und im Modell leicht unterschätzten Werten in ländlichen Gebieten (Abbildung 5.8-3).

Wie die Abbildung 5.8-4 zeigt war der Zusammenhang zwischen gemessenen und modellierten Ozonspitzenwerten ausgezeichnet. Er nahm mit Zunahme des Vorhersagehorizonts ab.

Der mittlere quadratische Fehler RMSE für die Ozonspitzenwerte lag zwischen 17 und 23 µg/m³. Die größten Abweichungen ergaben sich für den übernächsten Tag (Abbildung 5.8-5).

Die Leistungsfähigkeit der Vorhersage mit Atmo-rhenA wurde oben am Beispiel der Ozonkonzentrationen gezeigt. Im Rahmen des Projektes wurden sie auch für die einzelnen Indizes geprüft. Für die Vorhersage der Ozon Unterindex, für einen Index mehr oder weniger, lagen die Leistungen über 90% im Laufe des Sommers 2006, im deutschen Teil sogar bis fast 100%, wegen des größeren Umfangs der Klassen des deutschen Indexes. Die ausführlichen Ergebnisse sind in einem technischen Bericht dargestellt.

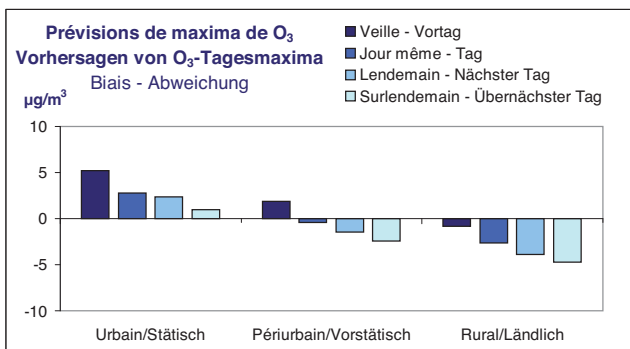


Illustration 5.8-3 :
Biais sur les maxima d'O₃ pour la saison d'été 2006 en µg/m³

Abbildung 5.8-3:
Abweichung bei den Ozonspitzenwerten für die Sommersaison 2006 in µg/m³

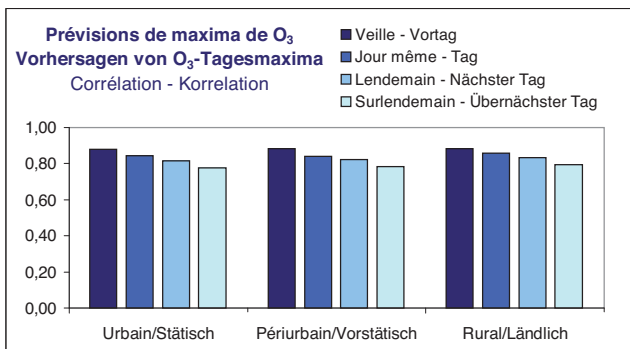


Illustration 5.8-4 :
Corrélation sur les maxima d'O₃ pour la saison d'été 2006

Abbildung 5.8-4:
Korrelation bei den Ozonspitzenwerten für die Sommersaison 2006

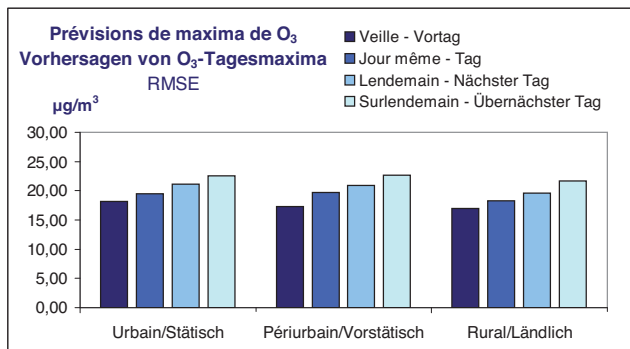


Illustration 5.8-5 :
RMSE sur les maxima d'O₃ pour la saison d'été 2006 en µg/m³

Abbildung 5.8-5:
RMSE bei den Ozonspitzenwerten für die Sommersaison 2006 in µg/m³

5.9 Conclusion Schlussfolgerung

Après une période d'acquisition, de développement et de mise en place, la plate-forme de modélisation Atmo-rhenA a commencé à délivrer des résultats en modes prévision et scénario à titre expérimental en juin 2005 pour la phase gazeuse et en décembre 2005 pour la version intégrant les particules en suspension. Pendant cette période, la configuration des modèles a été ainsi adaptée au Rhin supérieur et optimisée.

En effet sur le domaine du Rhin supérieur, les vents sont influencés par la topographie locale induisant des régimes de basses altitudes tels que les brises ou la canalisation. Ils peuvent toutefois très rapidement passer sous l'influence de régimes météorologiques synoptiques de plus hautes altitudes : ces changements rapides d'influences sont plus ou moins faciles à simuler avec les modèles météorologiques.

Nach einer ersten Phase der Beschaffung, der Entwicklung und der Einrichtung hat die Modellierungsplattform Atmo-rhenA im Juni 2005 für die Gasphase und im Dezember 2005 in der Version mit Berücksichtigung der Schwebstäube im Vorhersagemodus und im Szenario-Modus erste experimentelle Ergebnisse geliefert. In diesem Zeitraum wurde die Konfiguration der Modelle an das Oberrheingebiet angepasst und optimiert.

Im Oberrheingebiet werden die Winde von der lokalen Orographie, die sich in lokalen Windsystemen und durch Umlenkungserscheinungen bemerkbar macht, beeinflusst, die jedoch sehr rasch unter den Einfluss der großräumigen Anströmung kommen können. Diese raschen Veränderungen der Einflussfaktoren sind mit meteorologischen Modellen mehr oder weniger leicht simulierbar.

La campagne de mesure et les premières modélisations ont permis de caractériser les deux types de régions du domaine du Rhin supérieur : les hauteurs des massifs des Vosges et de la Forêt Noire sont peu polluées par les polluants primaires et sont représentatives de la pollution de fond, alors que la vallée du Rhin est d'une part chargée en polluants primaires émis localement et d'autre part touchée par des apports extérieurs de précurseurs et d'ozone.

Aujourd'hui opérationnelle, la plate-forme Atmo-rhenA a encore des perspectives d'optimisation : correction des conditions aux limites chimiques d'entrée et des sorties des modèles (assimilation des sorties de la veille et adaptation statistique des prévisions).

Ces travaux ont confirmé que la répartition des stations des réseaux de mesures existant dans la vallée pourrait mieux prendre en compte la spécificité photochimique de la formation de panache d'ozone sous le vent des agglomérations : peu de stations permettent d'obtenir des informations sur la pollution des zones rurales où les maxima d'ozone apparaissent le plus souvent.

La plate-forme Atmo-rhenA obtient ainsi des résultats permettant de répondre à trois objectifs :

- Simuler la qualité de l'air pour une meilleure compréhension des phénomènes photochimiques du Rhin supérieur
- Évaluer l'efficacité de mesures d'urgence et de réductions d'émissions atmosphériques à long terme
- Disposer d'une prévision de la qualité de l'air à grande échelle

La plate-forme Atmo-rhenA permet également de contribuer à l'évaluation réglementaire de la qualité de l'air. En effet, les objectifs de qualité des données définis dans la directive du 12 février 2002 concernant les incertitudes admises de la modélisation (pour les zones à bas niveaux de pollution pouvant être ainsi surveillées) sont largement respectées dans le cas d'Atmo-rhenA : erreur inférieure à 50% sur les moyennes horaires la journée et les maxima quotidiens sur 8 heures.

Durch die Messkampagne und die ersten Modellläufe konnten die beiden im Oberrheingebiet vorhandenen Regionstypen besser nachgebildet werden: Die Gebirgslagen von Vogesen und Schwarzwald sind wenig mit Primärschadstoffen belastet und repräsentieren eher die Hintergrundbelastung, während das Rheintal mit örtlich freigesetzten Primärschadstoffen belastet wird und zusätzlich durch den Eintrag von Vorläufersubstanzen und Ozon von außen belastet ist.

Die Plattform Atmo-rhenA ist heute operationell in Betrieb. Sie wird aber im Hinblick auf die Verarbeitung der chemischen Randbedingungen und der Modellergebnisse (Assimilation für den Vortag und statistische Anpassung der Vorhersagen bis zum übernächsten Tag) noch weiter optimiert werden.

Die Arbeiten haben bestätigt, dass die Verteilung der Messstationen im bestehenden Messnetz im Oberrheingebiet den photochemischen Besonderheiten der Bildung der Ozonfahnen im Lee der Ballungsräume bedingt Rechnung trägt. Nur wenige Stationen liefern jedoch Informationen über die Belastung in den ländlichen Zonen, in denen am häufigsten Ozonhöchstwerte auftreten.

Die Plattform Atmo-rhenA liefert Ergebnisse in drei Zielbereichen:

- Simulation der Luftqualität zwecks besseren Verständnisses der photochemischen Vorgänge im Oberrheingebiet
- Evaluierung der Wirksamkeit von Sofortmaßnahmen und der langfristigen Reduzierung der Emissionen
- Bereitstellung von breit angelegten Vorhersagen zur Luftqualität

Außerdem kann mit der Plattform Atmo-rhenA ein Beitrag zur vorschriftsmäßigen Beurteilung der Luftqualität geleistet werden. Die in der Ozon-Richtlinie im Hinblick auf die zulässigen Unsicherheiten der Modelle (für Zonen mit niedriger Belastung) enthaltenen Vorgaben und Qualitätsziele hält die Plattform Atmo-rhenA ein: Die Fehlerquote bei den durchschnittlichen Stundenwerten am Tag und bei den täglichen Höchstwerten je 8 Stunden liegt unter 50%.

**Origine de l'ozone dans
la vallée du Rhin supérieur**

**Ursprung des Ozons im
Oberrheingebiet**



6

Origine de l'ozone dans la vallée du Rhin supérieur Ursprung des Ozons im Oberrheingebiets

6.1 Introduction Einleitung

Dans le cadre de ce projet, la dernière étape consistait, en lien avec les politiques locales, régionales (de part et d'autre du Rhin) et européennes (programme CAFE Clean Air For Europe), à utiliser la plate forme de modélisation Atmo-rhenA afin d'évaluer, pour des épisodes d'ozone, l'impact de mesures d'urgence et «d'imaginer» l'environnement atmosphérique dans la vallée du Rhin supérieur à l'horizon 2020.

Afin de comprendre l'évolution des niveaux d'ozone suite à l'application de scénarios de réduction des émissions, il est nécessaire de comprendre dans une première étape, l'origine de l'ozone dans le domaine d'étude en s'intéressant à la part attribuable aux différents précurseurs, aux activités humaines, aux grandes agglomérations et aux apports extérieurs à l'espace du Rhin supérieur.

Il s'agit dans cette partie de mettre en évidence par la description d'un pic d'ozone puis à l'aide de l'outil de modélisation mis en place, les déterminants de la présence d'ozone en s'intéressant :

- à l'importance relative des deux grandes familles des précurseurs (NO_x et COV),
- au poids des précurseurs issus de la végétation,
- à la contribution relative des différentes sources de précurseurs liés aux activités humaines,
- à la part d'influence de l'ozone et de ses précurseurs issus d'apports extérieurs entrant dans le Rhin supérieur.

In der letzten Projektphase wurden mit Hilfe der Modellierungsplattform Atmo-rhenA in Verbindung mit den lokalen, regionalen (beiderseits des Rheins) und europäischen (CAFE-Programm: Clean Air for Europe) Programmen die Wirkung von Sofortmaßnahmen bei Ozonbelastungsspitzen bewertet und Annahmen zum atmosphärischen Umfeld im Oberrheingebiet bis zum Jahr 2020 angestellt.

Damit die Entwicklung der Ozonniveaus nach der Anwendung der Szenarien zur Emissionsminderung verständlich wird, ist es in einer ersten Etappe notwendig, die Herkunft des Ozons im Untersuchungsgebiet zu verstehen, indem man sich für den jeweils zuzuordnenden Anteil der verschiedenen Vorläufersubstanzen, der menschlichen Aktivitäten, der großen Ballungsräume und der Einträge von außerhalb des Oberrheingebiets interessiert.

In diesem Abschnitt sollen durch die Beschreibung von Ozonspitzenwerten sowie die Anwendung eines Modellierungswerkzeugs die bestimmenden Faktoren für das Auftreten von Ozon beleuchtet werden. Dabei gilt es aufzuzeigen:

- die relative Bedeutung der beiden großen Familien von Vorläufersubstanzen (NO_x und VOC);
- die Bedeutung der Vorläufersubstanzen aus der Vegetation;
- den relativen Beitrag der Quellen der verschiedenen Vorläufersubstanzen, die durch menschliche Aktivitäten entstehen;
- den Einfluss von Ozon und seinen Vorläufersubstanzen, die von außen in das Oberrheingebiet eingetragen werden.

6.2 Première approche des variations de l'ozone

Erstes Herangehen an Ozonschwankungen

Il convient en premier lieu de rappeler la distinction entre le bon et le mauvais ozone : l'ozone de la stratosphère en haute altitude (couche d'ozone qui protège des rayons solaires ultraviolets) et l'ozone de la basse atmosphère (troposphère de 0 à 10 km d'altitude) objet de nos préoccupations transfrontalières de l'air que l'on respire.

Pour cet ozone de la troposphère, le premier facteur à prendre en compte est le fait qu'il existe un fond permanent d'ozone soumis à des variations saisonnières. Dans les latitudes moyennes de l'hémisphère Nord, la concentration moyenne du fond permanent d'ozone a été multipliée par quatre voire cinq le siècle dernier.

A l'échelle locale, la concentration d'ozone en un endroit donné est en permanence une résultante, un bilan entre :

- deux mécanismes physiques : le brassage d'air vertical (convection) et/ou horizontal (advection).
- et deux mécanismes chimiques :
 - la disparition d'ozone qui va oxyder les surfaces rencontrées ou réagir avec d'autres gaz comme le monoxyde d'azote (NO) sortant des pots d'échappement.
 - la production secondaire d'ozone par l'action du rayonnement solaire mettant en jeu les composés primaires précurseurs de l'ozone : les oxydes d'azote (NO_x), principalement issus du trafic routier et les composés organiques volatils (COV) en partie issus de l'industrie, des transports et de la végétation.

C'est cette dernière réaction chimique catalysée par le rayonnement solaire qui a donné le nom de pollution «photo»chimique. L'ozone n'est en fait que la partie observée, et donc l'indicateur, d'une multitude d'autres polluants dits photo-oxydants.

Le parti a été pris dans ce rapport institutionnel de ne pas entrer dans des explications utilisant des équations chimiques. Le lecteur pourra s'y pencher par ailleurs (cf. rapports techniques).

Pour approcher un tant soit peu la réalité de ces mécanismes qui président à la présence d'ozone à un moment donné, plaçons-nous en observateur à un endroit et suivons les variations. C'est en fait le rôle assigné à une station de mesure, ce qui va permettre d'illustrer le propos à l'aide de graphiques.

Zunächst sei daran erinnert, dass Ozon nützlich und schädlich sein kann. In der Stratosphäre gibt es in großer Höhe eine Ozonschicht, die die Erde vor ultravioletten Sonnenstrahlen schützt. Desweiteren gibt es in den unteren Luftschichten der Troposphäre in 0 bis 10 km Höhe Ozon, dem unsere grenzübergreifenden Untersuchungen gelten, da es in unserer Atemluft vorkommt und schädlich sein kann.

Beim troposphärischen Ozon ist zu berücksichtigen, dass es eine permanente und eine saisonal variable Hintergrundbelastung durch Ozon gibt. In den mittleren Breiten der nördlichen Halbkugel haben sich die mittleren Ozonkonzentrationen im letzten Jahrhundert vervier- oder sogar verfünffacht.

Auf lokalen Ebene ist die Ozonkonzentration an einem bestimmten Ort das Ergebnis aus:

- zwei physikalischen Mechanismen : der vertikalen (Konvektion) und/oder der horizontalen (Advektion) Luftvermischung,
- und zwei chemischen Mechanismen :
 - Ozon wird abgebaut, indem es an Oberflächen oxidiert oder mit anderen Gasen wie beispielsweise Stickstoffmonoxid (NO) reagiert.
 - Bei der sekundären Ozonproduktion trifft Sonnenstrahlung auf die primären Vorläufersubstanzen von Ozon, Stickoxide (NO_x) hauptsächlich aus dem Straßenverkehr und die leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe (englisch: VOC – volatile organic compounds), die teilweise aus der Industrie, dem Straßenverkehr und der Vegetation stammen.

Die letztgenannte chemische Reaktion wird durch kurzwellige Strahlung in Gang gesetzt und deshalb „photo-“ chemische Luftverschmutzung genannt. Das Ozon ist nur der messbare Teil dieser Reaktion, also der Indikator für eine Vielzahl anderer, als Photooxidantien bezeichneter Schadstoffe.

Dieser Bericht verzichtet bewusst auf Erklärungen durch chemische Gleichungen, die der Leser an anderer Stelle nachschlagen kann (siehe technische Berichte).

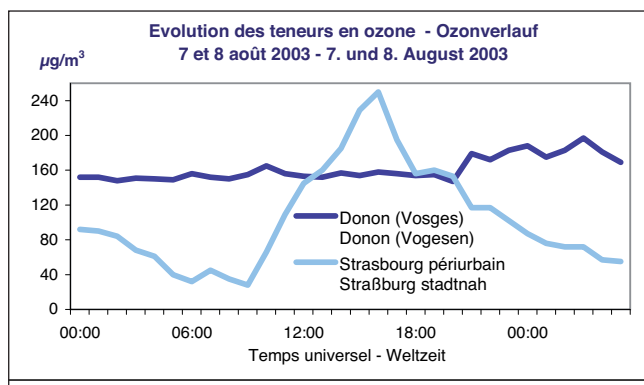
Um den Mechanismen der Ozonbildung zu einem gegebenen Zeitpunkt ein wenig näher zu kommen, beziehen wir quasi an einem festen Punkt einen Beobachtungsposten und verfolgen die Schwankungen. Diese Aufgabe erfüllt eine Messstation, deren Beobachtungen grafisch dargestellt werden.

En hiver, après le brouillard

L'hiver, la photochimie est peu active. Ainsi par temps de brouillard, la consommation d'ozone est prédominante en fond de plaine (niveaux très faibles). Seuls les hauts sommets encore ensoleillés des Vosges et de la Forêt Noire à distance des émissions consommatrices d'ozone baignent dans le fond permanent d'ozone toutefois plus modéré à cette époque. Après une période de temps stable, c'est essentiellement par simple brassage des couches d'air que les niveaux d'ozone augmentent mécaniquement en plaine en retrouvant le fond d'ozone de la troposphère.

En été, par beau temps ensoleillé

En première approche, l'évolution journalière de l'ozone lors d'un pic estival de pollution en plaine hors des centres urbains (comme celle de la station périurbaine de Strasbourg : illustration 6.2-1) peut s'expliquer comme suit.



Situation im Winter, wenn sich der Nebel auflöst

Im Winter ist die Photochemie kaum aktiv. Deshalb wird bei nebligem Wetter in den Tiefen der Ebenen (in geringer Höhe) vorwiegend Ozon abgebaut. Nur die hohen und sonnenbeschienenen Gipfel der Vogesen und des Schwarzwalds, die weit von den Quellen ozonabbauender Emissionen entfernt sind, sind noch vom permanenten Hintergrundozon umgeben, das in dieser Jahreszeit allerdings nur in vergleichsweise niedrigen Konzentrationen auftritt. Nach einer stabilen Wetterperiode erhöhen sich die Ozonwerte in der Ebene quasi mechanisch durch einfaches Vermischen der Luftschichten und des Einmischens des troposphärischen Ozons.

Situation im Sommer, wenn die Sonne scheint

Die tägliche Entwicklung bei sommerlichen Ozonspitzenwerten in der Ebene außerhalb der städtischen Ballungsräume wird am Beispiel der Station Straßburg-stadtnah (Abbildung 6.2-1) erklärt.

■ **Illustration 6.2-1 :**
Evolution des niveaux d'ozone les 7 et 8 août 2003 sur une station périurbaine de Strasbourg et dans les Vosges (Donon).

■ **Abbildung 6.2-1:**
Entwicklung der Ozonniveaus am 7. und 8. August 2003 an einer stadtnahen Station in Straßburg und in den Vogesen (Donon)

En fond de plaine, la nuit, l'air stagne et l'ozone se rapproche du niveau de fond permanent. L'ozone commence à disparaître au-dessus du sol par oxydation des surfaces et consommation par d'autres composés. Au petit matin, la destruction de l'ozone par les gaz d'échappement du trafic routier peut prendre le dessus au point de voir totalement disparaître le polluant. Puis se met en route un brassage thermique de l'air qui fait réapparaître l'ozone de basse altitude. Dans le même temps s'enclenche le mécanisme de production chimique sous l'action du soleil qui culmine en milieu d'après-midi. Le soir ce phénomène régresse et la destruction de l'ozone reprend le dessus jusqu'au matin suivant.

En montagne plus ventilée (comme au Donon : illustration 6.2-1), le brassage de l'air reste actif la nuit en maintenant l'ozone à son niveau de fond permanent. L'habituel pic de pollution en montagne perceptible en début de nuit s'explique par la convection de masses d'air polluées formées en journée dans la plaine (formation d'un réservoir troposphérique).

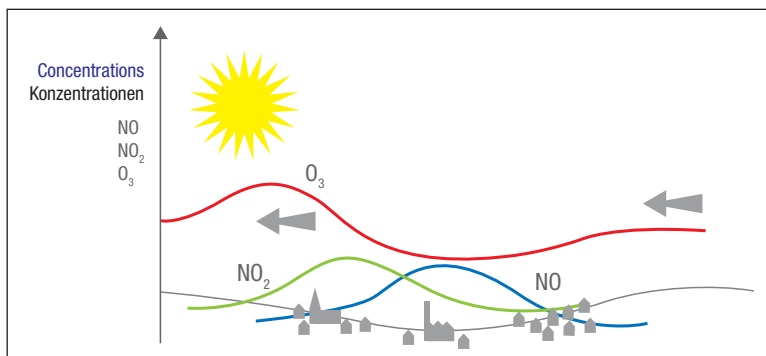
Nachts stagniert die Luft in der Ebene und die Ozonwerte gehen auf niedrige Werte zurück. In Bodenhöhe nimmt das Ozon durch Oxidation an den Oberflächen und Verbrauch durch andere Verbindungen ab. Am frühen Morgen kann der Ozonabbau durch die NO_x -Emissionen des Verkehrs so ausgeprägt sein, dass das Ozon teilweise völlig verschwindet. Dann beginnt eine thermische induzierte Luftvermischung, die dazu führt, dass in tieferen Lagen wieder Ozon auftritt. Gleichzeitig setzt der Mechanismus der chemischen Produktion von Ozon unter Einfluss der Sonneneinstrahlung ein, der am Spätnachmittag seinen Höhepunkt erreicht. Am Abend wird die chemische Produktion eingestellt und Ozon wiederum abgebaut.

Im Gebirge, wie auf dem Donon (Abbildung 6.2-1) fehlen die ozonabbauenden Emissionen. Die meisten Höhenlagen liegen in der Reservoirschicht, in der sich das gebildete Ozon ansammelt hat und kaum abgebaut wird. Durch Luftbewegungen, bedingt einerseits durch Kaltluftabflüsse und andererseits durch Durchmischung

En se mettant cette fois dans le déplacement d'une masse d'air en réactivité photochimique arrivant sur une agglomération, cette dernière va la traverser en perdant de l'ozone (par consommation) mais en s'y rechargeant en précurseurs qui seront actifs en sortie d'agglomération : cela conduit par beau temps à un véritable panache d'ozone en milieu rural sous le vent d'une grande agglomération (illustrations 6.2-2 à 6.2-6).

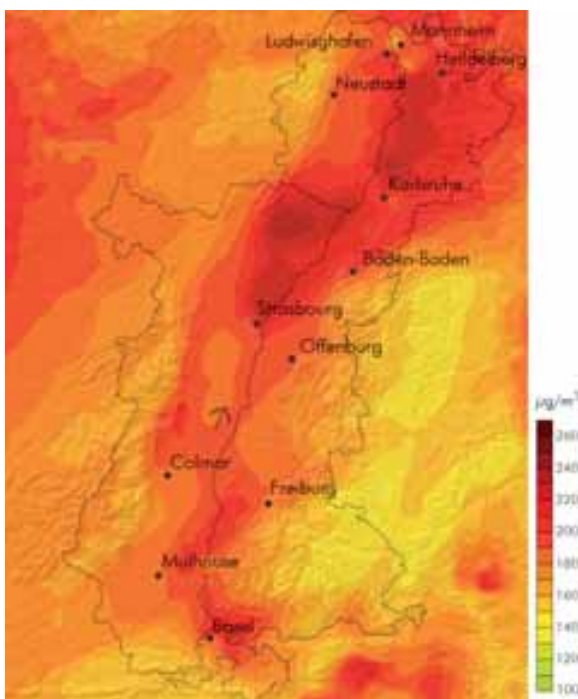
bei Wetterlagen mit Windbewegung, bleiben die Ozonwerte auf vergleichbar hohem Niveau.

Betrachtet man nun die Verschiebung einer Luftmasse mit photochemischer Reaktion, wenn sie auf einen Ballungsraum trifft, so ist zu beobachten, dass sie einerseits Ozon verliert (durch Ozonabbau) und andererseits Vorläufersubstanzen aufnimmt, die aktiv werden, sobald sie den Ballungsraum verlässt. Bei schönem Wetter entsteht dadurch in ländlichen Gebieten eine regelrechte Ozonabluftfahne auf windabgewandter Seite eines Ballungsraumes (Abbildungen 6.2-2 bis 6.2-6).



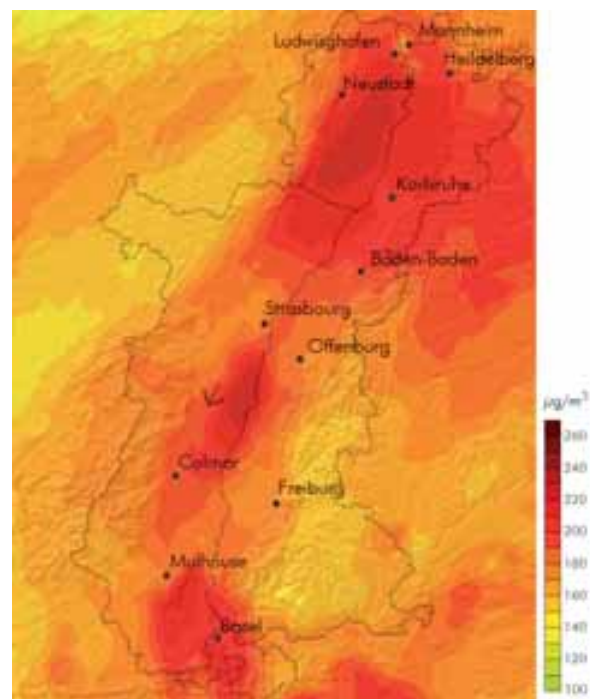
■ Illustration 6.2-2 :
Evolution des niveaux d'ozone et de NO_x aux abords d'une agglomération

■ Abbildung 6.2-2:
Entwicklung der Ozon- und NO_x -Werte in unmittelbarer Nähe eines Ballungsraums



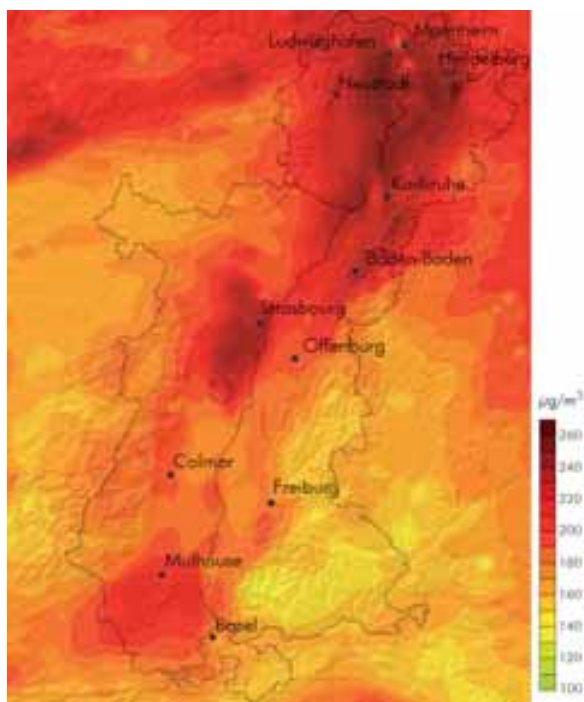
■ Illustration 6.2-3 :
Simulation de la journée du 12 juin 2003 : formation de panaches au nord-est des grandes agglomérations par vent de sud-ouest (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

■ Abbildung 6.2-3:
Simulation des 12. Juni 2003: Bildung von Abluftfahnen im Nordosten der großen Ballungsräume unter dem Einfluss von Südwestwind (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



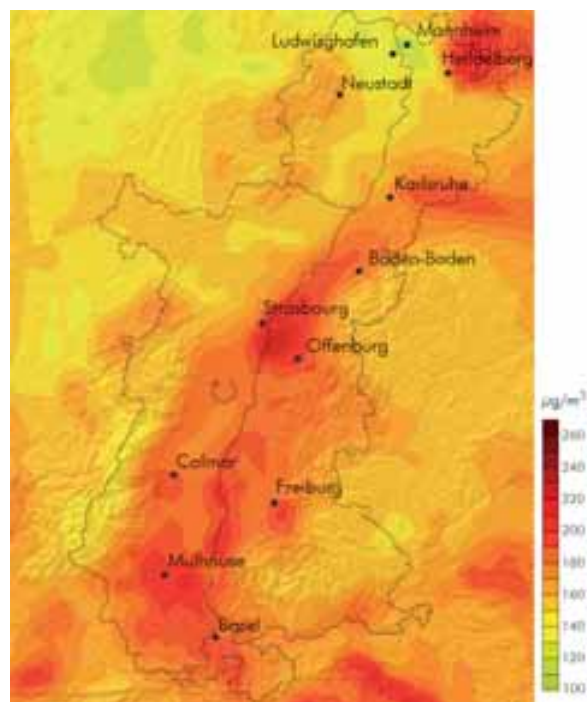
■ Illustration 6.2-4 :
Simulation de la journée du 13 juillet 2006 : formation de panaches au sud-ouest des grandes agglomérations par vent de nord-est (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

■ Abbildung 6.2-4:
Simulation des 13. Juli 2006: Bildung von Abluftfahnen im Südwesten der großen Ballungsräume unter dem Einfluss von Nordostwind (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



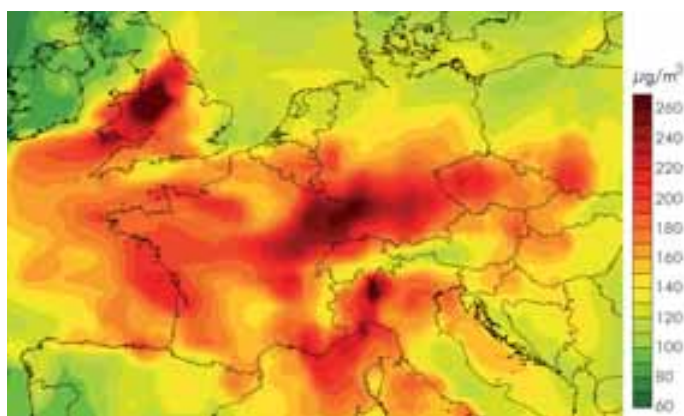
■ Illustration 6.2-5 :
Simulation de la journée du 4 août 2003 : formation de panaches
près des grandes agglomérations par vent faible (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

■ Abbildung 6.2-5:
Simulation des 4. August 2003: Bildung von Abluffahnen in der Nähe
der großen Ballungsräume unter dem Einfluss von schwachem Wind
(in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



■ Illustration 6.2-6 :
Simulation de la journée du 10 août 2003 : formation de panaches
près des grandes agglomérations par vent faible (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

■ Abbildung 6.2-6:
Simulation des 10. August 2003: Bildung von Abluffahnen in der
Nähe der großen Ballungsräume unter dem Einfluss von schwachem
Wind (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



■ Illustration 6.2-7 :
Maxima d' O_3 le 4 août 2003 sur l'Europe centrale (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
simulés par le Laboratoire Inter-Universitaire des Systèmes
Atmosphériques (LISA)

■ Abbildung 6.2-7:
Vom „Laboratoire Inter-Universitaire des Systèmes Atmosphériques“
(LISA) simulierte Ozonspitzen am 4. August 2003 in Mitteleuropa
(in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Les pics de pollution en plaine sont également pour une part attribuables à des importations de pollution de moyenne et longue distance à la fois d'ozone et de précurseurs traversant le Rhin supérieur.

L'occurrence d'épisodes photochimiques dépasse ainsi largement les échelles locales. En août 2003 (illustration 6.2-7), la masse d'air en réaction photochimique à fort potentiel a pendant les 15 jours de canicule couvert une grande partie de l'Europe.

Dans un tel contexte de pollution mêlant des phénomènes locaux, régionaux et continentaux, se pose légitimement la question de l'efficacité d'une action locale de réduction des précurseurs qui resterait circonscrite sur une ville voire une région.

On ne peut y répondre sans considérer en premier lieu la chimie de l'ozone comme une fonction complexe des concentrations relatives des précurseurs de l'ozone.

Die Spitzenwerte in der Ebene sind teilweise auch auf die Zufuhr von Ozon und Vorläufersubstanzen aus mittlerer und größerer Entfernung zurückzuführen.

Photochemische Vorgänge finden bei weitem nicht nur auf lokaler Ebene statt. Im August 2003 bedeckte eine Luftmasse mit großem Potential photochemischer Reaktion zwei Wochen mit großer Hitze einen großen Teil Europas (Abbildung 6.2-7).

Wenn in einem derartigen Umfeld lokale, regionale und kontinentale Phänomene aufeinander treffen und sich vermischen, ist die Frage berechtigt, wie wirksam lokale Maßnahmen der Reduzierung der Ozonvorläufersubstanzen sein können, wenn diese auf eine Stadt oder eine Region begrenzt sind.

Die Antwort auf diese Frage muss in erster Linie der Chemie des Ozons als komplexer Funktion aus den relativen Konzentrationen der Ozonvorläufersubstanzen Rechnung tragen.

6.3 Parts respectives des deux familles de précurseurs : les régimes de production d'ozone

Jeweiliger Anteil der beiden Familien von Vorläufersubstanzen : die Ozonproduktionssysteme

Outre les conditions dynamiques, la production d'ozone est grandement déterminée par les concentrations relatives de ses principaux précurseurs que sont les COV et les NO_x . On parle alors de «régimes de production d'ozone» selon que la production est majoritairement contrôlée par l'une ou l'autre de ces deux familles de précurseurs.

Les régimes de production d'ozone varient suivant les situations dynamiques et d'émissions, c'est pourquoi il est nécessaire d'étudier les régions au cas par cas.

Dans le cadre de ce projet Atmo-rhenA, deux méthodes (Couach, 2003) ont été employées pour déterminer les régimes locaux d'ozone :

- comparer les différences de maxima d'ozone entre des simulations avec réduction de COV et des simulations avec réduction de NO_x
- dessiner pour plusieurs jours et pour chaque station les isoplètes d'ozone.

Außer von den Reaktionsmechanismen ist die Ozonproduktion weitgehend von der relativen Konzentration seiner wichtigsten Vorläufersubstanzen NO_x und VOC abhängig. Je nachdem, von welcher der beiden Familien die Ozonproduktion mehrheitlich kontrolliert wird, spricht man von einem entsprechenden „Ozon-Produktionssystem“.

Welches Ozon-Produktionssystem vorliegt, ist von dem jeweiligen Reaktionsmechanismus und von den Emissionen abhängig, weshalb die Regionen jeweils einzelfallspezifisch untersucht werden müssen.

Für das Projekt Atmo-rhenA wurden die lokalen Ozonproduktionssysteme mit zwei Methoden (Couach, 2003) bestimmt :

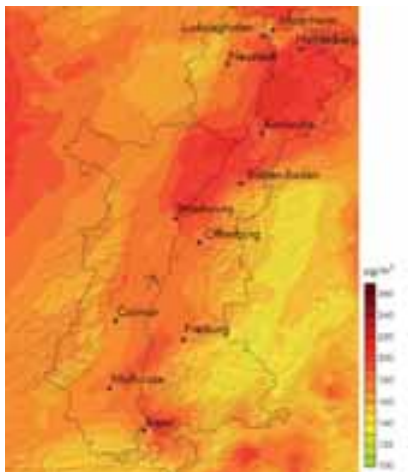
- Vergleich der Differenzen zwischen den Ozonhöchstwerten bei Simulationen mit Reduzierung der VOC und bei Simulationen mit Reduzierung der NO_x ,
- Darstellung der Ozon-Isoplethen für mehrere Tage für jede einzelne Station.

Les résultats sont consignés dans un rapport d'étude (ASPA, 2006g) et résumés pour les « isoplètes » dans l'encart ci-contre.

Deux simulations sont effectuées successivement : l'une avec une réduction de 50% des COVNM anthropiques (illustration 6.3-1), l'autre avec une réduction de 50% des NO_x (illustration 6.3-2). Puis la différence entre les résultats des deux runs est cartographiée. Quand la différence est positive (tons bleus en bas sur l'illustration 6.3-3), la concentration d'ozone issue de la réduction des COVNM anthropiques est plus élevée que la concentration d'ozone issue de la réduction des NO_x, donc la réduction de NO_x est plus efficace que la réduction de COVNM anthropiques : la zone est ainsi en régime contrôlé par les NO_x. Quand la différence est négative (tons violets en bas sur l'illustration 6.3-3), la zone est en régime contrôlé par les COV.

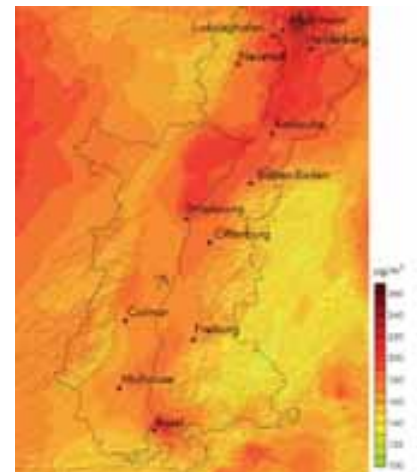
Die Ergebnisse sind in einem Studienbericht beschrieben (ASPA, 2006g) und im nachfolgenden Einschub zum Thema Isoplethen zusammengefasst.

Zwei Simulationen wurden nacheinander durchgeführt: die eine mit einer 50-prozentigen Reduzierung der anthropogenen NMVOC (Abbildung 6.3-1), die andere mit einer 50-prozentigen NO_x-Reduzierung (Abbildung 6.3-2). Daraufhin wird die Differenz beider Ergebnisse aus den zwei Modellläufen in einer Karte dargestellt. Wenn die Differenz positiv ist (blaue Farbtöne unten in der Abbildung 6.3-3), ist die Ozonkonzentration aus der anthropogenen NMVOC-Reduzierung höher als die Ozonkonzentration aus der NO_x-Reduzierung. Die NO_x-Reduzierung ist also effizienter als die anthropogene NMVOC-Reduzierung. Das Gebiet ist also in einem NO_x-kontrollierten System. Wenn die Differenz negativ ist, (violette Farbtöne unten in der Abbildung 6.3-3) ist das Gebiet in einem VOC-kontrollierten System.



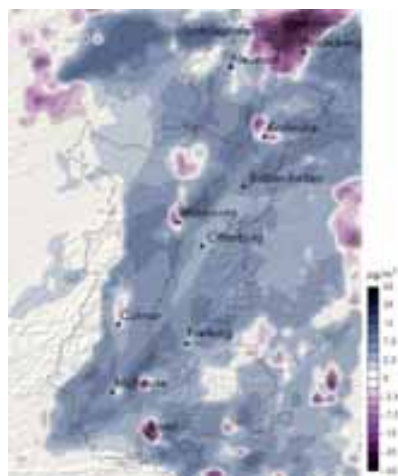
■ Illustration 6.3-1 :
Maxima d'ozone le 12 juin 2003 avec 50%
des émissions de COV non méthaniques
anthropiques (en µg/m³)

■ Abbildung 6.3-1:
Ozonhöchstwerte am 12. Juni 2003 mit
50% anthropogenen Nicht-Methan-VOC-
Emissionen (in µg/m³)



■ Illustration 6.3-2 :
Maxima d'ozone le 12 juin 2003 avec 50%
des émissions de NO_x (en µg/m³)

■ Abbildung 6.3-2:
Ozonhöchstwerte am 12. Juni 2003 mit
50% NO_x-Emissionen (in µg/m³)



■ Illustration 6.3-3 :
Différences des maxima d'ozone le 12 juin 2003 entre une simulation avec 50% des émissions de COV
non méthaniques anthropiques et une simulation avec 50% des émissions de NO_x (en µg/m³)

■ Abbildung 6.3-3:
Differenz der Ozonhöchstwerte am 12. Juni 2003 zwischen einer Simulation mit 50% anthropogenen
Nicht-Methan-VOC-Emissionen und einer Simulation mit 50% NO_x-Emissionen (in µg/m³)

Il en ressort globalement dans la vallée que pour la journée étudiée du 12 juin 2003 caractérisée par un vent de sud-ouest, les zones urbaines ont tendance à être en régime de production d'ozone limité par les COV comme en témoigne l'illustration 6.3-3. C'est sur ces composés qu'il conviendrait d'agir en priorité. Une réduction insuffisante des oxydes d'azote aurait même pour effet une légère montée de l'ozone dans l'après-midi en milieu urbain (tableau 6.3-1).

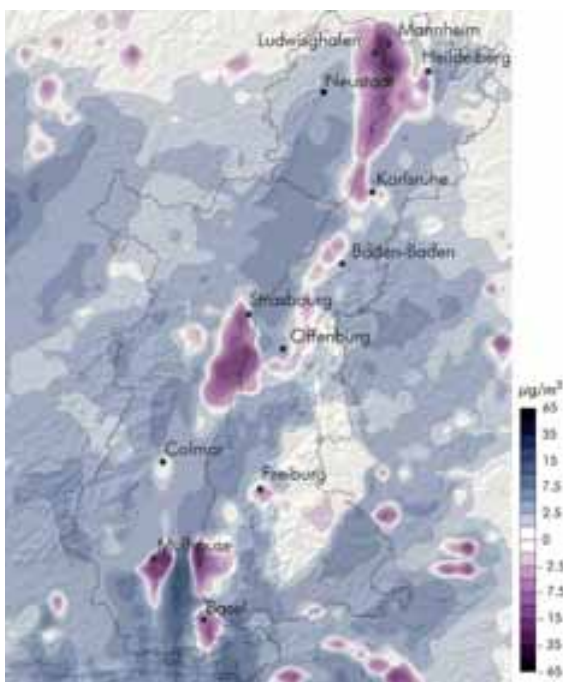
Le reste du domaine (campagne et montagne) est plutôt en régime contrôlé par les NO_x (illustration 6.3-3) sans que ce régime soit très prononcé : les actions de réduction doivent y viser les NO_x (tableau 6.3-1) sans pour autant se désintéresser des COV dont la réduction partielle, contrairement aux oxydes d'azote, ne peut jamais être associée à une augmentation de l'ozone (cf. encart sur les isoplètes).

Des résultats similaires ont été trouvés pour la journée du 13 juillet 2006 par vent de nord-est (illustration 6.3-4).

Am untersucht Tag, dem 12. Juni 2003, ist erkennbar, dass die städtischen Zonen tendenziell in einem VOC-kontrollierten Ozonproduktionssystem lagen (Abbildung 6.3-3). Es waren vorrangig diese Komponenten zu reduzieren: Eine unzureichende Verminderung der Stickoxide hätte im städtischen Bereich sogar einen leichten Anstieg der Ozonwerte am Nachmittag zur Folge gehabt (Tabelle 6.3-1).

Das restliche Untersuchungsgebiet (ländlicher Raum und Gebirge) lag eher in einem NO_x -kontrollierten Ozonproduktionssystem (Abbildung 6.3-3), das allerdings nicht sehr stark ausgeprägt war (Tabelle 6.3-1). Dort mussten die Maßnahmen vor allen Dingen auf eine Senkung der NO_x -Werte abzielen ohne jedoch die VOC-Werte aus dem Blick zu verlieren. Anders als bei den Stickoxiden kann die nur teilweise Reduktion der VOC niemals eine Erhöhung der Ozonwerte nach sich ziehen (siehe Exkurs Ozon-Isoplethen).

Ähnliche Ergebnisse wurden für den 13. Juli 2006 bei Nordostwind festgestellt (Abbildung 6.3-4).



■ Illustration 6.3-4 :

Différences des maxima d'ozone le 13 juillet 2006 entre une simulation avec 50% des émissions de COV anthropiques et une simulation avec 50% des émissions de NO_x (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

■ Abbildung 6.3-4:

Differenz der Ozonehöchstwerte am 13. Juli 2006 zwischen einer Simulation mit 50% anthropogenen Nicht-Methan-VOC-Emissionen und einer Simulation mit 50% NO_x -Emissionen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

En dehors du fait apparemment paradoxal que la réduction des oxydes d'azote peut dans certains cas s'avérer contre productive pour l'ozone en milieu urbain, l'enseignement principal à retirer de ces investigations est que la baisse de l'ozone est, dans tous les cas, sans proportion avec la réduction des polluants primaires précurseurs.

Abgesehen von dem paradox erscheinenden Phänomen, dass die Reduzierung der Stickoxide in manchen Fällen sogar eine Erhöhung von Ozon im städtischen Bereich mit sich bringen kann, ergibt sich aus diesen Untersuchungen hauptsächlich, dass die Absenkung der Ozonwerte auf jeden Fall nicht proportional zur Verringerung der primären Vorläufersubstanzen ist.

Réductions des précurseurs sur la vallée Reduzierung der Vorläufer im Tal		Variations des maxima d'ozone le 12 juin 2003 Änderung der Ozonhöchstwerte am 12. Juni 2003		
NO _x	COVNM (anthropiques) NMVOC (anthropogenen)	Centre Urbain (Bâle) Stadtmitte (Basel)	Panache (nord de Strasbourg) Ablufftanne (im Norden von Straßburg)	Rural (Forêt Noire Sud) Ländlicher Bereich (Südlicher Schwarzwald)
0%	-50%	-5%	-5%	0%
-50%	0%	+ 6%	-7%	-5%
-50%	-50%	+1%	-9%	-5%
-75%	-75%	-1%	-16%	-7%

■ **Tableau 6.3-1 :**

Effet des réductions de COVNM (anthropiques) et NO_x sur les maxima d'ozone dans la vallée du Rhin supérieur le 12 juin 2003

■ **Tabelle 6.3-1:**

Auswirkung der Verminderung von NMVOC (anthropogenen) und NO_x auf die Ozonhöchstwerte im Oberrheingebiet am 12. Juni 2003

Isoplètes d'ozone

La plate-forme de modélisation Atmo-rhenA permet de simuler des scénarios de réduction des émissions en faisant varier degré par degré les parts des précurseurs de l'ozone (oxydes d'azote - NO_x et composés organiques volatils - COV). Elle permet ensuite d'en extraire pour chaque site du Rhin supérieur, des abaques représentés sous forme d'isoplètes. Elles traduisent la non-linéarité de la production de l'ozone par rapport aux émissions de précurseurs.

La concentration d'ozone dans le cas de base prend en compte les émissions actuelles et est représentée dans le graphique en haut à droite par 100% des émissions de COV anthropiques et 100% des NO_x.

Cet exercice a été réalisé pour la période d'observation intensive du 10 au 12 juin 2003 en chacun des 3072 mailles du domaine (illustrations 6.3-5 à 6.3-7). Ici sont présentés les résultats obtenus pour le site urbain de la place San Johann à Bâle, pour le coeur du panache au nord de Strasbourg et pour le site rural et montagnard de Schwarzwald sud.

Ozon-Isoplethen

Mit der Modellierungsplattform Atmo-rhenA können Szenarien der Emissionsminderung simuliert werden: Der Anteil der Ozonvorläufersubstanzen kann stufenweise variiert werden (Stickstoffoxid NO_x und leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe VOC). Anschließend können daraus für jeden einzelnen Standort im Oberrheingebiet die Isoplethen erstellt werden. Aus ihnen geht hervor, dass die Ozonproduktion im Verhältnis zu den Emissionen der Ozonvorläufersubstanzen nicht linear verläuft.

Im Basisfall trägt die Ozonkonzentration den aktuellen Emissionen Rechnung. Sie ist in der Grafik oben rechts mit 100% der anthropogenen Emissionen von VOC und 100% der NO_x dargestellt.

Dieser Fall wurde für den intensiven Beobachtungszeitraum vom 10. bis zum 12. Juni 2003 für jeden der 3072 Raster Punkte im Untersuchungsgebiet durchgeführt (Abbildungen 6.3-5 bis 6.3-7). Dargestellt sind hier die Ergebnisse für den urbanen Standort Sankt-Johann-Platz in Basel, für den Kernbereich der Ablufftanne im Norden Straßburgs und für den ländlich-gebirgigen Standort Schwarzwald Süd.

En partant du cas de base vers le bas, on suit l'évolution des concentrations d'ozone lors d'une diminution des émissions de NO_x (flèche rouge), et en partant du cas de base vers la gauche, on suit l'évolution des concentrations d'ozone lors d'une diminution des émissions de COV anthropiques hors végétation (flèche violette).

Le centre ville de Bâle est ce jour là (12 juin 2003) très clairement en régime contrôlé par les COV : leur baisse (flèche violette) entraîne toujours une diminution des niveaux d'ozone. En revanche une diminution insuffisante des NO_x (flèche rouge) aboutit à une augmentation de l'ozone. Seule une réduction de plus de 70 % de NO_x rejoint un régime de diminution d'ozone.

Pour le panache au nord de Strasbourg, le maximum d'ozone peut être ce jour là réduit plus efficacement par une diminution des émissions de NO_x que de COV, la zone étant en régime contrôlé par les NO_x .

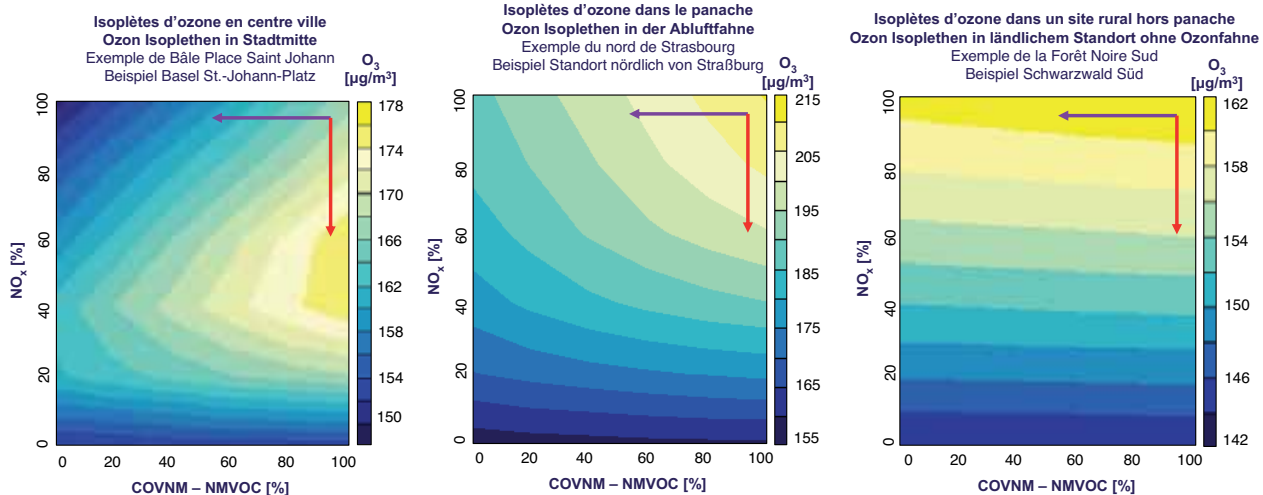
En zone rurale les NO_x ont tendance à ne pas être présents en quantité suffisante pour réagir avec les autres précurseurs et produire de l'ozone : le régime est limité ou contrôlé par les NO_x , comme c'est le cas pour le site de Schwarzwald Süd.

Vom Basisfall ausgehend nach unten kann man die Entwicklung der Ozonkonzentrationen bei Verringerung der NO_x -Emissionen (roter Pfeil) ablesen, vom Basisfall ausgehend nach links die Entwicklung der Ozonkonzentrationen bei Verringerung der Emission anthropogener VOC ohne Vegetationsanteil (violetter Pfeil).

Die Stadtmitte von Basel ist an diesem Tag (12. Juni 2003) deutlich VOC-kontrolliert. Eine Verringerung der VOC (violetter Pfeil) hat stets einen Rückgang der Ozonwerte zur Folge. Wenn die NO_x (roter Pfeil) allerdings unzureichend verringert werden, ist eine Erhöhung der Ozonwerte die Folge. Nur wenn die NO_x -Emissionen um mehr als 70 % zurück gehen, verringert sich die Ozonkonzentration.

Für die nördliche Abluftfahne Straßburgs lässt sich der Ozonehöchstwert an diesem Tag wirksamer durch eine Verminderung der NO_x -Emissionen als durch Senkung der VOC senken, denn in dieser Zone herrscht ein NO_x -kontrolliertes System.

Im ländlichen Bereich sind NO_x tendenziell eher nicht in ausreichender Menge vorhanden, um mit den anderen Vorläufersubstanzen zu Ozon zu reagieren: Dort herrscht wie auch am Standort Schwarzwald Süd ein NO_x -kontrolliertes System vor.



■ Illustration 6.3-5 :
Isoplètes d' O_3 en centre ville en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 6.3-5:
Ozon Isoplethen in Stadtmitte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Illustration 6.3-6 :
Isoplètes d' O_3 dans le panache en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 6.3-6:
Ozon Isoplethen in der Abluftfahne in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Illustration 6.3-7 :
Isoplètes d' O_3 dans un site rural hors panache en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 6.3-7:
Ozon Isoplethen in einem ländlichen Standort ohne Ozonefahne in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

6.4 Ozone local et ozone importé : contribution des émissions locales d'origine anthropique et biotique dans le Rhin supérieur

Lokales und herantransportiertes Ozon: Beitrag der lokalen Emissionen anthropogenen und biogenen Ursprungs im Oberrheingebiet

La détermination de la part d'importation extérieure d'ozone et de ses précurseurs dans la production photochimique locale permet d'identifier la marge de réduction en agissant sur les émissions locales.

En supprimant fictivement les émissions anthropiques du Rhin supérieur (rejetées par les activités humaines), on obtient par modélisation une diminution d'ozone, d'au minimum $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la vallée, et allant jusqu'à $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les panaches de Strasbourg (quelques kilomètres au nord), Karlsruhe et Bâle pour la journée type du 12 juin 2003 soumis à un régime de vent de sud-ouest dans la vallée rhénane (ASPA, 2006h).

Par exemple dans le panache de Strasbourg, cette baisse relative de l'ozone (28% pour 100% d'émissions locales de précurseurs en moins) provient de la présence d'ozone importé mais aussi de précurseurs importés et issus de la végétation. Au moment du pic de pollution et malgré l'absence d'émissions locales, les niveaux de NO_2 ne baissent parallèlement que de 66% et ceux de COV de 52% par rapport à la situation de base.

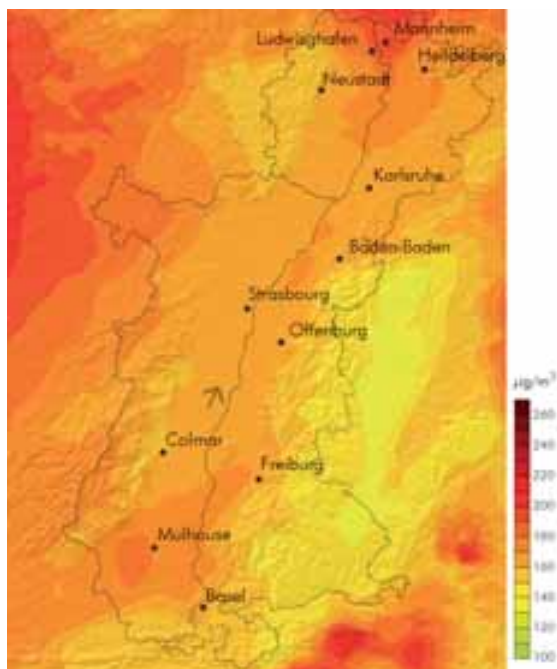
Les illustrations 6.4-1 et 6.4-2 montrent les zones du domaine où la quantité d'ozone est moins sensible aux variations d'émissions locales.

Zur Ermittlung der möglichen Bandbreite der Ozonverminderung durch Beeinflussung der lokalen Emissionen muss bestimmt werden, welcher Anteil der lokalen photochemischen Produktion auf die Zufuhr von Ozon und seinen Vorläufersubstanzen von außen zurückgeht.

Bei fiktiver Reduzierung der anthropogenen (durch die menschliche Aktivität eingetragenen) Emissionen im Oberrheingebiet auf Null ergibt das Modell eine Verringerung des Ozons um mindestens $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Tal und um bis zu $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Abluffahnen der Städte Straßburg (einige Kilometer im Norden), Karlsruhe und Basel an Tagen des Typs 12. Juni 2003 bei Südwestwind im Rheintal (ASPA, 2006h).

In der Abluffahne von Straßburg zum Beispiel ist diese relative Abnahme der Ozonwerte (28% in der Abluffahne bezogen auf 100% weniger lokale Emissionen von Vorläufersubstanzen) darauf zurückzuführen, dass herantransportiertes Ozon, aber auch herantransportierte und durch die Vegetation verursachte Vorläufersubstanzen vorhanden sind. Gleichzeitig sinken die NO_2 -Werte zum Zeitpunkt die Spitzenwerte um 66% und die VOC-Werte um 52% im Vergleich mit der Basissituation.

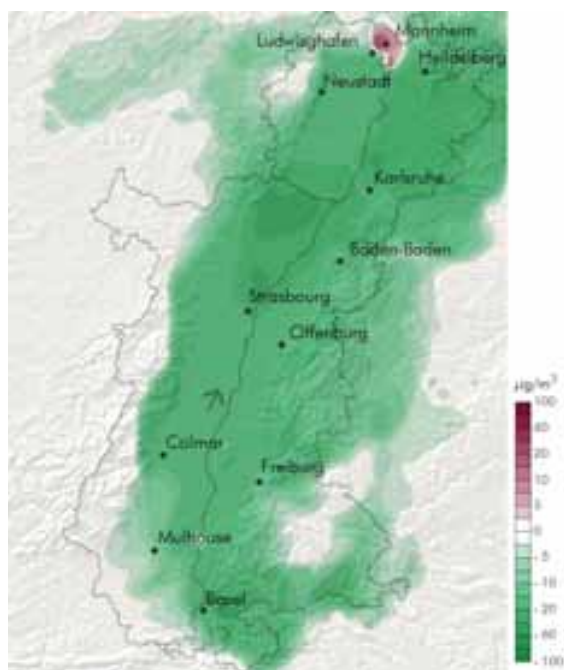
Die Abbildungen 6.4-1 und 6.4-2 zeigen, in welchen Zonen des Gebiets die Ozonmenge weniger sensitiv auf Schwankungen der lokalen Emissionen reagiert.



■ Illustration 6.4-1 :
Maxima d'ozone simulés sans émissions anthropiques locales
le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 6.4-1:
Simulierte Ozonehöchstwerte ohne lokale anthropogene Emissionen
am 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

L'illustration 6.4-2 montre que les réductions d'ozone dans le panache d'agglomération de Strasbourg, Mulhouse et Bâle sont alors du même ordre et les réductions dans la plaine légèrement inférieures.



■ Illustration 6.4-2 :
Différence entre les maxima d'ozone simulés avec et sans émissions anthropiques locales le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

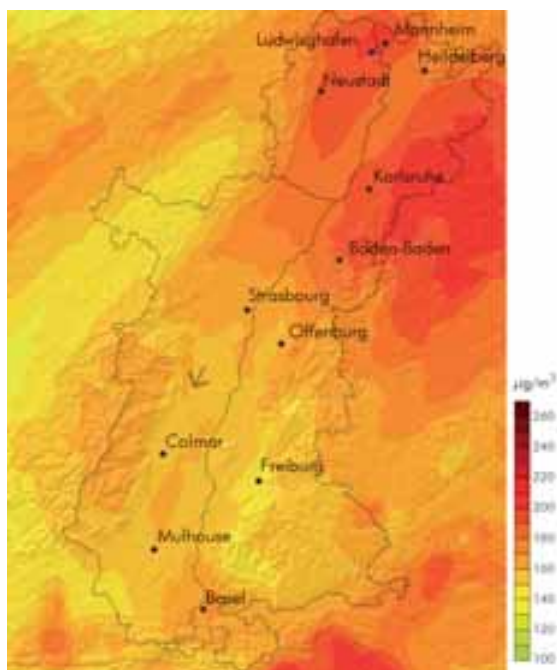
■ Abbildung 6.4-2:
Differenz zwischen den simulierten Ozonhöchstwerten mit und ohne lokale anthropogene Emissionen am 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Les zones chargées en NO_x et peu riches en COV subissent une titration très forte de l'ozone, et la vitesse de production d'ozone y est négative la plupart de la journée. C'est le cas de la zone de Mannheim, où l'ozone augmente lorsque les émissions anthropiques sont supprimées.

Une simulation identique a été effectuée sur une situation dynamique par vent de nord-est (13 juillet 2006, illustrations 6.4-3 et 6.4-4), un jour où celui-ci est susceptible d'importer davantage d'ozone et de ses précurseurs sur le domaine, ainsi que sur deux jours pendant la canicule de l'été 2003.

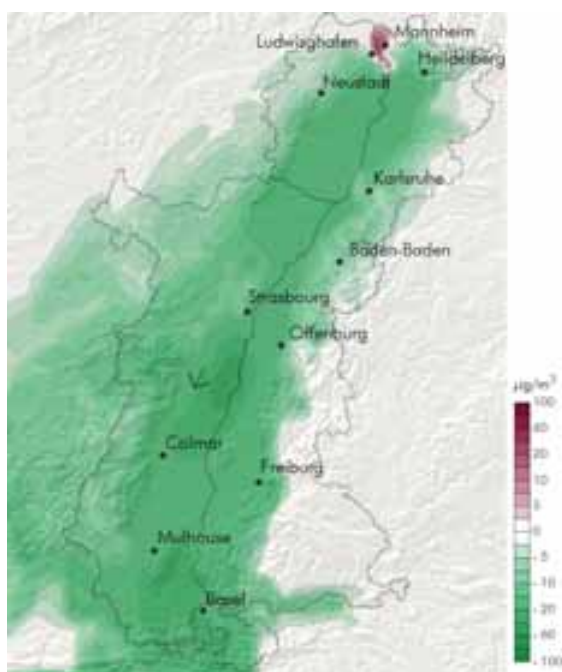
Die Gebiete mit hohen NO_x -Werten und niedrigen VOC-Werten weisen einen starken Ozonabbau auf, und die Geschwindigkeit der Ozonproduktion ist fast den ganzen Tag negativ. Dies ist der Fall im Gebiet von Mannheim, wo die Ozonwerte steigen, wenn die anthropogenen Emissionen wegfallen.

Dieselbe Simulation wurde für eine dynamische Situation mit Nordostwind am 13. Juli 2006 durchgeführt (Abbildungen 6.4-3 und 6.4-4), einem Tag, an dem mehr Ozon und Ozonvorläufersubstanzen in den Bereich importiert worden sein dürften, und für zwei Tagen während der Hitzeperiode des Sommers 2003.



■ Illustration 6.4-3 :
Maxima d'ozone simulés sans émissions anthropiques locales
le 13 juillet 2006 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 6.4-3:
Simulierte Ozonehöchstwerte ohne lokale anthropogene Emissionen
am 13. Juli 2006 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



■ Illustration 6.4-4 :
Différence entre les maxima d'ozone simulés avec et sans émissions
anthropiques locales le 13 juillet 2006 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

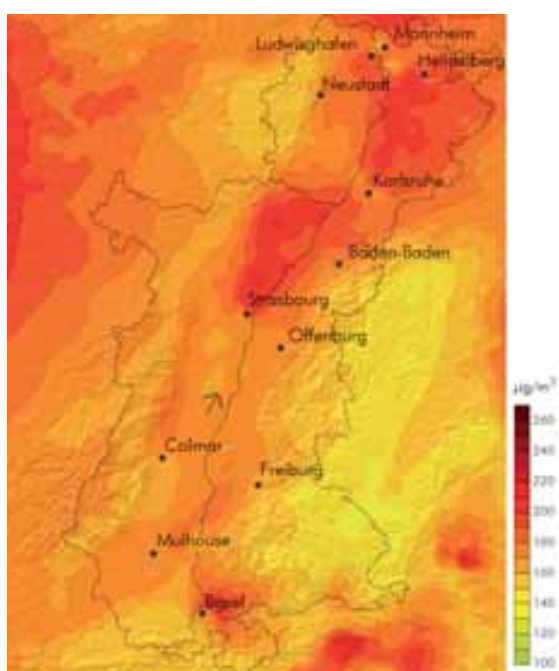
■ Abbildung 6.4-4:
Differenz zwischen den simulierten Ozonehöchstwerten mit und ohne lokale
anthropogene Emissionen am 13. Juli 2006 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Par retrait fictif des émissions biotiques (issues de la végétation), les simulations effectuées permettent d'identifier le rôle de ces composés dans la production d'ozone locale. Cela correspond sur l'espace du Rhin supérieur à une baisse globale des émissions en COV de 27% et plus marginale de NO_x de moins de 0,1% (essentiellement du NO).

Lors de la journée du 12 juin 2003, la contribution des activités biotiques au maximum d'ozone atteint 30 µg/m³ dans les panaches de Bâle et de Strasbourg (cf illustrations 6.4-5 et 6.4-6). Les émissions de COV biotiques sont dépendantes de la température et du rayonnement solaire, leurs impacts sur la formation d'ozone s'intensifient ainsi en période de forte chaleur.

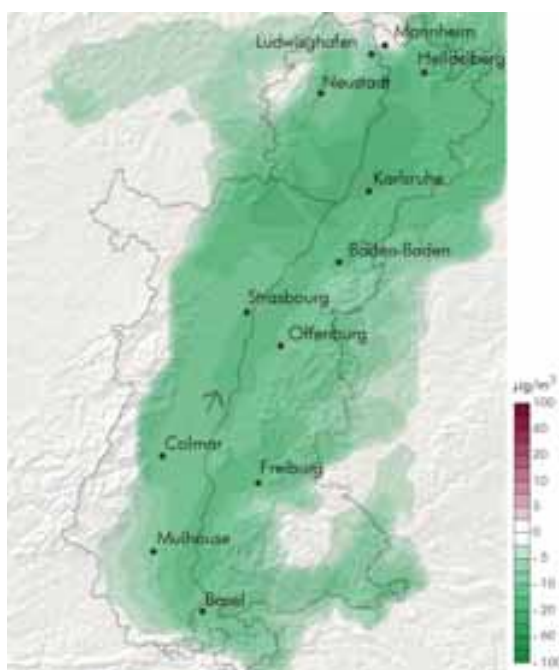
Durch die fiktive Unterbindung der biogenen (aus der Vegetation stammenden) Emissionen konnte durch Simulationen gezeigt werden, welche Rolle diese Verbindungen bei der lokalen Ozonproduktion spielen. Für das Oberrheingebiet entspricht dies einem globalen Rückgang der VOC-Emissionen um 27% und einem eher marginalen Rückgang der NO_x-Werte (hauptsächlich NO) um weniger als 0,1%.

Am 12. Juni 2003 haben die biogenen Aktivitäten 30 µg/m³ zum Ozonehöchstwert in den Abluftfahnen von Basel und Straßburg beigetragen (Abbildungen 6.4-5 und 6.4-6). Die biogenen VOC-Emissionen sind von der Temperatur und der Sonneneinstrahlung abhängig, wodurch ihr Beitrag zur Entstehung von Ozon in Phasen großer Hitze stärker ist.



■ Illustration 6.4-5 :
Maxima d'ozone simulés sans émissions biotiques
le 12 juin 2003 en µg/m³

■ Abbildung 6.4-5:
Simulierte Ozonehöchstwerte ohne lokale biogene Emissionen
am 12. Juni 2003 in µg/m³



■ Illustration 6.4-6 :
Différence entre les maxima d'ozone simulés avec et sans émissions
biotiques le 12 juin 2003 en µg/m³

■ Abbildung 6.4-6:
Differenz zwischen den simulierten Ozonehöchstwerten mit und ohne lokale
biogene Emissionen am 12. Juni 2003 in µg/m³

S'il est bien entendu exclu de mettre à nu les terres agricoles et forestières à des fins de réductions d'ozone, il est toutefois possible de prendre en compte le fait que certains composés organiques soient plus réactifs que d'autres. Une telle réflexion sur les variétés culturales (réactivité et flux des composés) est en cours dans certains pays comme le Canada (tout en veillant bien entendu à la sensibilité à l'ozone de chacune de ces espèces).

La production d'ozone n'est rendue possible que par la présence simultanée des COV et des NO_x. Si une partie importante des COV peut être d'origine biotique, les NO_x eux proviennent, outre du transport depuis l'extérieur, essentiellement des émissions anthropiques.

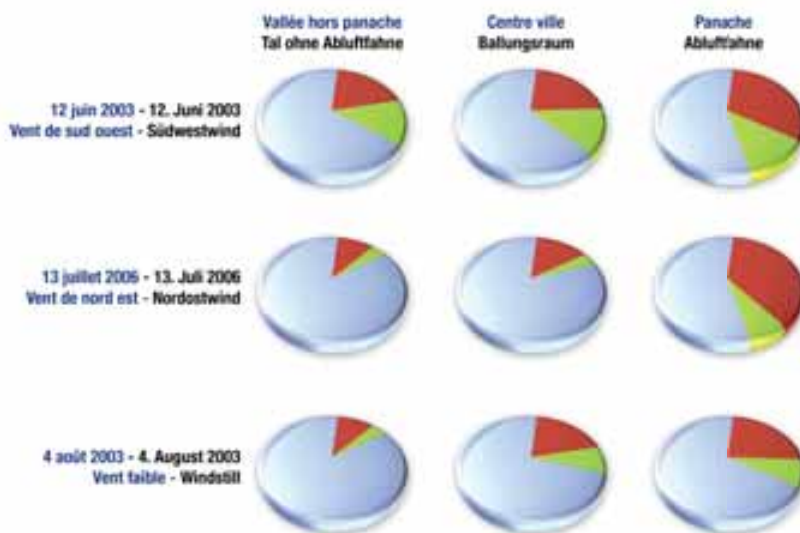
Un bilan des marges d'actions possibles pour la réduction des niveaux d'ozone est présenté sur l'illustration 6.4-7 pour différentes situations dynamiques. Pour des conditions de vent établi sud-ouest ou nord-est, la contribution des émissions anthropiques de la vallée est semblable, avec un renforcement de leurs effets au sein du panache. Au contraire lors d'un épisode de pollution photochimique intense et une absence de vent (canicule 2003), la contribution des émissions anthropiques ne se démarque pas au sein du panache.

Natürlich kommt es nicht in Frage, die landwirtschaftlichen und die Waldflächen zu roden, damit weniger Ozon entsteht. Dennoch ist im Auge zu behalten, dass manche organische Verbindungen reaktionsfreudiger sind als andere.

In einigen Ländern wie beispielsweise in Kanada sind bereits Überlegungen zu den anzubauenden Sorten (Reaktionsfähigkeit und emittierter Stofffluss) im Gange. Dabei wird natürlich auch auf die Ozon-Sensitivität dieser Arten geachtet.

Die Ozonproduktion ist nur möglich, wenn VOC und NO_x gleichzeitig vorhanden sind. Ein Großteil der VOC können biogenen Ursprungs sein. Die NO_x hingegen, stammen abgesehen von außen her kommenden Transporten, vor allem aus anthropogenen Emissionen.

Abbildung 6.4-7 stellt dar, welche Spielräume es bei verschiedenen dynamischen Situationen zur Ozonverminderung gibt. Bei Südwest- oder Nordostwinden ist der Beitrag der anthropogenen Emissionen im Tal ähnlich hoch, wobei die Wirkung im Innern der Abluftfahne stärker ist. In Episoden mit intensiver photochemischer Belastung und fehlendem Wind (Hitzeperiode 2003) fällt der Beitrag der anthropogenen Emissionen innerhalb der Abluftfahne dagegen weniger ins Gewicht.



■ Illustration 6.4-7 :
Part des conditions de bord (bleu), des émissions biotiques (vert) et des émissions anthropiques locales (rouge), dans l'ozone pour trois situations dynamiques différentes

■ Abbildung 6.4-7:
Importierte Anteil (blau), der biogenen Emissionen, (grün), und der lokalen anthropogenen Emissionen (rot) an den Ozonwerten in drei verschiedenen dynamischen Situationen

6.5 Potentiel de formation d'ozone par ses différents précurseurs

Ozonbildungspotenzial aus verschiedenen Ozonvorläufersubstanzen

La modélisation Atmo-rhenA s'est intéressée de façon plus détaillée au potentiel de formation d'ozone par ses précurseurs.

En effet parmi les différents précurseurs de l'ozone, tous n'ont pas le même potentiel de formation et tous ne sont pas présents en quantités similaires.

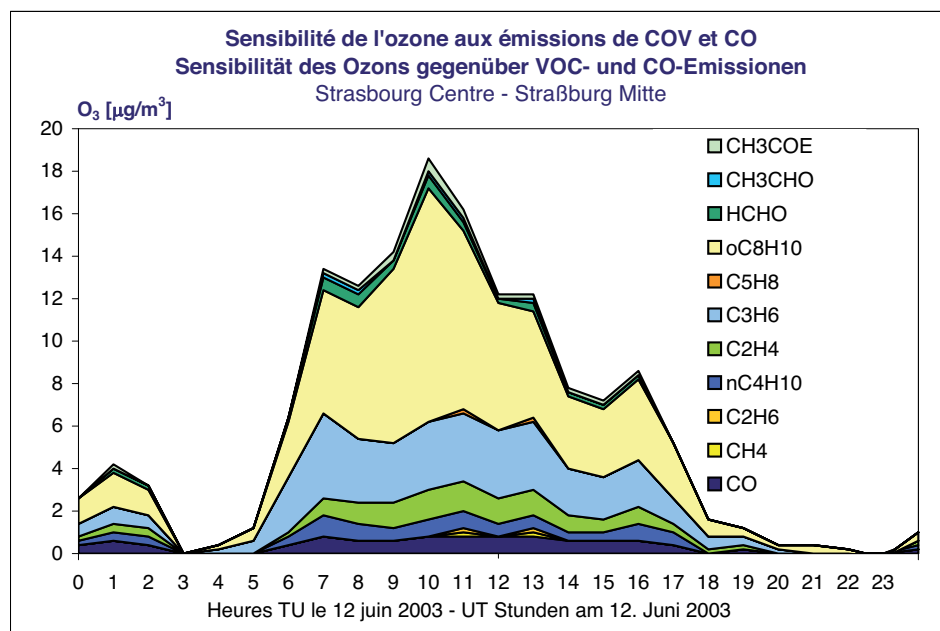
L'inventaire des émissions en lien avec la spéciation des COV est une des voies d'étude identifiant de façon générale les contributions à la formation d'ozone des différents COV par catégorie de source de pollution, pour une zone et selon le potentiel de création d'ozone photochimique (PCOP) de chaque COV.

La simulation différenciée est une autre voie avec l'avantage d'être adaptée à l'espace du Rhin supérieur (ASPA, 2006h) : elle étudie l'influence de chaque COV enlevé alternativement dans les émissions alimentant le modèle (illustration 6.5-1).

Die Modellierung Atmo-rhenA befasst sich sehr ausführlich mit dem Ozonbildungspotenzial der Vorläufersubstanzen. Das Ozonbildungspotenzial ist nicht bei allen Ozon-Vorläufersubstanzen gleich, und nicht alle Vorläufersubstanzen sind in vergleichbaren Mengen vorhanden.

Die in Verbindung mit der Spezifizierung der VOC durchgeführten Emissionserhebungen stellen einen Weg dar, allgemein zu bestimmen, welchen Beitrag die verschiedenen VOC nach Kategorien von Emissionsquellen in einem Gebiet und auf Grund des photochemischen ozonbildenden Potenzials (PCOP) jedes einzelnen VOC leisten.

Ein anderer Weg besteht in einer differenzierten Simulation. Sie hat den Vorteil, dass sie auf das Oberrheingebiet angepasst durchgeführt werden kann (ASPA, 2006h): der Einfluss eines jeden VOC wurde untersucht, indem jedes VOC nacheinander aus den in das Modell eingeflossenen Emissionen herausgenommen wurde (Abbildung 6.5-1).



■ Illustration 6.5-1 :

Sensibilité des valeurs d'ozone aux émissions anthropiques de COV et de CO à Strasbourg Centre (CH₃COE : méthyle éthyle cétone, CH₃CHO : acétaldéhyde, HCHO : formaldéhyde, o-C₈H₁₀ : ortho-xylène, C₅H₈ : isoprène, C₃H₆ : propylène, C₂H₄ : éthylène, nC₄H₁₀ : n-butane, C₂H₆ : éthane, CH₄ : méthane, CO : monoxyde de carbone).

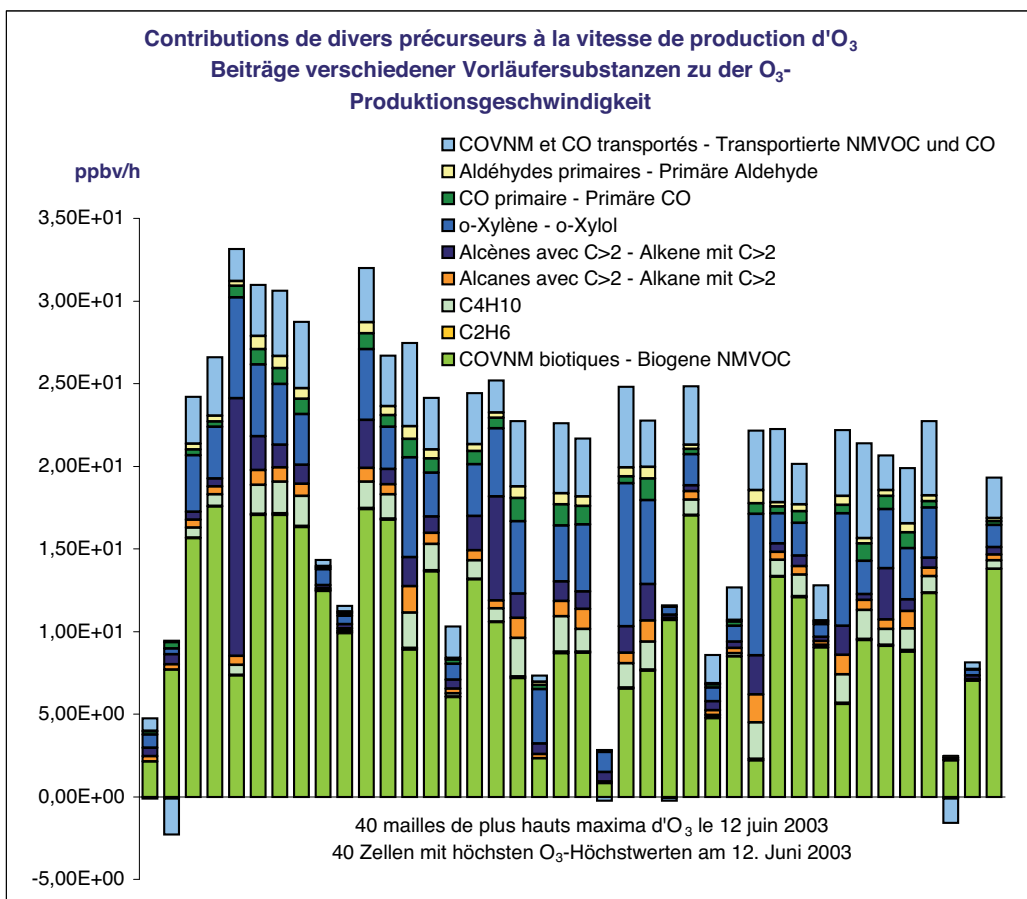
■ Abbildung 6.5-1:

Sensibilität der Ozonwerte auf anthropogene VOC- und CO-Emissionen in Straßburg-Mitte (CH₃COE : Methyl Ethyl-Aceton, CH₃CHO : Acetaldehyd, HCHO : Formaldehyd, o-C₈H₁₀ : Ortho-Xylen, C₅H₈ : Isopren, C₃H₆ : Propen, C₂H₄ : Ethen, nC₄H₁₀ : n-Butan, C₂H₆ : Ethan, CH₄ : Methan, CO : Kohlenmonoxid).

6.5

Une troisième méthode permettant d'affiner les résultats a été employée par le Laboratoire Inter-Universitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA, 2007) (illustration 6.5-2) : il s'agit d'inclure des traceurs réactifs dans le mécanisme de dégradation des COV, ce qui permet de suivre l'évolution d'un composé, de ses produits et sous-produits, jusqu'aux molécules d'ozone produites. Concernant les concentrations d'ozone les conclusions sont similaires, à savoir que les composés aromatiques locaux font pratiquement jeu égal avec les biotiques, et que les composés provenant de l'extérieur du domaine ont également un fort potentiel de création d'ozone. Concernant les vitesses de production d'ozone, sur les valeurs calculées de 30 ppbv/h, environ 10 à 20 ppbv/h selon le lieu, sont imputables aux émissions anthropiques locales.

Mit einer dritten Methode können die Ergebnisse des „Laboratoire Inter-Universitaire des Systèmes Atmosphériques“ (LISA, 2007) LISA verfeinert werden (Abbildung 6.5-2): die reaktiven Indikatoren werden dem Mechanismus des VOC-Abbaus hinzugefügt. Dadurch kann die Entwicklung eines Stoffes, seiner Produkte und Nebenprodukte bis zu den gebildeten Ozonmolekülen verfolgt werden. Für die Ozonkonzentrationen sind die Schlussfolgerungen ähnlich: die lokalen aromatischen Stoffe sind mit den biogenen Stoffen fast gleichwertig, und die von außerhalb des Gebietes kommenden Stoffe haben auch eine hohe Fähigkeit zur Ozonbildung. Die Ozonproduktionsgeschwindigkeit mit Werten von 30 ppbv/h und ungefähr 10 bis 20 ppbv/h je nach Standpunkt sind den lokalen anthropogenen Emissionen zuzurechnen.



■ Illustration 6.5-2 :
Contributions de divers précurseurs à la vitesse de production d'ozone

■ Abbildung 6.5-2:
Beiträge verschiedener Vorläufersubstanzen zu der Ozon-Produktionsgeschwindigkeit

6.6 Conclusion Schlussfolgerung

La plate-forme Atmo-rhenA a ainsi permis d'appréhender les phénomènes qui gouvernent les niveaux d'ozone rencontrés sur la vallée du Rhin supérieur.

La sensibilité du Rhin supérieur aux émissions locales du couloir rhénan et le fait que les zones d'outre Vosges à l'Ouest et d'outre Forêt-Noire à l'Est soient peu affectées par la réduction des émissions locales du Rhin supérieur, montrent l'unité photochimique de cet espace géographique.

L'utilisation de la modélisation pour appréhender les déterminants de l'ozone dans le Rhin supérieur a mis en évidence des marges plus ou moins grandes selon les zones pour espérer obtenir une minoration de l'ozone à partir d'actions locales de réductions de ses précurseurs. A vocation de démonstration, les hypothèses, comme l'application d'un pourcentage de réduction sur l'ensemble de la zone ou encore l'absence de toutes émissions dans le Rhin supérieur, étaient somme toute fictives et donc volontairement irréalistes.

Dans la réalité, les actions mises en œuvre se traduisent pour les précurseurs de l'ozone par des pourcentages de réduction différents sur l'une ou l'autre zone du territoire selon les catégories et densités des sources de pollution concernées.

Un aspect innovant de ce projet Atmo-rhenA a été justement de se doter d'outils pour développer des modules d'inventaire d'émissions qui facilitent la construction de scénarios d'émissions basés sur des hypothèses réalistes. Ainsi, les champs de pollution pour différentes hypothèses de réduction des émissions ont été simulés via la plate-forme Atmo-rhenA. Les résultats détaillés font l'objet de la partie suivante.

Die Plattform Atmo-rhenA hat die Erfassung der Phänomene ermöglicht, welche die Ozonniveaus im Oberrheingebiet bestimmen.

Die Empfindlichkeit des Oberrheingebiets auf lokale Emissionen im Rheingraben und die Tatsache, dass die Verringerung der lokalen Emissionen im Oberrheingebiet die Zonen jenseits der Vogesen im Westen und jenseits des Schwarzwalds im Osten wenig beeinflusst, zeigt, dass dieses Gebiet eine photochemische Einheit darstellt.

Die durchgeführten Simulationen zur Ermittlung der für die Ozonbildung im Oberrheingebiet ausschlaggebenden Faktoren haben gezeigt, wie in den einzelnen Zonen die Bandbreite für die erhoffte Ozonverminderung durch lokale Aktionen zur Verminderung der Ozonvorläufersubstanzen ist. Die für den Nachweis verwendeten Hypothesen, die Anwendung einer einheitlichen prozentualen Reduzierung auf das gesamte Untersuchungsgebiet sowie das völlige Fehlen von Emissionen im Oberrheingebiet waren allesamt fiktiv und daher absichtlich unrealistisch. In Wirklichkeit wirken sich die durchgeführten Maßnahmen dergestalt auf die Ozonvorläufersubstanzen aus, dass in den einzelnen Zonen des untersuchten Gebiets verschiedene prozentuale Absenkungen erreicht werden, je nachdem, welcher Kategorie die jeweiligen Schadstoffquellen angehören und wie dicht sie sind.

Innovativ war am Projekt Atmo-rhenA unter anderem, dass erstmals ein Werkzeug zur Verfügung stand für die Entwicklung von Emissionserhebungsmodulen, welche die Erstellung von Emissionsszenarien aufgrund von realistischen Hypothesen ermöglichen. Dadurch konnten die Belastungszonen mit Hilfe der Plattform Atmo-rhenA für verschiedene Hypothesen Emissionsreduzierung simuliert werden. Die ausführlichen Ergebnisse werden im nächsten Teil behandelt.

6.6

**Premières simulations de l'impact de mesures
d'urgence et d'actions à long terme sur les
pics d'ozone dans le Rhin supérieur**

**Erste Simulationen der Wirkung von
Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen
auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet**



7

Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur

Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet

7.1

Introduction Einleitung

Les phénomènes de pollution atmosphérique affectant la vallée du Rhin supérieur ont considérablement évolué au cours des dernières décennies. La pollution d'abord très largement industrielle et fortement soufrée a laissé peu à peu la place à l'émergence de phénomènes de pollution atmosphérique plus variés : pollution urbaine en particules en suspension et en oxydes d'azote due aux transports, pollution photochimique dont l'ozone, sous les panaches des agglomérations et dans les zones rurales.

Ces évolutions, tant en nature qu'en intensité de pollution, ont induit des évolutions profondes dans la surveillance de la pollution atmosphérique et dans les actions mises en œuvre pour en réduire les effets. Précédemment centré sur les sources industrielles, l'arsenal réglementaire, autant pour la gestion des niveaux de pollution sur le long terme que pour la gestion des pics de pollution, a évolué radicalement pour se concentrer largement aujourd'hui sur le transport routier, sans négliger bien entendu les autres sources que sont les industries mais également le secteur résidentiel.

Les autorités en charge de la gestion de la qualité de l'air sont alors en droit de s'interroger sur l'efficacité des actions mises en œuvre et cela d'autant plus pour l'ozone, polluant secondaire dont la diminution recherchée n'est pas proportionnelle aux actions de réduction des polluants précurseurs.

L'une des questions récurrentes concerne la pertinence de la mise en œuvre de mesures d'urgence lors de pics de pollution par l'ozone. Cette interrogation a redoublé d'intérêt dans l'espace du Rhin supérieur depuis l'épisode sans précédent de pollution par l'ozone pendant la canicule d'août 2003.

Die Luftbelastung im Oberrheingebiet hat sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Nachdem zunächst vorwiegend industriebedingte und sehr schwefelhaltige Belastungen vorlagen, ist die Luftbelastung mit der Zeit immer verschiedenartiger geworden: städtische Luftbelastung durch Schwebstaub und Stickstoffoxide aus dem Verkehr, photochemische Luftbelastung unter anderem durch Ozon in den Abluffahnen der Ballungsräume und in ländlichen Gebieten.

In dem Maße wie Art und Intensität der Luftbelastung sich geändert haben, änderten sich auch die Überwachung der Luftqualität und die Maßnahmen zur Bekämpfung ihrer Folgen. Anfangs waren die gesetzlichen Regelungen auf industrielle Quellen konzentriert. Ihr Schwerpunkt verschob sich aber bald auf langfristige Maßnahmen und auf den Umgang mit Spitzenwerten und liegt heute hauptsächlich beim Straßenverkehr, wobei die übrigen Quellen, also die Industrie und die Haushalte, nicht vernachlässigt werden.

Die für die Überwachung der Luftqualität zuständigen Behörden stellen sich zurecht die Frage, wie wirksam ihre Maßnahmen sind. Dies gilt insbesondere für den Sekundärschadstoff Ozon, dessen Reduzierung überproportionale Maßnahmen zur Verringerung der Vorläuferschadstoffe erfordert.

So stellt sich beispielsweise immer wieder die Frage, wie sinnvoll die Sofortmaßnahmen sind, die bei Ozonspitzenwerten ergriffen werden. Diese Frage hat im Oberrheingebiet insbesondere nach der Hitzeperiode im August 2003 und den dabei aufgetretenen hohen Ozonspitzenwerten mehr und mehr an Bedeutung gewonnen.

Eine andere, noch stärker zukunftsgerichtete Fragestellung gilt den Auswirkungen der langfristigen Maßnahmen, wie die lokalen, nationalen und europäischen Vorschriften sie vorsehen, insbesondere der durch das Programm CAFE (Clean Air for Europe) lancierten thematischen Strategie.

Une autre interrogation plus prospective porte sur la répercussion des politiques à long terme issues des réglementations aussi bien locales, nationales qu'européennes, et notamment la stratégie thématique européenne issue du programme CAFE (Clean Air for Europe).

Deux des aspects innovants de ce projet Atmo-rhenA ont été justement de donner des outils pour apporter des réponses à ces besoins d'évaluation de par :

- La mise en place et l'adaptation au domaine d'étude du système Atmo-rhenA simulant les champs de pollution pour chacune des hypothèses de réduction des émissions.
- Le développement de modules d'inventaire d'émissions qui facilitent la construction des scénarios d'émissions en amont des simulations.

En continuité avec la mise au point du modèle dans l'espace du Rhin supérieur à travers la campagne de mesure de juin 2003, ce chapitre 7 présente ensuite, les simulations comparées d'un épisode de la campagne de mesure (décrit au chapitre 5) en fonction de scénarios d'émissions établis à cet effet. Il s'agit d'un scénario de mesures d'urgence et de scénarios d'émissions issus d'actions plus ou moins radicales sur le long terme.

Les enseignements issus de ces simulations sont à circonscrire dans les limites des conditions d'application du modèle à savoir pour des situations particulières. Ils contiennent toutefois déjà en eux-mêmes des éléments généraux d'aide à la décision pour toute situation d'élévation des taux d'ozone dans l'espace du Rhin supérieur.

Pour une meilleure prise en compte des phénomènes transfrontaliers de pollution, il est rappelé que les inventaires et cadastres des émissions ainsi que la zone d'étude de l'impact sur la pollution de l'air intègrent au Nord, au-delà de l'espace de la Conférence du Rhin supérieur, une zone qui, en Bade-Wurtemberg et en Palatinat, va jusqu'à la conurbation, Mannheim-Ludwigshafen.

La simulation de scénarios (ASPA, 2006i), aux incertitudes près liées à toute modélisation et prospective, réalisée dans le cadre de ce projet Atmo-rhenA comporte deux volets à savoir évaluer :

- d'une part l'efficacité de mesures d'urgence à court terme en cas de pics de pollution (basées sur les trois niveaux d'action de la législation française),
- et d'autre part la répercussion des politiques d'amélioration de la qualité de l'air sur le long terme (horizon 2020- scénarios issus du programme européen « CAFE » Clean Air For Europe).

Innovatif war am Projekt Atmo-rhenA unter anderem, dass erstmals ein Werkzeug zur Verfügung stand mit dem dem Evaluierungsbedarf in zweierlei Hinsicht entsprochen werden konnte:

- Das System Atmo-rhenA wurde an das Untersuchungsgebiet angepasst; es gestattet die Simulation von Luftbelastungsszenarien für jede einzelne Maßnahme zur Emissionsreduzierung.
- Für das System Atmo-rhenA wurden Emissionserhebungsmodule entwickelt, die die Erarbeitung von Emissionsszenarien erleichtern, die den Simulationen vorgeschaltet sind.

Im Anschluss an die Erarbeitung eines Modells für das Oberrheingebiet und auf Basis der im Juni 2003 durchgeführten Messkampagne (siehe Kapitel 5) werden im 7. Kapitel die Simulationen der einschlägigen Emissionsszenarien erläutert: eines Sofortmaßnahmenzenarios und mehrerer Emissionsszenarien aufgrund mehr oder weniger umfangreicher Langfristmaßnahmen.

Die Erkenntnisse aus diesen Simulationen sind auf die Anwendungsbedingungen des Modells begrenzt, d.h. auf Episoden mit hohen Ozonwerten. Sie beinhalten jedoch allgemeine Elemente, die bei jedweder Höhe der Ozonwerte im Oberrheingebiet als Entscheidungshilfe herangezogen werden können.

Im Hinblick auf eine weitergehende Betrachtung grenzüberschreitender Luftbelastung sei daran erinnert, dass die Emissionserhebungen und -kataster sowie das Gebiet, für das die Auswirkungen auf die Luftqualität untersucht wurden, im Norden über das Gebiet der Oberrheinkonferenz hinausreichen und sich bis in den Ballungsraum Mannheim-Ludwigshafen erstrecken.

Die Simulation von Szenarien (ASPA 2006i) ist natürlich mit Unsicherheiten behaftet, die jeder Modellierung und vorausschauenden Planung zueigen sind. Die Simulation umfasst im Rahmen des Projekts Atmo-rhenA zwei Fälle: Sie soll

- erstens die Wirksamkeit kurzfristiger Sofortmaßnahmen bei erhöhten Schadstoffwerten (auf der Grundlage der drei Aktionsstufen der französischen Gesetzgebung) und
- zweitens die langfristigen Auswirkungen politischer Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität (bis zum Jahr 2020 – Szenarien aus dem europäischen Programm « CAFE » Clean Air For Europe).

beurteilen helfen.

7.1

Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur
Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet

7.2 Court terme : impact des mesures d'urgence

Kurzfristige Szenarien: Sofortmaßnahmen und ihre Wirkung

On bénéficie de peu de retours d'expérience sur l'application des mesures d'urgence visant à ne pas dépasser un seuil de recommandation ou d'alerte. Or, leur mise en œuvre est coûteuse et mérite d'être évaluée, ce que la modélisation permet.

Zur Auswirkung geplanter Sofortmaßnahmen, mit denen erreicht werden soll, dass empfohlene Schwellenwerte oder Warnschwellen nicht überschritten werden, gibt es nur wenig Erfahrungswerte. Mit Hilfe der Modellierung ist eine Abschätzung der Auswirkungen möglich.

7.2.a Scénarios d'émissions

En l'absence de réglementation allemande ou suisse, le scénario étudié de mesures d'urgence est basé sur la réglementation française et notamment les circulaires ministérielles d'application du 18 juin et 30 juillet 2004 (MEDD, 2004) qui comportent une riposte graduée en trois niveaux selon que les dépassements atteignent pour l'ozone $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3h), $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h) ou $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h).

Le **premier niveau** exige des réductions des vitesses maximales autorisées, des plans d'actions individualisés pour des sources industrielles et l'interdiction d'outils d'entretien extérieur polluants ainsi que de produits à base de solvants.

Le **second niveau** rajoute la limitation des transports routiers de transit et renforce les plans d'actions industrielles.

Le **troisième niveau** rajoute la restriction de circulation de certains véhicules (interdiction de circulation pour les voitures particulières âgées et circulation alternée).

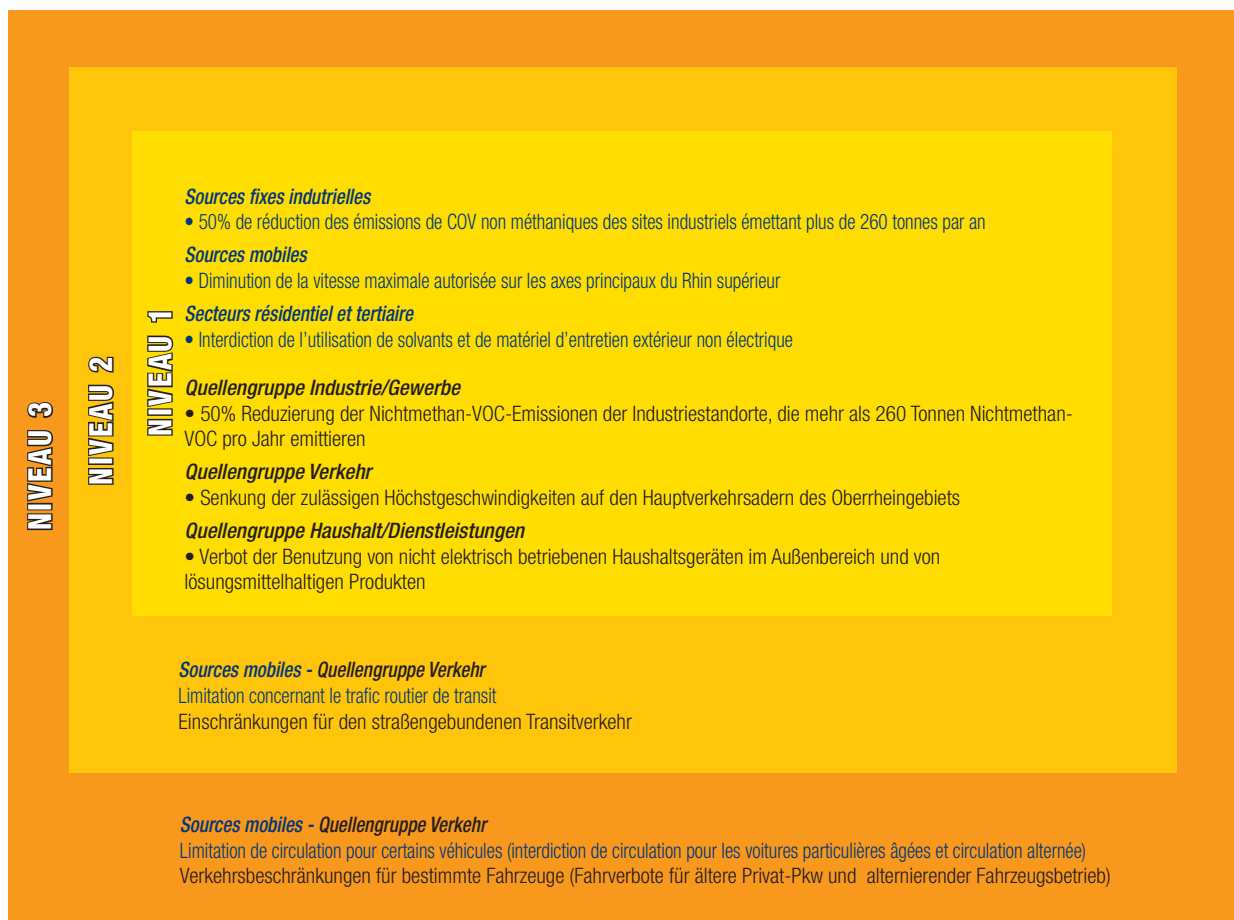
7.2.a Emissionsszenarien

Da es in Deutschland und der Schweiz gesetzliche Vorschriften für Sofortmaßnahmen nicht gibt, geht das untersuchte Szenario für Sofortmaßnahmen von den in Frankreich geltenden Vorschriften und dort insbesondere von den Ministerialdurchführungserlassen vom 18. Juni und vom 30. Juli 2004 aus (MEDD 2004). Sie sehen eine dreistufige Reaktion vor, je nachdem, ob die Ozonkonzentration die Schwellenwerte von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3h), $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h) beziehungsweise $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h) überschreitet.

Auf der **ersten Stufe** sind die Senkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, individuelle Aktionspläne für industrielle Quellen und das Verbot von Haushaltsgeräten im Außenbereich und von Lösungsmittelhaltigen Produkten vorgeschrieben.

Auf der **zweiten Stufe** kommen zusätzlich Einschränkungen für den straßengebundenen Transitverkehr und verschärfte Aktionspläne für die Industrie hinzu.

Auf der **dritten Ebene** sind zusätzlich Verkehrsbeschränkungen für bestimmte Fahrzeuge (Fahrverbote für ältere Privat-PKW und alternierender Fahrzeugbetrieb) vorgeschrieben.



7.2

Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur
Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet

■ Illustration 7.2-1 :
Description des trois niveaux de mesures d'urgence

■ Abbildung 7.2-1:
Beschreibung der drei Stufen von Sofortmaßnahmen

Pour le niveau 1, les évolutions sont les suivantes :

Sources fixes industrielles

La réduction des émissions industrielles est fixée à 50% des émissions de COVNM (COV non méthaniques) pour tous les sites industriels émettant plus de 260 tonnes de COVNM.

Sources mobiles

La réduction des vitesses maximales autorisées est de 20 km/h.

Selon la zone géographique d'application, cette mesure a plus ou moins d'impact sur les émissions globales du secteur.

Appliquée sur l'ensemble des axes principaux du Rhin supérieur, cette mesure conduit à des réductions relativement faibles (voire une légère augmentation pour deux polluants) pour les émissions du trafic routier (tableau 7.2-1).

Niveau 1 sieht folgende Entwicklungen vor :

Quellengruppe Industrie/Gewerbe

Reduzierung der industrieverursachten NMVOC-Emissionen an allen Industriestandorten, die mehr als 260 Tonnen NMVOC emittieren.

Quellengruppe Verkehr

Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten um 20 km/h.

Diese Maßnahme kann die Gesamtemissionen des betreffenden Sektors mehr oder weniger stark beeinflussen.

Auf sämtliche Hauptverkehrsadern des Oberrheingebiets angewendet, bewirkt diese Maßnahme relativ niedrige Verminderungen der Emissionen aus dem Straßenverkehr (und sogar eine Zunahme für zwei Schadstoffe) (Tabelle 7.2-1).

-20 km/h sur les axes principaux du Rhin supérieur -20 km/h auf den Hauptverkehrsadern des Oberrheingebiets	NO _x	COV - VOC	PM10	CO	CO ₂
Réduction en % d'émissions du trafic routier total Verminderung in % der Emissionen aus dem Gesamtstraßenverkehr	-2%	+1%	-2%	-3%	-2%

■ Tableau 7.2-1 :

Impact de la réduction des vitesses maximales autorisées de 20 km/h sur les précurseurs de l'ozone

■ Tabelle 7.2-1:

Einfluss der Geschwindigkeitsbegrenzung um 20 km/h auf die Ozonvorläufersubstanzen

Une modélisation avec une limitation de vitesse encore plus sévère (baisse de 40 km/h sur les axes rapides) a été réalisée (tableau 7.2-2 et illustration 7.2-2).

Eine Modellierung mit einer noch strengeren Geschwindigkeitsbegrenzung (Absenkung um 40 km/h auf den schnellen Verkehrsachsen) wurde realisiert (Tabelle 7.2-2 und Abbildung 7.2-2).

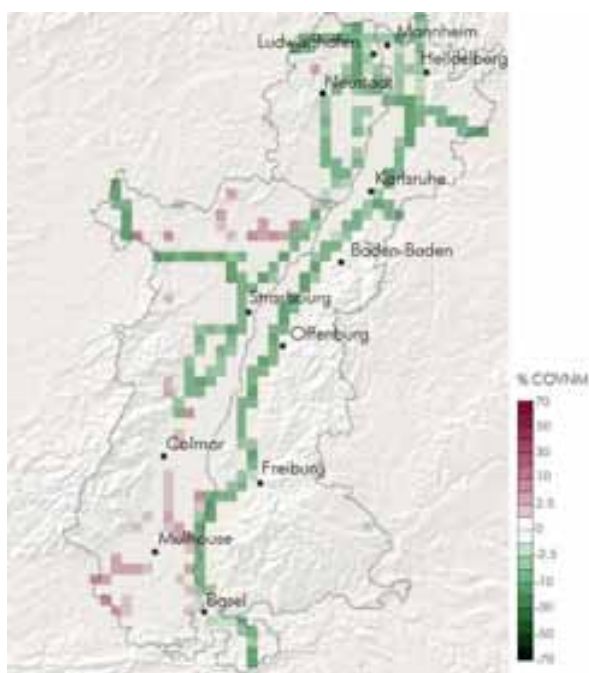
-40 km/h sur les axes rapides du Rhin supérieur -40 km/h auf den Schnellverkehrsadern des Oberrheingebiets	NO _x	COV - VOC	PM10	CO	CO ₂
Réduction en % d'émissions du trafic routier total Verminderung in % der Emissionen aus dem Gesamtstraßenverkehr	-11%	-1%	-11%	-6%	-10%

■ Tableau 7.2-2 :

Impact de la réduction des vitesses maximales autorisées de 40 km/h sur les précurseurs de l'ozone

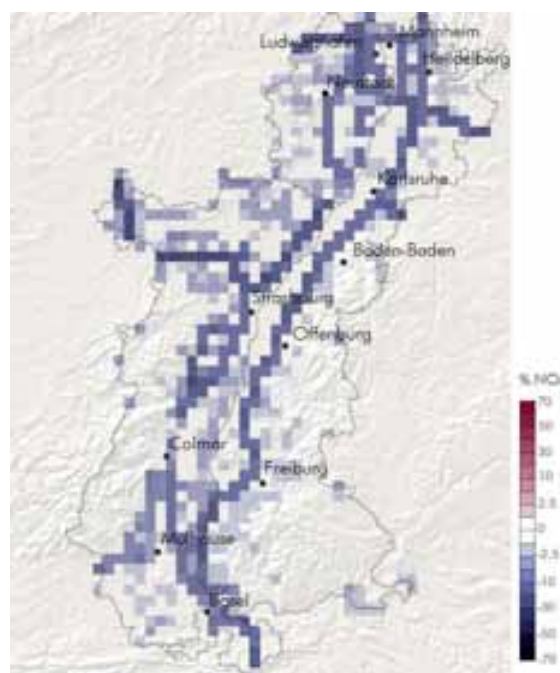
■ Tabelle 7.2-2:

Einfluss der Geschwindigkeitsbegrenzung um 40 km/h auf die Ozonvorläufersubstanzen



■ Illustration 7.2-2 :

Variation des émissions de COV (à gauche) et de NO_x (à droite) avec l'application de -40 km/h sur les axes rapides du Rhin supérieur (pour un jour ouvré type du mois de juin)



■ Abbildung 7.2-2:

Änderung der Emissionen von VOC (links) und NO_x (rechts) bei Verringerung der Höchstgeschwindigkeit um 40 km/h auf den Schnellverkehrsadern des Oberrheingebiets (im Bezug auf einen typischen Werktag im Juni)

Sources résidentielles et tertiaires

L'interdiction de l'usage d'outils d'entretien extérieur non électriques et de produits à base de solvants se traduit par une mise à zéro des émissions de COV de l'inventaire pour les activités correspondantes.

Globalement, cela correspond à une part de réduction des COV (végétation comprise) de 3% sur l'ensemble de la zone et de 17% dans les grandes agglomérations (12 villes).

Au regard du faible impact sur les émissions, le niveau 1 n'a pas fait l'objet de simulation.

Pour le niveau 2, la limitation des transports poids lourds de transit a été évaluée en fonction des données de l'étude plurimodale du groupe des experts «Transports» (DRE Alsace, 2003). Cela conduit à diminuer de 52% le nombre de kilomètres des poids lourds et induit une réduction supplémentaire de 8% pour les NO_x et de 4% pour les COV (tableau 7.2-3 et illustration 7.2-3). Cette mesure apparaît toutefois comme difficilement applicable dans le Rhin supérieur en raison de l'absence d'itinéraires de substitution et d'espaces suffisants de parage transitoire d'autant de véhicules.

Quellengruppe Haushalt und Dienstleistungen

Das Verbot der Benutzung von verunreinigungsträchtigen nicht elektrisch betriebenen Haushaltsgeräten im Außenbereich und von Lösungsmittelhaltigen Produkten hat zur Folge, dass die Emissionen in der Erhebung für die entsprechenden Aktivitäten auf Null sinken.

Insgesamt entspricht das einem Verminderungsanteil der VOC (mit eingeschlossener Vegetation) von 3% bezogen auf das gesamte Gebiet und von 17% bezogen auf die 12 großen Städten.

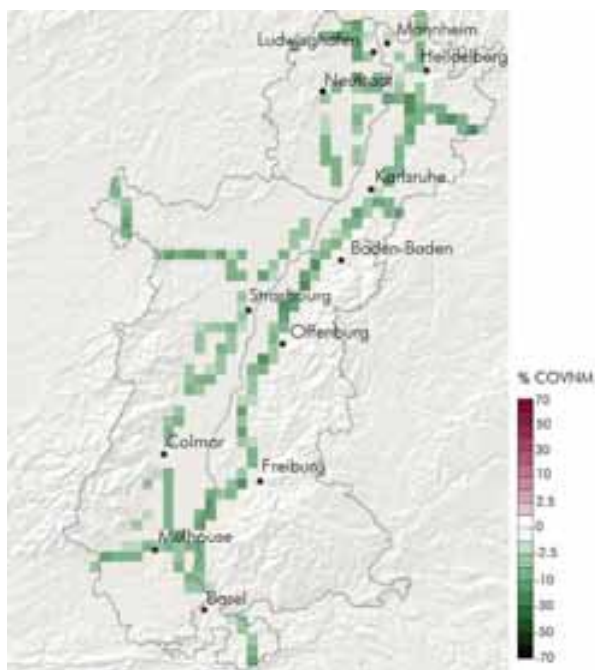
Auf Grund des niedrigen Einflusses auf die Emissionen wurde keine Simulation mit dem Niveau 1 durchgeführt.

Bei Niveau 2 wurde die Einschränkung des Straßen- und Transitverkehrs nach Maßgabe der Daten aus der verkehrsträgerübergreifenden Untersuchung des Expertenausschusses « Verkehr » bewertet (DRE Alsace, 2003). Daraus ergibt sich im Bereich Straßenverkehr eine Reduzierung der Kilometeranzahl um 52% und eine zusätzliche Verminderung des NO_x um 8% und der VOC um 4% (Tabelle 7.2-3 und Abbildung 7.2-3). Diese Maßnahme erscheint im Oberrheingebiet jedoch schwer durchsetzbar, weil es weder Ausweichstrecken noch genug Platz für Übergangsparkflächen für so viele Fahrzeuge gibt.

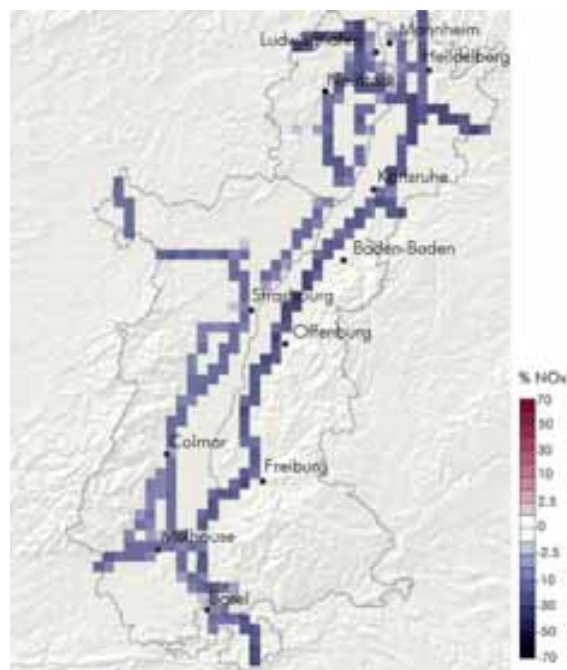
Routes principales sans trafic de transit Hauptzubringerachsen ohne Transitverkehr	NO _x	COV - VOC	PM10	CO	CO ₂
Réduction en % d'émissions du trafic routier total Verminderung in % der Emissionen aus dem Gesamtstraßenverkehr	-11%	-1%	-11%	-6%	-10%
Réduction en % d'émissions tous secteurs confondus Verminderung in % der Emissionen aus allen Bereichen	-6%	-1%	-4%	-1%	-2%

■ Tableau 7.2-3 :
Impact de la limitation des transports poids lourds de transit sur les précurseurs de l'ozone

■ Tabelle 7.2-3:
Einfluss der Einschränkung des Transitverkehrs auf die Ozonvorläufersubstanzen



■ Illustration 7.2-3 :
Variation des émissions de COV (à gauche) et de NO_x (à droite) avec l'application des routes principales sans trafic de transit (pour un jour ouvré type du mois de juin)



■ Abbildung 7.2-3:
Änderung der Emissionen von VOC- (links) und NO_x (rechts) mit zusätzlichen Maßnahmen auf den Hauptzubringerachsen ohne Transitverkehr (im Bezug auf einen typischen Werktag im Juni)

Pour le niveau 3, la restriction de circulation de certaines catégories de véhicules correspond à l'interdiction de toutes les automobiles d'avant 1993 (essence) et 1998 (diesel). A noter que la circulaire du 30 juillet 2004 évoque même l'interdiction de circuler pour toutes les voitures dont la date de 1^{ère} immatriculation est antérieure au 1^{er} octobre 1998, induisant des réductions des émissions encore plus importantes (non pris en compte dans cette étude). Les automobiles les plus récentes sont quant à elles soumises à la circulation alternée. Les automobiles hybrides, électriques, fonctionnant au GNV ou GPL sont autorisées à circuler.

Cette mesure d'urgence a été appliquée en simulation aux 12 villes du Rhin supérieur de plus de 50 000 habitants, car il est difficilement envisageable de l'organiser sur l'ensemble du territoire.

Une étude menée à Strasbourg et élargie aux 12 villes concernées du Rhin supérieur a estimé que la baisse en précurseurs d'ozone liée à l'application de la circulation alternée correspondrait dans ces villes à une diminution, pour le trafic routier, de 42% pour les oxydes d'azote et de 70% pour les COV (sans l'appliquer à la part de l'évaporation). Rapporté aux 12 villes, cela ne correspond globalement qu'à une réduction de 14% de l'ensemble des NO_x et de 16% de l'ensemble des COV (tableau 7.2-4).

Bei Niveau 3 trifft die Verkehrseinschränkung bestimmte Fahrzeugkategorien gleichbedeutend mit sämtlichen Fahrzeugen mit Baujahr vor 1993 (Benzin) beziehungsweise vor 1998 (Diesel). Der Runderlass vom 30. Juli 2004 erwähnt sogar, dass ein Fahrverbot für alle Fahrzeuge, die vor dem 1. Oktober 1998 zugelassen wurden, weitere und noch größere Emissionsverminderungen erbrächte. Für Fahrzeuge jüngeren Baujahrs gelten alternierende Fahrverbote. Für Fahrzeugem mit Hybridantrieb, Elektroautos und Fahrzeuge mit Erdgas oder Flüssiggasantrieb sind keine Fahrverbote vorgesehen.

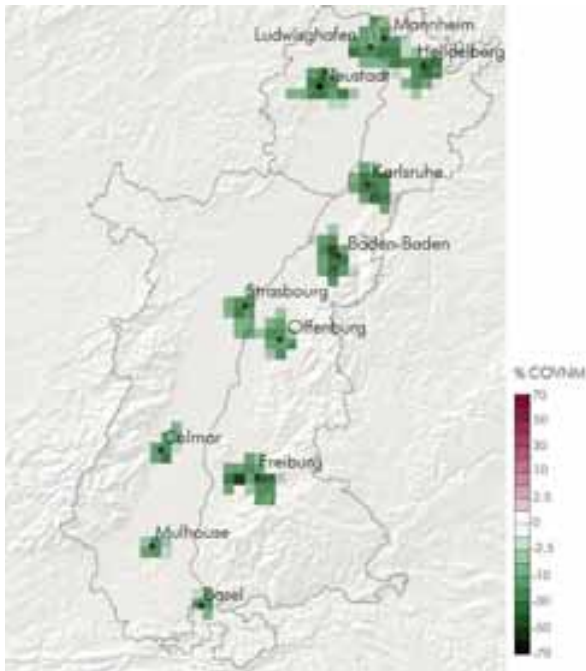
Diese Sofortmaßnahmen wurden mittels Simulation auf die 12 Städte des Oberrheingebiets mit mehr als 50.000 Einwohnern angewandt; eine Ausdehnung auf das gesamte Oberrheingebiet ist kaum vorstellbar.

Eine in Straßburg durchgeführte und auf die 12 betroffenen Städte des Oberrheingebiets ausgedehnte Untersuchung geht davon aus, dass die Abnahme der Ozonvorläufersubstanzen infolge des alternierenden Fahrzeugbetriebs in diesen Städten im Bereich Straßenverkehr zu einer Absenkung der Stickoxide um schätzungsweise 42% und der VOC (ohne Verdunstungsanteil) um schätzungsweise 70% führen würde. Auf die Gesamtemissionen der 12 Städte übertragen entspricht dies einer Senkung der Gesamt-NO_x um nur 14% und der Gesamt-VOC um 16% (Tabelle 7.2-4).

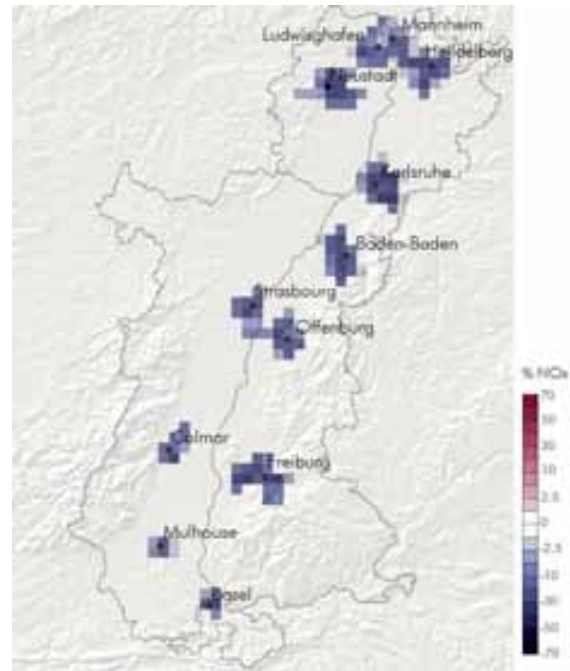
Restriction de circulation dans 12 villes du Rhin supérieur Verkehrseinschränkung in den 12 größten Städten des Oberrheingebiets	NO _x	COV - VOC	PM10	CO	CO ₂
Réduction en % des émissions du trafic routier des 12 villes Verminderung in % der Emissionen aus dem Gesamtstraßenverkehr der 12 Städte	-42%	-70%	-46%	-75%	-39%
Réduction en % des émissions totales des 12 villes Verminderung in % der Gesamtemissionen der 12 Städte	-14%	-16%	-14%	-48%	-6%

■ Tableau 7.2-4 :
Baisse en précurseurs d'ozone liée à l'application de la circulation alternée

■ Tabelle 7.2-4:
Einfluss des alternierenden Fahrzeugbetriebs auf die Ozonvorläufersubstanzen



■ Illustration 7.2-4 :
Variation des émissions de COV (à gauche) et de NO_x (à droite) avec l'application de la restriction de circulation dans les 12 villes (pour un jour ouvré type du mois de juin)



■ Abbildung 7.2-4:
Änderung der Emissionen von VOC (links) und NO_x (rechts) mit der Anwendung der Verkehrseinschränkung in den 12 Städten (im Bezug auf einen typischen Werktag im Juni)

7.2

Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur
Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet

Pour les simulations, les émissions d'un scénario dit «mesures d'urgence», intégrant les mesures maintenues du niveau 1 pour les sources fixes et le résidentiel/tertiaire ainsi que la mesure spécifique aux sources mobiles du niveau 3 ont été quantifiées (tableau 7.2-5 et illustration 7.2-5). Les mesures conservées sont celles qui assurent une baisse réelle des émissions tout en restant applicables au niveau local. Cela correspond à une diminution des NO_x de 14% et des COV de 35% sur les 12 villes concernées.

Für die Simulationen wurden die Emissionen eines sogenannten Sofortmaßnahmen-szenarios berechnet unter Berücksichtigung der aufrechterhaltenen Maßnahmen des Niveau 1 für ortsfeste, haushalts- und dienstleistungsverursachte Quellen (Tabelle 7.2-5 und Abbildung 7.2-5). Die berücksichtigten Maßnahmen sind die, welche zu einer realen Absenkung der Emissionen führen und gleichzeitig auf lokaler Ebene durchführbar sind. Dabei handelt es sich um eine Konzentrationsabnahme der NO_x um 14% und die der VOC um 35% in den 12 Städten.



■ Illustration 7.2-5 :
Description du scénario «mesures d'urgence» modélisé

■ Abbildung 7.2-5:
Beschreibung des modellierten Szenarios „Sofortmaßnahmen“

Scénario «Mesures d'urgence» „Sofortmaßnahmen“ Szenario	NO _x	COV - VOC	PM10	CO
Réduction en % des émissions totales des 12 villes Verminderung in % der Gesamtemissionen der 12 Städte	-14%	-35%	-14%	-54%
Réduction en % des émissions totales du Rhin supérieur Verminderung in % der Gesamtemissionen des Oberrheingebiets	-4%	-18%	-4%	-19%

■ Tableau 7.2-5 :
Baisse en précurseurs d'ozone liée à l'application de la circulation alternée et des autres mesures maintenues du niveau N1 pour les sources fixes et le résidentiel/tertiaire

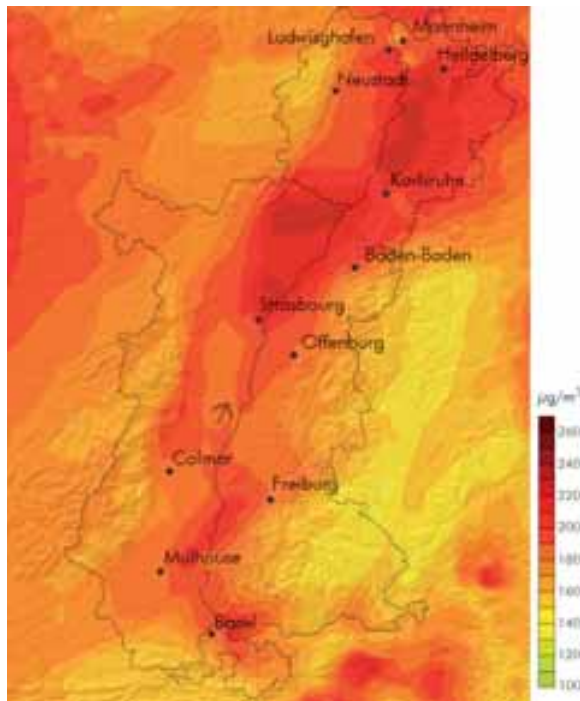
■ Tabelle 7.2-5:
Einfluss des alternierenden Fahrzeugbetriebs und anderer Maßnahmen des Niveaus 1 bei den Quellengruppen Industrie/Gewerbe und Haushalt/ Dienstleistungen auf die Ozonvorläufersubstanzen

7.2.b Impact sur les maxima d'ozone

L'illustration 7.2-7 montre la réduction du maximum horaire d'ozone qui aurait eu lieu le 12 juin 2003 si le scénario «mesures d'urgence» avait été appliqué.

Du fait que les mesures d'urgence soient principalement des réductions de trafic et donc des baisses d'émissions de NO_x , les régimes d'ozone correspondant engendrent une diminution d'ozone dans les zones périurbaines et rurales mais une légère augmentation globale dans les zones urbaines.

Les réductions maximales de l'ordre de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (7%) sont ainsi atteintes au cœur des panaches d'agglomération sous le vent des grandes zones d'émissions.



■ Illustration 7.2-6 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario «mesures d'urgence» pour le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.2-6:
Simulierte Ozonspitzenwerte bei Anwendung des Szenarios „Sofortmaßnahmen“ für den 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

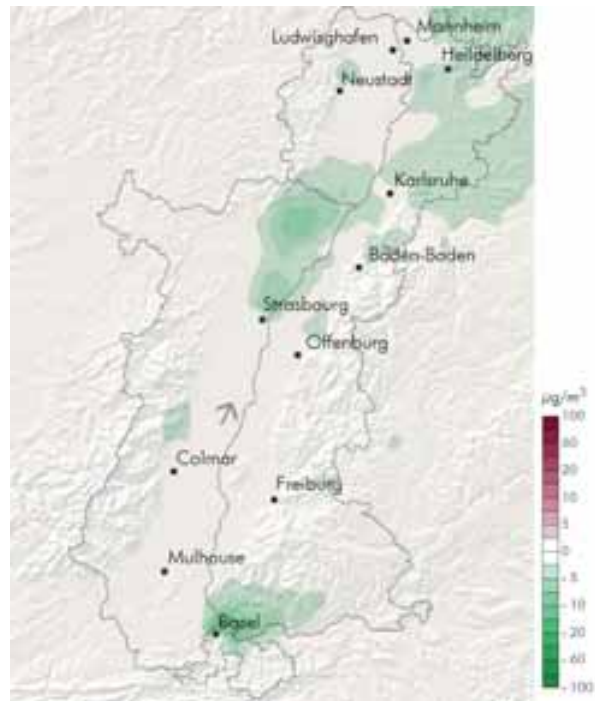
Des résultats équivalents sont obtenus sur la majorité des situations dynamiques typiques étudiées (vent de sud-ouest, de nord-est ou pas de vent, voir illustrations 7.2-8 à 7.2-13).

7.2.b Auswirkungen auf die Ozonspitzenwerte

Abbildung 7.2-7 zeigt die Abnahme des Stundenmaximums für Ozon wie sie am 12. Juni 2003 eingetreten wäre, wenn das „Sofortmaßnahmen“ Szenario umgesetzt worden wäre.

Da die Sofortmaßnahmen hauptsächlich in Verkehrsbeschränkungen und damit in geringeren NO_x -Emissionen bestehen, kommt es aufgrund der entsprechenden Ozonproduktionssysteme zu einer Verringerung der Ozonwerte in stadtnahen und in ländlichen Zonen bei gleichzeitiger leichter Gesamtzunahme in den städtischen Zonen.

Die größten Rückgänge um etwa $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (7%) werden im Kernbereich der Abluffahnen der Ballungsräume erreicht.



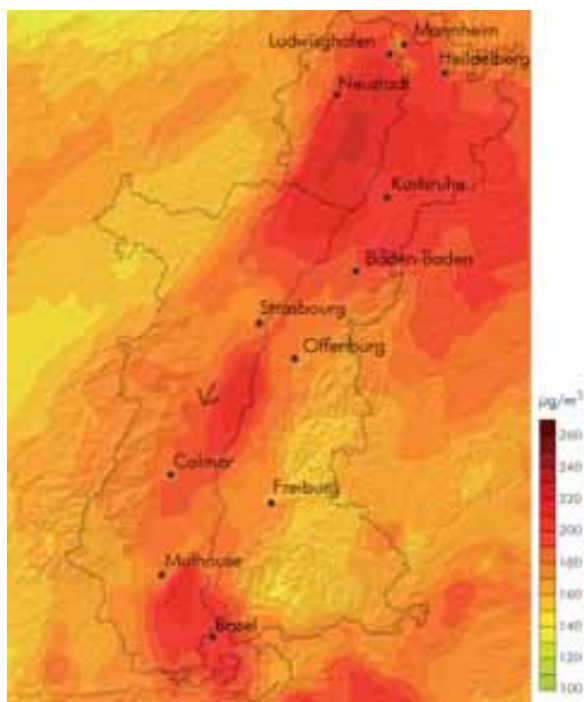
■ Illustration 7.2-7 :
Différence entre les maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario «mesures d'urgence» et dans le cas du scénario de base pour le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.2-7:
Differenz der simulierten Ozonspitzenwerte zwischen dem Szenario „Sofortmaßnahmen“ und dem Grundszenario für den 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Für die meisten untersuchten typischen Situationen (Südwestwind, Nordostwind oder Windstille, Abbildungen 7.2-8 bis 7.2-13) waren die Ergebnisse sehr ähnlich.

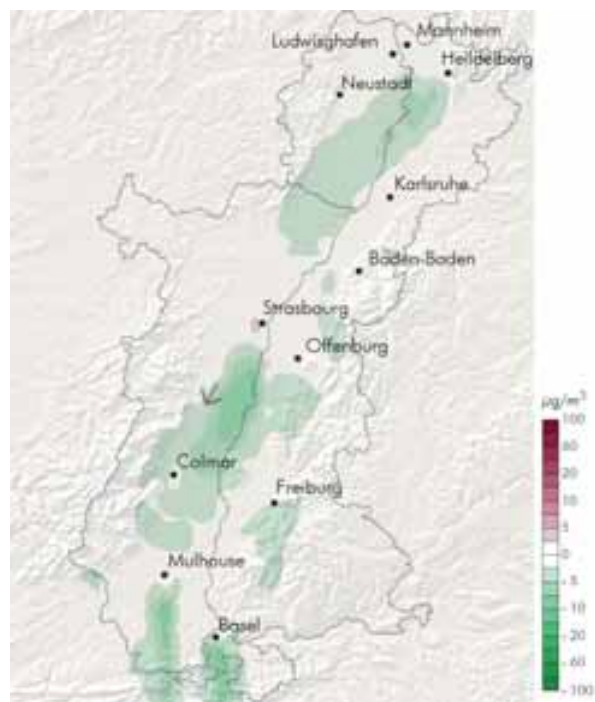
7.2

Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur
Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet



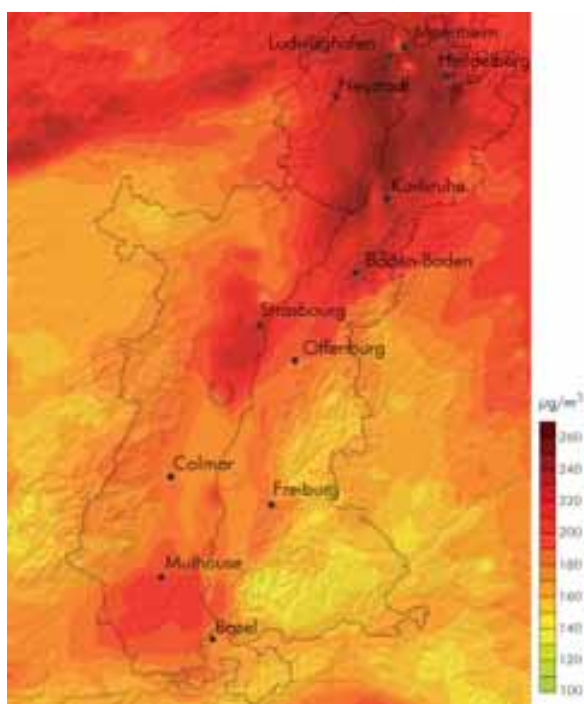
■ Illustration 7.2-8 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario « mesures d'urgence » pour le 13 juillet 2006 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.2-8:
Simulierte Ozonspitzenwerte bei Anwendung des Szenarios „Sofortmaßnahmen“ für den 13. Juli 2006 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



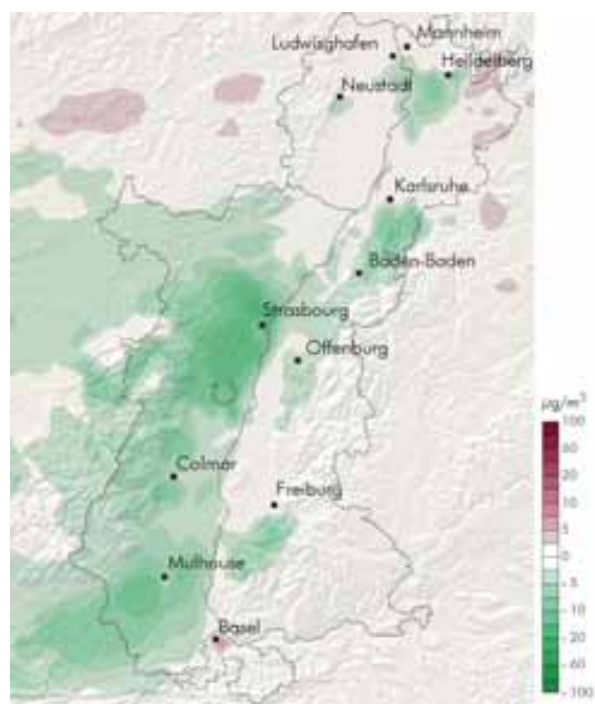
■ Illustration 7.2-9 :
Différence entre les maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario « mesures d'urgence » et dans le cas du scénario de base pour le 13 juillet 2006 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.2-9:
Differenz der simulierten Ozonspitzenwerte zwischen dem Szenario „Sofortmaßnahmen“ und dem Grundszenario für den 13. Juli 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



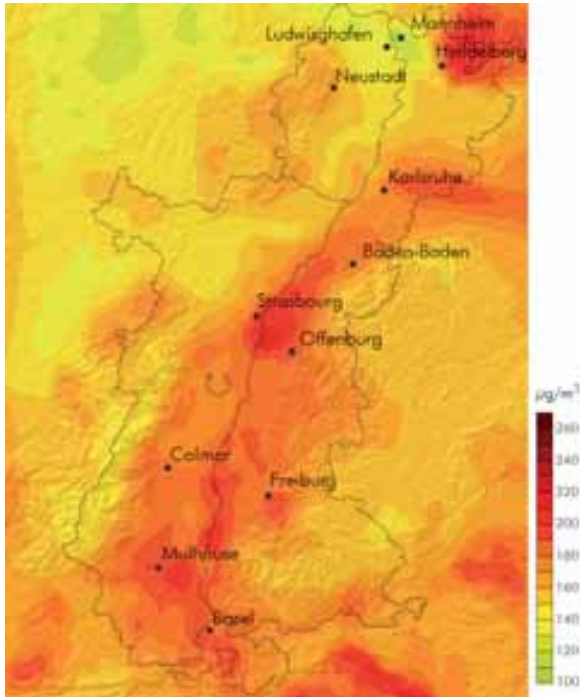
■ Illustration 7.2-10 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario « mesures d'urgence » pour le 4 août 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.2-10:
Simulierte Ozonspitzenwerte bei Anwendung des Szenarios „Sofortmaßnahmen“ für den 4. August 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



■ Illustration 7.2-11 :
Différence entre les maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario « mesures d'urgence » et dans le cas du scénario de base pour le 4 août 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

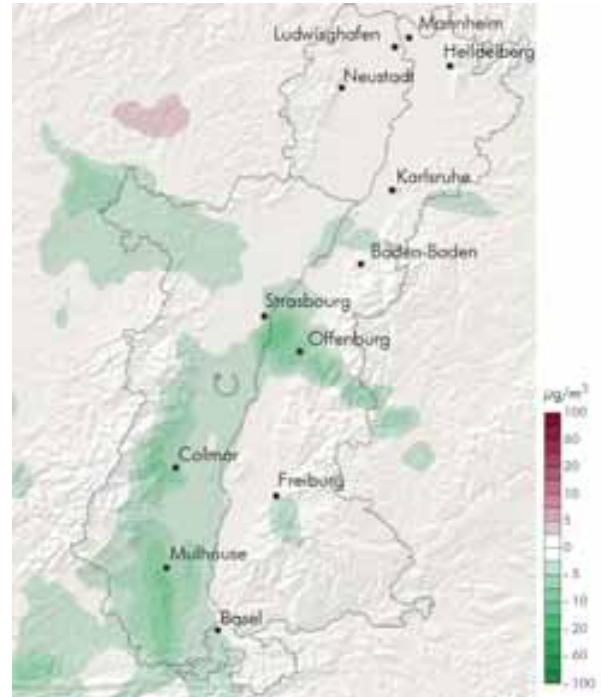
■ Abbildung 7.2-11:
Differenz der simulierten Ozonspitzenwerte zwischen dem Szenario „Sofortmaßnahmen“ und dem Grundszenario für den 4. August 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



■ Illustration 7.2-12 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario « mesures d'urgence » pour le 10 août 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.2-12:
Simulierte Ozonspitzenwerte bei Anwendung des Szenarios „Sofortmaßnahmen“ für den 10. August 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Parallèlement, les baisses en immissions des oxydes d'azote, précurseurs de l'ozone mais aussi polluants toxiques, sont de l'ordre de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en agglomération (illustrations 7.2-14 et 7.2-15).



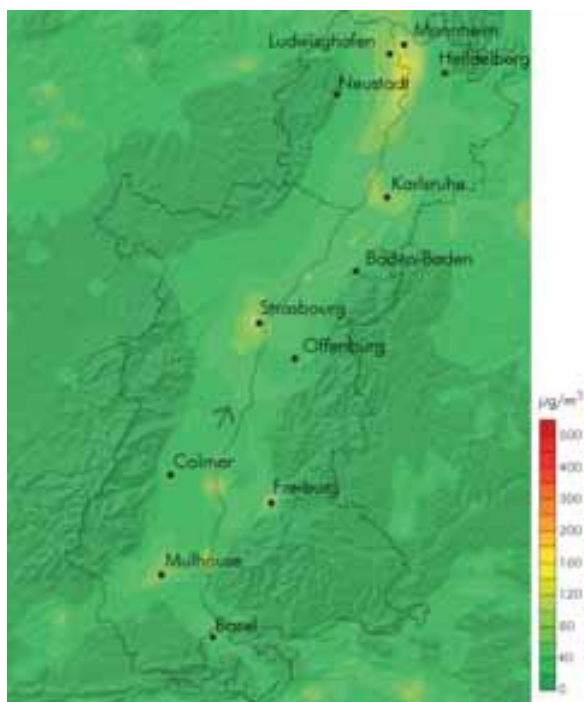
■ Illustration 7.2-13 :
Différence entre les maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario « mesures d'urgence » et dans le cas du scénario de base pour le 10 août 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.2-13:
Différence der simulierten Ozonspitzenwerte zwischen dem Szenario „Sofortmaßnahmen“ und dem Grundszenario für den 10. August 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Parallel dazu wurde ein Rückgang der Stickoxid-immissionen, die zu den Vorläufersubstanzen von Ozon und außerdem zu den toxischen Schadstoffen gehören, um etwa $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Stadt beobachtet (Abbildungen 7.2-14 und 7.2-15).

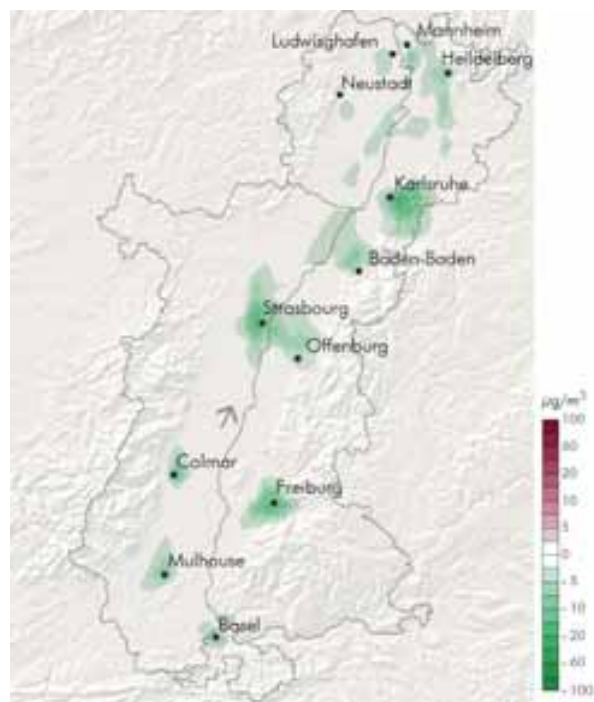
7.2

Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur
Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet



■ Illustration 7.2-14 :
Maxima de NO₂ simulés dans le cas du scénario « mesures d'urgence » pour le 12 juin 2003 en µg/m³

■ Abbildung 7.2-14:
Simulierte NO₂-Höchstwerte bei Anwendung des Szenarios „Sofortmaßnahmen“ für den 12. Juni 2003 in µg/m³



■ Illustration 7.2-15 :
Différence entre les maxima de NO₂ simulés dans le cas du scénario « mesures d'urgence » et dans le cas du scénario de base pour le 12 juin 2003 en µg/m³

■ Abbildung 7.2-15:
Differenz der simulierten NO₂-Höchstwerte zwischen dem Szenario „Sofortmaßnahmen“ und dem Grundszenario für den 12. Juni 2003 in µg/m³

7.2.c Impact sur les dépassements de seuil

Le seuil d'alerte de 240 µg/m³ sur 3h est très rarement atteint dans la vallée du Rhin supérieur et les deux autres seuils d'alerte ne l'ont jamais été. C'est pourquoi l'étude porte sur les dépassements du seuil européen d'information et de recommandation de 180 µg/m³ (2002/3/CE).

Cela permet par ailleurs d'apporter des éléments d'évaluation aux collectivités du Rhin supérieur qui engagent ou étudient la mise en œuvre d'actions dès le dépassement de ce seuil d'information.

La répercussion sur l'ozone de la réduction des émissions des précurseurs peut avoir un impact maximal à distance des grandes zones d'émissions. Une augmentation de l'ozone peut quant à elle se produire sur le lieu d'émission des précurseurs.

Il est ainsi pertinent de croiser l'information sur la réduction des concentrations d'ozone avec la répartition géographique de la population dans la vallée.

7.2.c Auswirkungen auf die Schwellenwertüberschreitungen

Die Alarmschwelle von 240 µg/m³ pro 3 Stunden wird im Oberrheintal sehr selten erreicht; die beiden anderen Warnschwellenwerte sind noch nicht erreicht worden. Aus diesem Grund bezieht sich die Untersuchung auf den europäischen Schwellenwert für die Unterrichtung der Bevölkerung, beziehungsweise den empfohlenen Wert von 180 µg/m³ (2002/3/EG).

Den Gebietskörperschaften im Oberrheingebiet können darüber hinaus auch Bewertungswerkzeuge zur Verfügung gestellt werden, mit denen die vorgeschriebene Prüfung der Maßnahmen durchgeführt werden kann, sobald der Schwellenwert für die Unterrichtung überschritten wird.

Die Auswirkungen einer Verminderung der Emission von Vorläufersubstanzen auf die Ozonwerte kann weit von den großen Emissionszonen entfernt maximale Wirkung entfalten. Am Emissionsort der Vorläufersubstanzen kann es allerdings zu einer Erhöhung der Ozonwerte kommen.

Es ist daher sinnvoll, die Informationen über die Verringerung der Ozonkonzentrationen in der Fläche mit der geographischen Verteilung der Bevölkerung im Oberrheingebiet zu verschneiden.

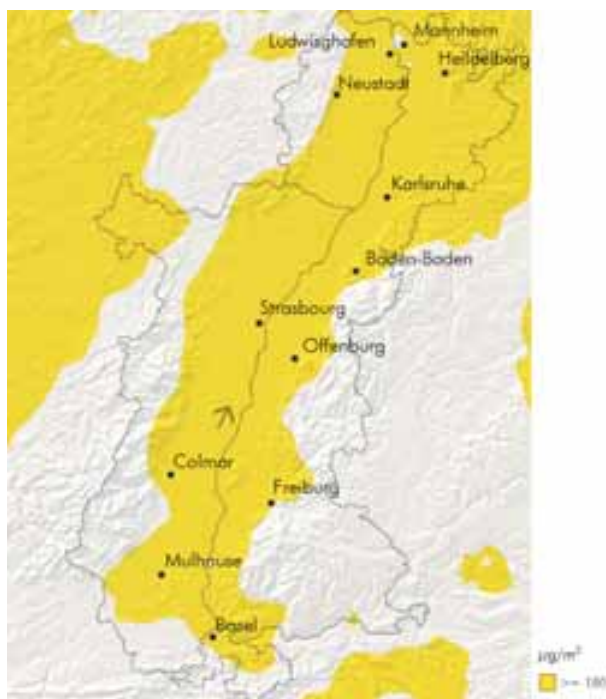
Les simulations effectuées pour les trois situations caractéristiques étudiées (vent de sud-ouest, vent de nord-est et vent faible donc non établi - illustrations 7.2-16 à 7.2-19) soulignent que l'application des mesures d'urgence permettent de réduire localement le nombre d'heures de dépassement des 180 µg/m³ mais ne sont pas suffisantes pour limiter les zones de dépassements (exemples dans le tableau 7.2-6).

Die durchgeführten Simulationen der drei untersuchten charakteristischen Situationen (Südwestwind, Nordostwind und schwacher Wind bzw. Windstille - Abbildungen 7.2-16 bis 7.2-19) belegen, dass mit Sofortmaßnahmen der Kategorie N3 der Schwellenwert von 180 µg/m³ lokal nur geringfügig weniger überschritten wird. Dies zeigt, dass diese Maßnahmen nicht ausreichen, um die räumliche Ausdehnung der Überschreitungen deutlich zu begrenzen (Beispiele in Tabelle 7.2-6).

	12 juin 2003 (vent de sud-ouest) 12. Juni 2003 (Südwestwind)	13 juillet 2006 (vent de nord-est) 13. Juli 2006 (Nordostwind)
Habitants exposés à un dépassement dans le cas de base Von der Überschreitung des Schwellenwerts betroffene Bewohner (Grundszenario)	5 394 000	4 891 000
Habitants exposés à un dépassement avec l'application des mesures d'urgence Von der Überschreitung des Schwellenwerts betroffene Bewohner (Szenario „Sofortmaßnahmen“)	5 367 000	4 853 000
Diminution du nombre d'habitants exposés avec l'application des mesures d'urgence Von der Überschreitung des Schwellenwerts nicht mehr betroffene Bewohner (Szenario „Sofortmaßnahmen“ im Vergleich mit dem Grundszenario)	27 000 (0,5%)	38 000 (0,8%)

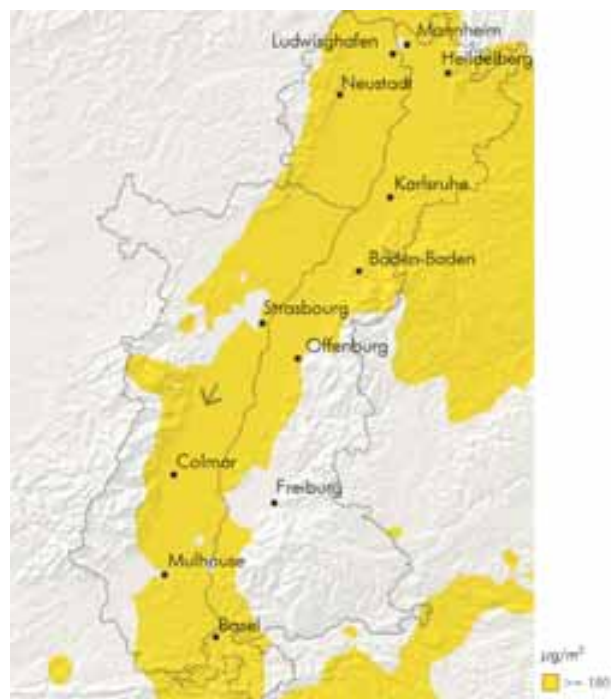
■ **Tableau 7.2-6 :**
Habitants exposés à un dépassement dans le cas de base et avec l'application des mesures d'urgence

■ **Tabelle 7.2-6:**
Von der Überschreitung des Schwellenwerts betroffene Bewohner bei Anwendung des Szenarios „Sofortmaßnahmen“ und bei Anwendung des Grundszenarios



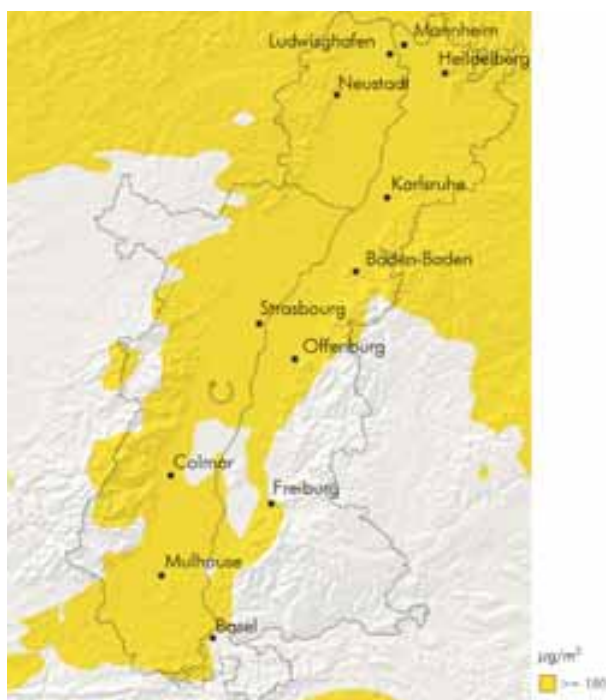
■ Illustration 7.2-16 :
Zone de dépassement du seuil de recommandation et d'information
(jaune) dans le cas de base pour le 12 juin 2003

■ Abbildung 7.2-16:
Räumliche Ausdehnung der Überschreitungen (gelb) bei Anwendung
des Grundszenarios am 12. Juni 2003



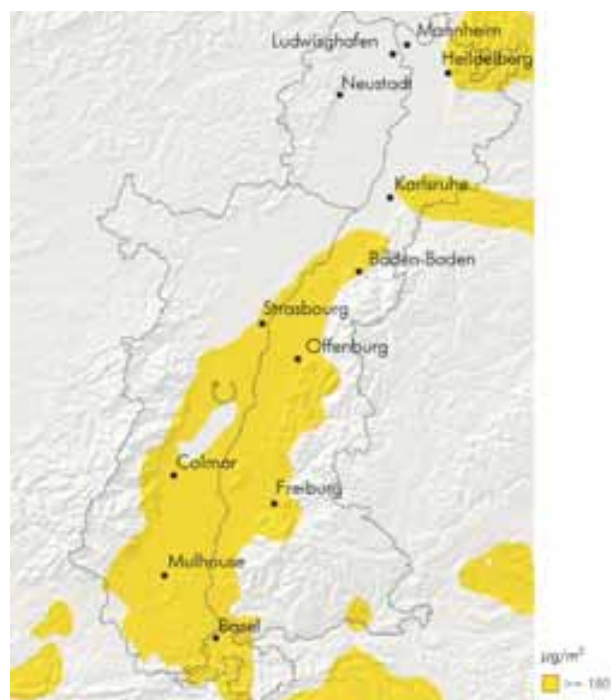
■ Illustration 7.2-17 :
Zone de dépassement du seuil de recommandation et d'information
(jaune) dans le cas de base pour le 13 juillet 2006

■ Abbildung 7.2-17:
Räumliche Ausdehnung der Überschreitungen (gelb) bei Anwendung
des Grundszenarios am 13. Juli 2006



■ Illustration 7.2-18 :
Zone de dépassement du seuil de recommandation et d'information
(jaune) dans le cas de base pour le 4 août 2003

■ Abbildung 7.2-18:
Räumliche Ausdehnung der Überschreitungen (gelb) bei Anwendung
des Grundszenarios am 4. August 2003



■ Illustration 7.2-19 :
Zone de dépassement du seuil de recommandation et d'information
(jaune) dans le cas de base pour le 10 août 2003

■ Abbildung 7.2-19:
Räumliche Ausdehnung der Überschreitungen (gelb) bei Anwendung
des Grundszenarios am 10. August 2003

7.3 Long terme : impact de la politique de qualité de l'air à l'horizon 2020

Langfristige Auswirkungen der Luftreinhaltungspolitik bis 2020

Le programme CAFE (Clean Air For Europe), initié en 2001, a abouti en 2006 à la révision de plusieurs directives et décisions du parlement européen et de la Commission avec pour objectifs, à la fois d'adapter et de simplifier les textes en vigueur mais également de mettre l'accent sur les problématiques les plus importantes en terme de pollution atmosphérique : l'ozone et les particules, en particulier les particules fines (2001/81/CE).

Dans le cadre de ce programme, plusieurs scénarios d'évolution des émissions ont été étudiés à l'horizon 2020 et remis à la Commission européenne afin d'alimenter sa réflexion relative à la stratégie thématique sur la pollution atmosphérique. La répercussion de ces scénarios sur l'espace du Rhin a été modélisée pour trois d'entre eux.

7.3.a Scénarios d'émissions

Le premier scénario CAFE 2020 CLE (Current legislation) intègre l'ensemble des politiques et réglementations déjà appliquées ou décidées et ayant une influence sur les émissions à l'horizon 2020 (IIASA, 2004).

Le deuxième scénario CAFE 2020 MTFR (Maximum Technically Feasible Reduction) reprend toutes les hypothèses du scénario CAFE 2020 CLE (Current Legislation) et introduit toutes les mesures complémentaires possibles pour réduire les émissions au maximum des possibilités techniques disponibles (IIASA, 2004). Les mesures complémentaires concernent l'amélioration des paramètres de combustion, la réduction sélective catalytique des émissions, l'application de norme EURO VI pour les véhicules et engins mobiles, la réduction des quantités de solvants pour le traitement des métaux, du cuir, l'application de peinture, les imprimeries, etc. Ce scénario est le plus contraignant et le plus efficace en terme de réduction des émissions. N'étant pas économiquement réaliste, il constitue toutefois l'état minimal 2020 en terme de niveaux d'émissions.

Le troisième scénario CAFE 2020 Medium (IIASA, 2005) fait partie d'une série se situant entre les scénarios CAFE 2020 CLE et CAFE 2020 MTFR (tableau 7.3-1).

Das 2001 angelaufene Programm CAFE (Clean Air For Europe) hat zur Folge, dass 2006 mehrere Richtlinien und Beschlüsse des Europäischen Parlaments und der Europäischen Kommission mit dem Ziel überarbeitet werden, die geltenden Texte anzupassen und zu vereinfachen und gleichzeitig die Betonung auf die größten Problematiken im Bereich der Luftbelastung zu legen: auf Ozon und Schwebstaub, vor allem Feinstaub (2001/81/GE).

Im Rahmen dieses CAFE Programms werden mehrere Emissionsentwicklungsszenarien bis 2020 untersucht und der Europäischen Kommission übergeben, damit sie diese in ihre Überlegungen zur thematischen Strategie im Bereich Luftreinhaltung einfließen lassen kann. Für drei dieser Szenarien wurden die Auswirkungen auf das Oberrheingebiet modelliert.

7.3.a Emissionsszenarien

Das erste CAFE-Szenario 2020 CLE (Current legislation) trägt sämtlichen politischen Programmen und Vorschriften Rechnung, die beschlossen oder bereits angewendet werden und die die Emissionen bis zum Jahr 2020 beeinflussen (IIASA, 2004).

Das zweite CAFE-Szenario 2020 MTFR (Maximum Technically Feasible Reduction) greift sämtliche Hypothesen des Szenarios CAFE 2020 CLE (Current Legislation) auf und ergänzt sie um zusätzliche mögliche Maßnahmen nach dem Stand der Technik zur größtmöglichen Reduzierung der Emissionen (IIASA, 2004). Die zusätzlichen Maßnahmen betreffen die Verbesserung der Kenngrößen der Verbrennung, die selektive katalytische Emissionsreduktion, die Durchsetzung der EURO VI-Norm für Kraftfahrzeuge und mobile Maschinen, die Verringerung der Lösungsmittelmengen in der Metallbearbeitung, in der Lederverarbeitung, in der Lackier- und Druckindustrie usw.. Dieses Szenario ist rigoroser in Bezug auf die Verringerung der Emissionen und zugleich wirksamer. Es ist allerdings wirtschaftlich nicht realistisch und geht daher als maximale Zustandsänderung der Emissionen für 2020 in die Untersuchungen ein.

Das dritte CAFE-Szenario 2020 Medium (IIASA, 2005) liegt zwischen den Szenarien CAFE 2020 CLE und CAFE 2020 MTFR (Tabelle 7.3-1).

% d'évolution des émissions par rapport au cas de base 2000 Prozentuale Veränderung der Emissionen im Vergleich zum Basisfall 2000			
	2020 CLE	2020 MEDIUM	2020 MTFR
NO _x	-47%	-69%	-77%
COV - VOC	-36%	-38%	-40%
PM10	-46%	-63%	-68%
CO	-60%	-62%	-62%

■ **Tableau 7.3-1 :**

Evolution des émissions de COV et de NO_x par rapport au cas de base en fonction des différents scénarios étudiés

■ **Tabelle 7.3-1:**

Veränderung der VOC- und NO_x-Emissionen im Vergleich zum Basisfall nach Maßgabe der verschiedenen Szenarien

La Commission Européenne a mis en place 3 scénarios A (low), B (MEDIUM) et C (high) multi-effets, qui s'intéressent aux particules fines en suspension (PM_{2,5}), à l'eutrophisation, à l'acidification et à la pollution photochimique par l'ozone. Ces scénarios sont plus contraignants au niveau environnemental et financier que le scénario CAFE 2020 CLE et moins contraignants que le scénario CAFE 2020 MTFR. En effet, si le surcoût financier du scénario CAFE 2020 MTFR est de 40 milliards d'euros par an par rapport au scénario CAFE 2020 CLE, l'application des scénarios multi-effets ne dépasse pas 15 milliards d'euros par an. Ces 3 scénarios A, B et C, (A étant le moins ambitieux et C le plus ambitieux) permettent de réduire l'écart entre le scénario CAFE 2020 CLE et les objectifs à long terme de la Commission fixés par le 6^{ème} programme d'action communautaire pour l'environnement (2002), ce programme ayant pour ambition de «garantir des niveaux de qualité de l'air exempts d'incidences négatives et de risques notables en termes de santé humaine et d'environnement». Le scénario final retenu par la Commission pour sa stratégie thématique sur la pollution atmosphérique est compris entre les scénarios A et B.

L'application du scénario 2020 MEDIUM, se rapprochant du scénario retenu par la Commission, a ainsi été modélisée sur la zone d'étude.

D'autres scénarios spécifiques au Rhin supérieur ont été élaborés à l'horizon 2020 dans le cadre du groupe des experts « Transports » de la Conférence du Rhin supérieur. Ils prennent en compte les principales évolutions locales prévisibles dans la production d'énergie et dans les transports. La traduction de ces scénarios à l'aide des outils Atmo-rhenA en terme d'abattement des émissions, a montré des réductions moins importantes que le scénario le moins ambitieux de la stratégie européenne.

Aussi, ces scénarios n'ont pas fait l'objet de simulation mais mériteraient d'être discutés entre les deux groupes d'experts Qualité de l'air et Transports.

Afin de modéliser ces cas, il est nécessaire de prendre en compte l'évolution dans le temps des compositions des masses d'air extérieures pouvant influencer le domaine.

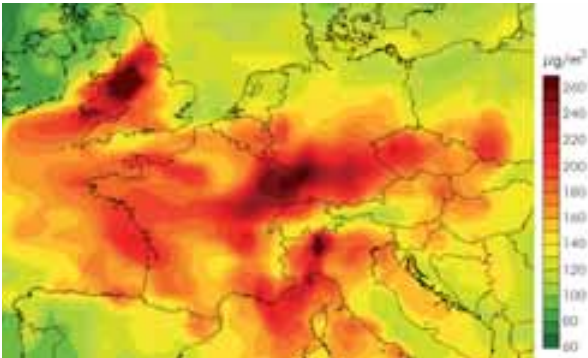
Die Europäische Kommission hat drei Szenarien mit verschiedenen Wirkungsgraden (A: gering; B: mittel und C: hoch) und Mehrfachwirkungen in den Bereichen feiner Schwebstaub (PM_{2,5}), Eutrophierung, Versauerung und photochemische Ozonverschmutzung eingeführt. Diese Szenarien sind in Bezug auf Umwelt und Finanzbedarf rigoroser als das Szenario CAFE 2020 CLE, aber weniger rigoros als das Szenario CAFE 2020 MTFR. Das Szenario CAFE 2020 MTFR verursacht gegenüber dem Szenario 2020 CLE Mehrkosten in Höhe von 40 Milliarden Euro jährlich; bei Anwendung der Szenarien mit Mehrfachwirkung entstehen dagegen Kosten in Höhe von nur 15 Milliarden Euro jährlich. Mit einem der drei Szenarien (A = am wenigsten ehrgeiziges und C = ehrgeizigstes Szenario) kann der Abstand zwischen dem Szenario CAFE 2020 CLE und den langfristigen Zielen, die die Kommission im sechsten Umweltaktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft (2002) aufgestellt hat, verringert werden. Dieses Programm strebt an: „Erreichung einer Luftqualität, die keine erheblichen negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt hat und keine entsprechenden Gefahren verursacht“. Das Szenario, für das die Kommission sich im Rahmen ihrer thematischen Strategie im Bereich Luftreinhaltung entschieden hat, liegt zwischen den Szenarien A und B.

Das 2020 MEDIUM Szenario, welches dem von der Kommission gewählten Szenario sehr nahe kommt, wurde daher im Untersuchungsgebiet modelliert.

Darüber hinaus sind noch weitere Szenarien bis zum Jahr 2020 speziell für das Oberrheingebiet im Rahmen der Arbeiten des Expertenausschusses „Verkehr“ erarbeitet worden. Darin sind auch die wichtigsten lokalen Entwicklungen berücksichtigt, die sich im Hinblick auf die Energieproduktion und das Verkehrswesen abzeichnen. Die Umsetzung dieser Szenarien mit Hilfe der Atmo-rhenA Werkzeuge hat weniger Minderungen gezeigt, als das Szenario der europäischen Strategie mit dem geringsten Wirkungsgrad.

Diese Szenarien wurden nicht simuliert. Es wäre aber interessant, wenn die zwei Expertengruppen Luftreinhaltung und Transport sich darüber unterhalten würden.

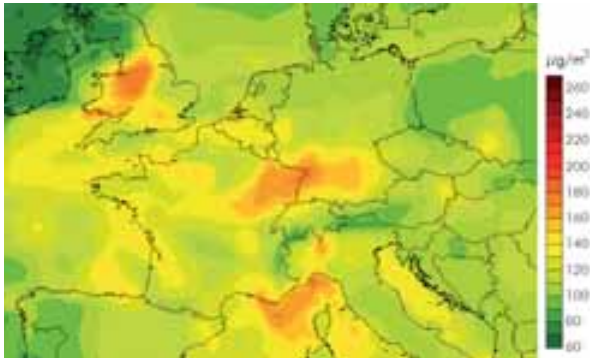
C'est le Laboratoire Inter-Universitaires des Systèmes Atmosphériques (LISA/Paris) qui a fourni les conditions aux limites prenant en compte à grande échelle l'impact sur les émissions des scénarios européens (illustrations 7.3-1 et 7.3-2).



■ Illustration 7.3-1 :
Maxima d'ozone simulés par le LISA dans le cas du scénario de base pour le 4 août 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (émissions 2000-EMEP)

■ Abbildung 7.3-1:
Vom LISA simulierte Ozonhöchstwerte bei Anwendung des Grundszenarios für den 4. August 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Emissionen 2000 – EMEP)

Bei der Modellierung dieser Fälle muss die zeitliche Entwicklung der Zusammensetzung der externen Luftmassen berücksichtigt werden, die in das Gebiet einströmen. Die Randbedingungen für das Modell, die die Auswirkung auf die Emissionen in den europäischen Szenarien im großen Maßstab berücksichtigen, wurden vom Laboratoire Inter-Universitaire des Systèmes atmosphériques (LISA/Paris) geliefert (Abbildungen 7.3-1 und 7.3-2).



■ Illustration 7.3-2 :
Maxima d'ozone simulés par le LISA dans le cas du scénario 2020 MTFR (EMEP) pour le 4 août 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.3-2:
Vom LISA simulierte Ozonhöchstwerte bei Anwendung des Szenarios 2020 MTFR (EMEP) für den 4. August 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

7.3.b Impact sur les maxima d'ozone

Les maxima d'ozone obtenus avec l'application du scénario 2020 CLE montrent d'importantes améliorations (tableau 7.3-2).

Diminution d'ozone Minderung der Ozonspitzenwerte	Zones urbaines Ballungsräume	Panaches urbains Abluftfahne	Vallée hors panache Ländlicher Ort ohne Ozonfahne
CLE	-18%	-19%	-19%
MEDIUM	-21%	-21%	-25%
MTFR	-24%	-28%	-28%

■ Tableau 7.3-2 :
Impact des scénarios 2020 sur les maxima d'ozone

L'ampleur de ces améliorations trouve son origine dans les réductions d'émissions de NO_x et de COV aussi bien massives que concomitantes, conditions indispensables à la réduction de l'ozone. Pour une journée avec des taux d'ozone particulièrement forts comme le 12 juin 2003, la réduction au cœur du panache de Strasbourg atteint $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le CLE, et $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le MTFR.

7.3.b Auswirkung auf die Ozonspitzenwerte

Die Ozonspitzenwerte, die unter Anwendung des Szenarios 2020 CLE simuliert werden, weisen deutliche Verbesserungen auf (Tabelle 7.3-2).

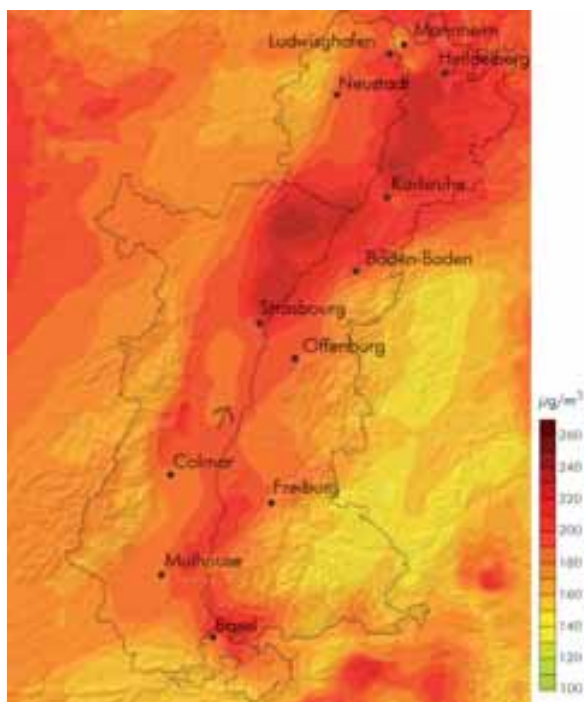
■ Tabelle 7.3-2:
Verbesserungen der Ozonspitzenwerte mit den Szenarien 2020

Das Ausmaß der Verbesserungen ist darauf zurückzuführen, dass die VOC- und NO_x -Emissionen nicht nur massiv, sondern auch gleichzeitig reduziert wurden, was für die Verringerung der Ozonwerte unerlässlich ist. An einem Tag mit besonders hohen Ozonwerten wie dem 12. Juni 2003 wird im Kernbereich der Abluftfahne von Straßburg nach dem CLE-Szenario eine Reduzierung um $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und nach dem MTFR-Szenario eine Reduzierung um $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht.

7.3

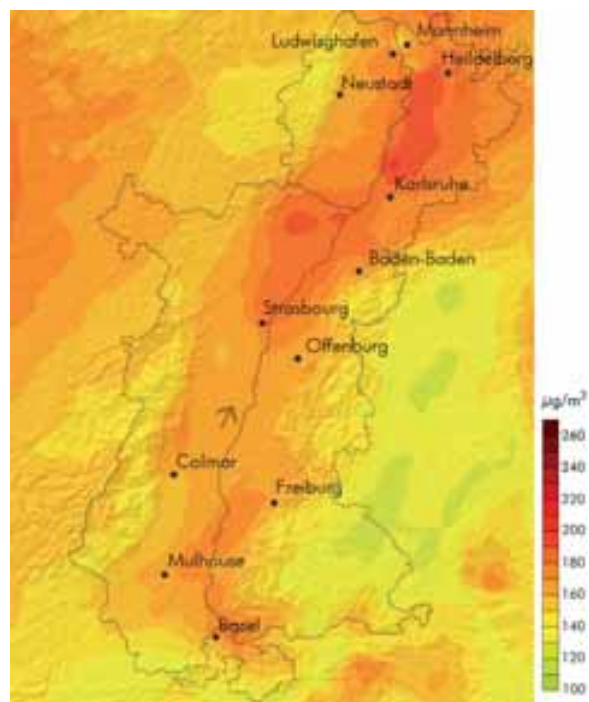
Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur

Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet



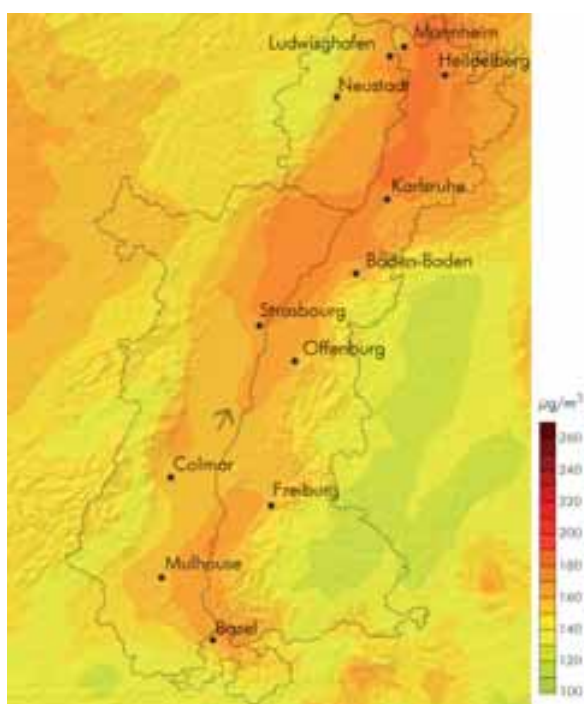
■ Illustration 7.3-3 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas de base pour le 12 juin 2003
en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.3-3:
Simulierte Ozonhöchstwerte bei Anwendung des Grundszenarios für
den 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



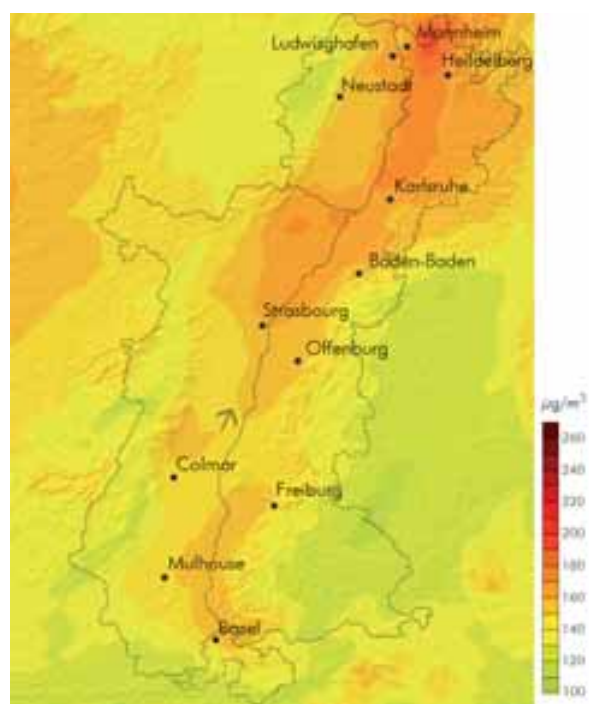
■ Illustration 7.3-4 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario « 2020 CLE » pour
le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.3-4:
Simulierte Ozonhöchstwerte bei Anwendung des Szenarios 2020 CLE
für den 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



■ Illustration 7.3-5 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario « 2020 Medium »
pour le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.3-5:
Simulierte Ozonhöchstwerte bei Anwendung des Szenarios 2020
Medium für den 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



■ Illustration 7.3-6 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas du scénario « 2020 MTR »
pour le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

■ Abbildung 7.3-6:
Simulierte Ozonhöchstwerte bei Anwendung des Szenarios 2020
MTR für den 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

7.3.c Impact sur les dépassements de seuil

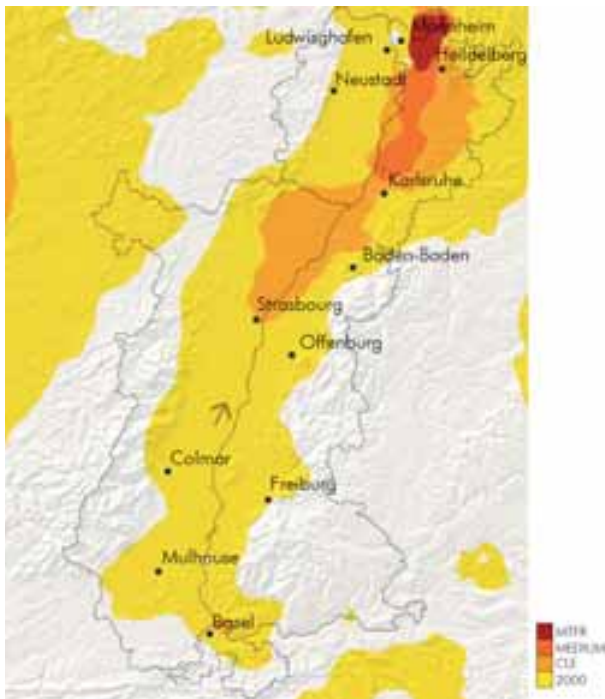
Alors que toute la vallée était au-delà du seuil dans le cas de base de la journée particulière du 12 juin 2003, la simulation 2020 CLE n'estime plus qu'un dépassement au nord-est de Strasbourg et de Karlsruhe, au nord-est de Karlsruhe et Mannheim pour le Medium, et seulement au nord-est de Mannheim pour le MTFR. Bien que beaucoup plus contraignant et donc beaucoup moins réaliste que le CLE, le scénario MTFR se traduit toutefois globalement par un apport complémentaire faible, au regard des dépassements de seuil.

L'application des scénarios européens 2020 permet de restreindre très fortement l'aire touchée par les dépassements.

7.3.c Auswirkungen auf die Schwellenwertüberschreitungen

Während am 12. Juni 2003 im gesamten Oberrheintal der Schwellenwert überschritten wurde, errechnet die Simulation 2020 CLE, dass es nur im Nordosten von Straßburg sowie Karlsruhe und Mannheim, nach dem Medium-Szenario nur im Nordosten von Karlsruhe und Mannheim und nach dem MTFR-Szenario nur im Nordosten von Mannheim zu Überschreitungen kommt. Das MTFR-Szenario ist zwar sehr viel rigoroser und daher weniger realistisch als das CLE-Szenario, bringt aber hinsichtlich der Schwellenwertüberschreitungen insgesamt gegenüber dem CLE-Szenario nur einen kleinen zusätzlichen Beitrag.

Die Anwendung der europäischen Szenarien für 2020 führt dazu, dass der von den Schwellenwert-überschreitungen betroffene Raum sehr viel kleiner wird.



■ Illustration 7.3-7 :

Aire de dépassement du seuil d'information le 12 juin 2003 (orange clair) dans le cas 2000 de base, avec l'application des scénarios 2020 CLE (orange), Medium (orange foncé) et MTFR (brun)

■ Abbildung 7.3-7:

Ausdehnung der Zonen, in denen am 12. Juni 2003 der Schwellenwert für die Unterrichtung der Bevölkerung überschritten wurden im Basisfall 2000 (gelb) und unter Anwendung der Szenarien 2020 CLE (orange), Medium (dunkel orange) und MTFR (braun).

7.3

Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur
Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet

L'application des scénarios a un impact significatif pour 73% des habitants de la vallée du Rhin supérieur pour le scénario CLE et 95% des habitants pour le scénario MTFR (tableau 7.3-3).

Die Anwendung der Szenarien ergeben durchaus erhebliche Auswirkungen für 73% der Bevölkerung des Oberrheintals unter Anwendung des Szenarios CLE und für 95% der Bevölkerung unter Anwendung des Szenarios MTFR (Tabelle 7.3-3).

	Nombre d'habitants touchés par le dépassement Von der Überschreitung des Schwellenwerts betroffene Bewohner	Diminution par rapport au cas de base Von der Überschreitung des Schwellenwerts nicht mehr betroffene Bewohner
Base - Basis	5 394 000	
CLE	1 432 000	-73%
MEDIUM	492 000	-91%
MTFR	267 000	-95%

■ **Tableau 7.3-3 :**
Habitants exposés à un dépassement du seuil d'information et de recommandation pour les différents scénarios 2020

■ **Tabelle 7.3-3:**
Bevölkerung, die einer Überschreitung des Informationsschwellenwert ausgesetzt ist für die verschiedenen Szenarien 2020

7.3.d Part locale et part du fond

Afin d'approcher, à l'horizon 2020, la dépendance de la pollution locale à la pollution importée, des simulations ont été conduites :

- D'une part avec application du scénario de réduction (2020 CLE) dans la vallée du Rhin supérieur mais sans changement des émissions pour le reste de l'Europe;
- D'autre part avec application du scénario de réduction (2020 CLE) exclusivement aux bords du domaine et sans modification des émissions dans la vallée du Rhin supérieur.

Ces simulations mettent en évidence (illustrations 7.3-8 à 7.3-10 et tableau 7.3-4) :

- que l'action des mesures locales de réduction des émissions a un impact significatif sur les maxima d'ozone, en effet 26% des habitants de la vallée sont concernés par un passage sous le seuil de recommandation;
- que les réductions des émissions aux bords du domaine ont également une forte influence sur les valeurs de pointe d'ozone rencontrées au sein de la vallée. Elles induisent une baisse de 42% de la population exposée à des niveaux d'ozone supérieurs à 180 µg/m³.

Sur la vallée du Rhin supérieur, 73% de la population ne serait pas exposée à un dépassement de seuil de recommandation avec une application conjointe d'une réduction des émissions (comme établie dans le scénario 2020 CLE).

Ces simulations confirment l'importance d'adopter des politiques communes de réduction des émissions à long terme sur l'ensemble du territoire européen afin de limiter l'exposition des populations.

7.3.d Lokaler Anteil und Hintergrundanteil

Zwecks Abschätzung der Abhängigkeit der lokalen Luftbelastung von der importierten Luftbelastung bis zum Jahr 2020 sind Simulationen durchgeführt worden:

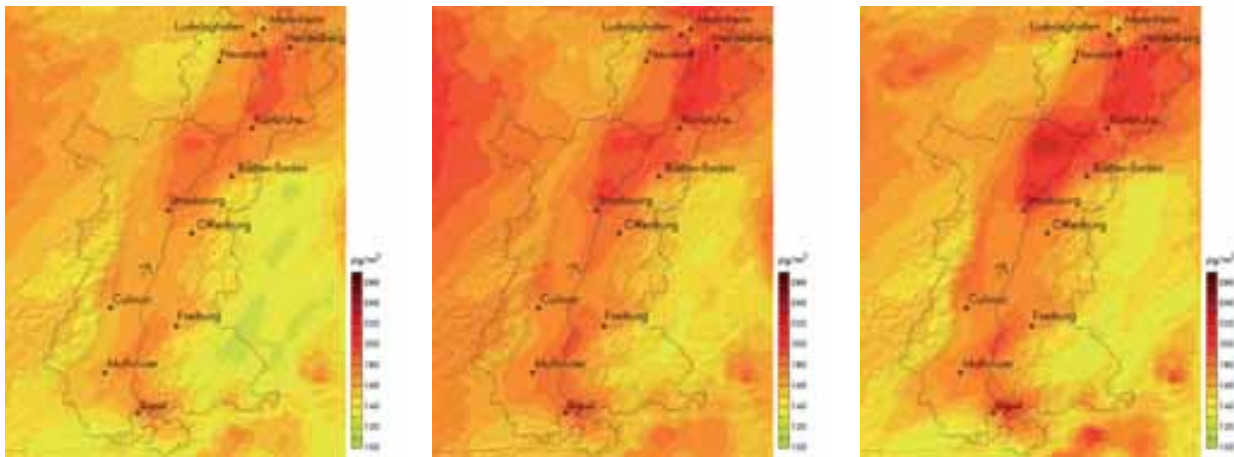
- einerseits anhand der Szenarien zur Emissionsminderung (2020 CLE) im Oberrheingebiet ohne Veränderung der Emissionen für das übrige Europa;
- andererseits anhand der Szenarien zur Emissionsminderung (2020 CLE) im Randgebiet und ohne Veränderung der übrigen Emissionen im Oberrheinbiet.

Diese Simulationen zeigen (Abbildungen 7.3-8 bis 7.3-10 und Tabelle 7.3-4):

- dass die lokalen Maßnahmen zur Emissionminderung einen bedeutenden Einfluss auf die Ozonspitzenwerte haben. In der Tat sind 26% der Bewohner des Oberrheinbiets von einer Unterschreitung des Schwellenwerts betroffen,
- dass die Emissionsminderung in den Randgebieten einen großen Einfluss auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheinbiet haben. Dadurch sind 42% weniger Bewohner Ozonspitzenwerten von über 180 µg/m³ ausgesetzt.

Dank der gleichzeitigen Anwendung der Emissionsminderungen (wie im Szenario 2020 CLE) wären 73% der Bevölkerung im Oberrheintal keiner Überschreitung des Schwellenwertes ausgesetzt.

Diese Simulationen bestätigen, dass gemeinsame politische Maßnahmen für langfristige Emissionsminderungen in ganz Europa ergriffen werden müssen, um die Belastung der Bevölkerung zu verringern.



■ Illustration 7.3-8 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas de l'application du scénario 2020 CLE pour le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (image gauche)

■ Abbildung 7.3-8:
Simulierte Ozonhöchstwerte bei Anwendung des Szenarios 2020 CLE für den 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (linke Abbildung)

■ Illustration 7.3-9 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas de l'application du scénario 2020 CLE aux seules émissions locales pour le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (image du milieu)

■ Abbildung 7.3-9:
Simulierte Ozonhöchstwerte bei Anwendung des Szenarios 2020 CLE lediglich auf die lokalen Emissionen für den 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mittlere Abbildung)

■ Illustration 7.3-10 :
Maxima d'ozone simulés dans le cas de l'application du scénario 2020 CLE aux bords seuls pour le 12 juin 2003 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (image droite)

■ Abbildung 7.3-10:
Simulierte Ozonhöchstwerte bei Anwendung des Szenarios 2020 CLE lediglich auf die lokalen Emissionen für den 12. Juni 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (rechte Abbildung)

	Habitants exposés à un dépassement du seuil Von der Überschreitung des Schwellenwerts betroffene Bewohner	Habitants n'étant plus exposés à un dépassement du seuil Von der Überschreitung des Schwellenwerts nicht mehr betroffene Bewohner	
Application du CLE aux émissions locales et aux bords Emissionen für das restliche Europa und für das Gebiet verändert	1 432 000	-3 962 000	-73%
Application du CLE aux émissions locales seules Emissionen für das restliche Europa unverändert	4 008 000	-1 386 000	-26%
Application du CLE aux bords seuls Emissionen für das Gebiet unverändert	3 111 000	-2 283 000	-42%

■ Tableau 7.3-4 :
Application du CLE aux émissions locales et/ou aux bords et impact sur les dépassements du seuil d'information et de recommandation

■ Tabelle 7.3-4:
Anwendung des Szenarios 2020 CLE auf die lokalen Emissionen und/oder Randgebiete sowie Auswirkungen auf die Überschreitungen des Schwellenwerts

7.4 Conclusion Schlussfolgerung

7.4.a Premiers enseignements sur l'impact des mesures d'urgence

L'élaboration des scénarios pour les mesures d'urgence révèle pour les émissions, et donc a fortiori pour les immissions, le faible impact d'une limitation de vitesse par rapport à une restriction de circulation.

Les simulations pour le jour étudié montrent que les mesures d'urgence avec restriction de circulation ont un impact sur les pics d'ozone locaux principalement dans les panaches d'ozone sous le vent de grandes agglomérations. Au sein de ces dernières apparaissent en revanche des augmentations des teneurs en ozone en lien avec une atténuation des émissions de polluants issus du trafic routier, d'abord consommateurs d'ozone.

La mise en place de mesures d'urgence même plusieurs jours à l'avance ne semble pas, pour les journées étudiées, empêcher les concentrations d'augmenter dans les centres urbains. Par ailleurs, une augmentation de l'ozone est alors perceptible la nuit puisque moins de NO_x consommateurs du polluant sont présents.

Ces enseignements pourraient suggérer à première vue une application des mesures d'urgence uniquement le matin pour permettre aux émissions de l'après-midi de participer à la consommation de l'ozone au moment du pic de concentration de la journée. Mais cela empêcherait la baisse parallèle favorable des gaz d'échappement nocifs.

Une approche plus globale incite plutôt à considérer ce phénomène particulier de hausse en ville comme la conséquence transitoire d'une action insuffisante de réduction des précurseurs. Il conviendrait en fait de viser une réduction plus importante des COV voire des oxydes d'azote.

En effet, des teneurs suffisamment basses en précurseurs auraient le double avantage d'assainir l'air d'une part en diminuant les précurseurs eux-mêmes toxiques et d'autre part en faisant basculer les rapports des régimes de production d'ozone dans des conditions favorables à sa baisse même en ville.

Ces réductions supplémentaires de précurseurs mériteraient des analyses plus approfondies en utilisant de façon combinée :

- d'une part l'outil de simulation ciblant les abattements nécessaires;
- et d'autre part l'inventaire des émissions ciblant les sources de pollution qui pourraient être concernées.

7.4.a Erste Erkenntnisse zu den Wirkungen der Sofortmaßnahmen

Die erarbeiteten Emissionsszenarien zu den Sofortmaßnahmen zeigen, wie gering die Auswirkungen einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf die Emissionen und erst recht auf die Immissionen sind.

Die Simulationen für den untersuchten Tag zeigen, dass Sofortmaßnahmen mit Fahrverboten sich auf lokale Ozonspitzenwerte auswirken, und zwar insbesondere in den Ozonabluftfahnen stromab der großen Ballungsräume. Innerhalb der Ballungsräume steigen in Verbindung mit der Senkung der ozonverbrauchenden Schadstoffemissionen aus dem Straßenverkehr jedoch die Ozonwerte an.

An den untersuchten Tagen hätte der Anstieg der Ozonkonzentration in den Siedlungszentren auch nicht verhindert werden können, wenn die Sofortmaßnahmen mehrere Tage im Voraus durchgeführt worden wären. Übrigens ist zu beobachten, dass die Ozonwerte in der Nacht erhöht sind, wenn weniger NO_x vorhanden ist, das diesen Schadstoff abbaut.

Diese Erkenntnisse könnten auf den ersten Blick nahe legen, Sofortmaßnahmen nur in den Morgenstunden durchzuführen, damit die Emissionen des Nachmittags am Abbau des Ozons mitwirken können, wenn die Ozonkonzentrationen ihre Tageshöchstwerte erreichen. Doch die Reduzierung der ebenfalls die Gesundheit beeinträchtigenden Vorläufersubstanzen sollte im Auge behalten werden.

Der umfassendere Ansatz spricht eher dafür, das Phänomen der Ozonzunahme in der Stadt als vorübergehende Folge einer unzureichenden Reduzierung der Vorläufersubstanzen zu betrachten. Vor diesem Hintergrund wäre es sinnvoll, eine stärkere Reduzierung der VOC bzw. der Stickoxide anzustreben.

Wenn der Anteil der Vorläufersubstanzen deutlich niedriger wäre, hätte dies den doppelten Vorteil, dass die Luft sauberer würde, weil der Gehalt an sich bereits toxischen Vorläufersubstanzen sinken würde, und gleichzeitig die Ozonproduktionssysteme unter günstigen Bedingungen umschlagen und die Ozonwerte sogar in den Städten sinken könnten.

Diese zusätzliche Verringerung der Vorläufersubstanzen sollte allerdings noch gründlicher untersucht werden; dabei sollte folgendes zum Einsatz kommen:

- das Simulationsmodell, das die notwendigen Rückgänge berücksichtigen soll;
- die quellenbezogenen Emissionserhebungen.

Pour le premier point, un scénario de mesures d'urgence sans élévation d'ozone en centre urbain exigerait par exemple une réduction supplémentaire de COV en ville de 20%.

7.4.b Premiers enseignements sur l'impact des mesures à long terme

Fondés sur les résultats du programme CAFE (Clean Air For Europe), les différents scénarios de mesures visant à améliorer la qualité de l'air à l'horizon 2020 révèlent deux caractéristiques principales : ils se traduisent à terme par des baisses significatives en émissions primaires (de l'ordre de 40% et de 70% dans un cas extrême) et concernent l'ensemble de l'Europe.

Hormis le fait fort appréciable que la baisse des émissions primaires contribue en soi à un assainissement général de l'air, ces deux caractéristiques touchent également de près deux mécanismes déterminants de la problématique de l'ozone.

En effet, la baisse prévue des précurseurs est suffisamment importante et concomitante pour ne pas faire apparaître, lors des épisodes estivaux de pics d'ozone, les phénomènes localisés de remontée momentanée de l'ozone dans les grandes agglomérations du Rhin supérieur. Et le fait que les réductions d'émissions soient généralisées en Europe écarte la question de la faible efficacité des mesures locales de réduction en cas d'apports extérieurs d'ozone et de ses précurseurs.

Pour les situations étudiées comparant des cas de base de 2000 aux scénarios 2020, la baisse maximale de l'ozone au cœur du panache d'agglomération est de l'ordre de 30% et la minoration de l'exposition de la population à des dépassements de seuils est de plus de 70%.

Ce chiffre est remarquable au regard de l'inertie des mécanismes photochimiques et des moindres performances des mesures d'urgence. Il se prête toutefois à trois réflexions :

- Pour atteindre ces performances de réductions mettant en jeu de forts intérêts économiques et sociaux, il importe que le calendrier d'application de la stratégie européenne puisse être respecté.
- Le programme CAFE a évalué qu'à l'horizon 2020 l'impact sanitaire de l'ozone restera, malgré ces actions, encore suffisamment significatif pour poursuivre à long terme les programmes de réductions des précurseurs.
- Les actions de la stratégie européenne sont essentiellement d'ordre technologique et ne couvrent donc qu'une part du potentiel de réduction des émissions.

Hinsichtlich des letztgenannten Punktes würde z.B. ein Sofortmaßnahmen-Szenario ohne Ozonanstieg im städtischen Ballungsraum eine zusätzliche Abnahme der VOC um 20% erfordern.

7.4.b Erste Erkenntnisse von langfristigen Maßnahmen

Auf der Grundlage der Ergebnisse des Programms CAFE (Clean Air For Europe) zeigen die verschiedenen Maßnahmenzenarien zur Verbesserung der Luftqualität bis zum Jahr 2020 zwei hauptsächliche Merkmale: die Primäremissionen werden bedeutend abnehmen (etwa 40% im Mittel und 70% im Extremfall) und das gesamte Europa als Ganzes wird davon betroffen sein.

Abgesehen von der Tatsache, dass die Verringerung der Primäremissionen zur allgemeinen Verbesserung der Luftqualität beiträgt, beeinflussen diese zwei Merkmale auch direkt zwei Mechanismen der Ozonproblematik.

In der Tat ist die geplante Senkung der Ozonvorläufersubstanzen bedeutend und hat zur Folge, dass während sommerlicher Perioden hoher Ozonwerte die örtlichen Phänomene des vorübergehenden Wiederanstiegs des Ozons in den Ballungsräumen des Oberrheingebiets nicht mehr auftreten. Die Tatsache, dass die Emissionsminderungen in ganz Europa eintreten werden, klärt die Frage, ob die lokalen Minderungsmaßnahmen nur wenig Erfolg haben, aufgrund des Eintrags von Ozon und seiner Vorläufersubstanzen von außen.

Für die untersuchten Situationen, welche die Grundlage 2000 mit den Szenarien 2020 vergleicht liegt die maximale Verminderung bei 30%, für Ozon in den Abluftfahnen der Ballungsräume, und über 70% für die Belastung der Bevölkerung bei Grenzwertüberschreitungen.

Diese Zahl ist beachtlich im Hinblick auf die Trägheit der photochemischen Mechanismen und der geringen Leistungen der Sofortmaßnahmen. Sie gibt jedoch Anlass zu drei Überlegungen:

- Um diese Reduzierung zu erreichen, muss der Plan für die europäische Strategie eingehalten werden, wobei grobe wirtschaftliche und soziale Interessen mit berücksichtigt werden müssen.
- Das CAFE Programm hat ermittelt, dass bis zum Jahr 2020 die gesundheitliche Beeinträchtigung durch Ozon weiterhin hoch genug sein wird, um die langfristigen Programme zur Senkung der Vorläufersubstanzen fortzusetzen.
- Bei den Aktionen im Rahmen der europäischen Strategie handelt es sich vor allem um technologische Aspekte, welche nur einen Teil des Potentials der Emissionsminderungen darstellt.

7.4

Premières simulations de l'impact de mesures d'urgence et d'actions à long terme sur les pics d'ozone dans le Rhin supérieur
Erste Simulationen der Wirkung von Sofortmaßnahmen und langfristigen Aktionen auf die Ozonspitzenwerte im Oberrheingebiet

Il reste ainsi des marges d'actions relevant notamment des politiques, pour une part locale, de transport et d'aménagement du territoire. Dans une démarche de convergence indispensable de toutes les actions qui assainissent l'air, réduisent l'exposition de la population et de plus contribuent à la maîtrise de l'énergie et du changement climatique, la prise en considération de ces actions locales, déjà commencée dans la coopération transfrontalière du Rhin supérieur, gagne à être poursuivie.

Es bleibt also noch Aktionsspielraum frei, zum Teil auf lokaler politischer Ebene im Bereich des Transportwesens und der Raumplanung. Im Rahmen einer notwendigen Zusammenführung sämtlicher Aktionen (im Bereich der Verbesserung der Luftqualität, der Gesundheitsbelastung der Bevölkerung, der Energieeinsparung und der Klimaveränderung), verdienen lokale Initiativen, wie die bereits begonnene grenzüberschreitende Zusammenarbeit im Oberrheingebiet, dass sie mehr beachtet und fortgesetzt werden.

Conclusions et perspectives

**Schlussfolgerungen
und Ausblick**



8

Conclusions et perspectives Schlussfolgerungen und Ausblick

De septembre 2001 à décembre 2006, cinq années de coopération transfrontalière dense ont été consacrées, entre Vosges et Forêt Noire, à la qualité de l'air respiré par près de 6 millions de résidents allemands, français et suisses de l'espace du Rhin supérieur.

Ce projet a bénéficié de financements de l'ADEME, de la Région Alsace ainsi que de fonds communautaires INTERREG III. Les trois organismes de surveillance de la qualité de l'air impliqués ont également participé au financement du projet via la valorisation d'unités d'œuvre et d'outils. Initié par le groupe d'experts « qualité de l'air » de la Conférence du Rhin supérieur, il comportait deux volets à savoir la mise en place d'un système commun d'information et d'une plate-forme de modélisation.

Ce projet dénommé Atmo-rhenA a-t-il atteint ses objectifs d'information et d'évaluation communes de la qualité de l'air ?

Von September 2001 bis Dezember 2006 war die Luftqualität, von der im Oberrheingebiet zwischen dem Schwarzwald und den Vogesen knapp sechs Millionen deutsche, französische und schweizerische Bewohner betroffen sind, fünf Jahre Gegenstand einer engen grenzübergreifenden Zusammenarbeit.

Dieses Projekt wurde durch die ADEME, die Region Elsass sowie europäische INTERREG III Fördermittel finanziert. Die drei beteiligten Messnetze haben ebenfalls zur Finanzierung des Projekts beigetragen, durch ihre Eigenleistungen in Form von Personal und Ausstattung. Das von der Expertengruppe „Luftreinhaltung“ der Oberrheinkonferenz angeregte Projekt umfasste im Wesentlichen zwei Bereiche: Einerseits ein gemeinsames Informationssystem und andererseits eine Modellierungsplattform.

Hat dieses Projekt mit Namen Atmo-rhenA die gemeinsamen Ziele im Hinblick auf Information und Bewertung der Luftqualität erreicht?

8.1

Connaître la qualité de l'air en direct pour l'ensemble du Rhin supérieur Aktuelle Information über die Luftqualität im gesamten Oberrheingebiet

Le premier objectif était de fournir à toute citoyenne et tout citoyen du Rhin supérieur une information commune sur la qualité de l'air par-delà les frontières administratives. Cette information est disponible sur un site Internet développé à cet effet à l'adresse :

www.atmo-rhinsuperieur.net
ou www.atmo-rhena.net

Il a fallu pour cela mettre en place un système automatique d'échange des données issues des réseaux mesurant en continu la qualité de l'air de Ludwigshafen à Bâle en passant par Karlsruhe et Strasbourg. Ce travail de mise en commun, de traitement, d'harmonisation de la présentation a été piloté par la LUBW (Karlsruhe), organisme surveillant l'air en Bade-Wurtemberg, en collaboration avec ses homologues : la LfUG en Rhénanie-Palatinat, l'ASPA pour l'Alsace et le LHA pour les deux cantons de Bâle Ville et Bâle Campagne.

Le site Internet inauguré en juin 2005 et perfectionné depuis, contient des tableaux et des cartes avec des données du jour par station de part et d'autre du Rhin. En saison d'ozone, les quatre organismes de surveillance mettent en place, depuis l'été 2005, une procédure de concertation quotidienne en milieu d'après-midi afin d'établir pour le lendemain une prévision commune

Das erste Ziel bestand darin, alle Bürgerinnen und Bürger des Oberrheingebiets über die Verwaltungsgrenzen hinweg gemeinsam über die Luftqualität zu informieren. Diese Information wird über eine eigens zu diesem Zweck entwickeltes Internetangebot angeboten :

www.luft-am-oberrhein.net
bzw. www.atmo-rhena.net

Grundlage dafür war die Einrichtung eines automatischen Datenaustauschsystems, das im 24-Stunden-Betrieb mit den durch die Luftqualitätsmessstationen, die von Ludwigshafen über Karlsruhe und Straßburg bis nach Basel reichen, gemessenen Daten gespeist wird. Die Arbeiten zur Zusammenführung und Verarbeitung der Daten sowie der einheitlichen Darstellung im Internet wurden unter Federführung der LUBW (Karlsruhe), die das Luftmessnetz in Baden-Württemberg betreibt, in Kooperation mit dem LfUG für Rheinland-Pfalz, der ASPA für das Elsass und dem LHA für die beiden Kantone Basel Stadt und Basel Land geleistet.

Das Internetangebot wurde im Juni 2005 in Betrieb genommen und seither weiter verbessert. Sie liefert Tabellen und Karten mit beiderseits des Rheins gemessenen tagesaktuellen Daten – stationsweise und flächenhaft dargestellt. Seit Sommer 2005 setzen sich während

d'évolution de la qualité de l'air et un pronostic de dépassement ou non des seuils réglementaires. Sur ce site Internet commun sont également accessibles des grandeurs statistiques sur les dix dernières années avec mise à jour périodique.

Le seul point non atteint a été l'élaboration d'un indice commun de la qualité de l'air. Des efforts ont été déployés dans ce sens avec une participation française au groupe de travail allemand de l'indice LuQx et une participation allemande au groupe de travail national de l'indice français ATMO. Les constructions des indices réciproques ont les mêmes bases mais les démarches respectives étaient trop avancées pour converger vers une échelle commune. Sur le site Internet, chaque indice (suisse, allemand et français) a toutefois, pour comparaison, été appliqué sur l'ensemble de la zone transfrontalière. La création prévue d'un groupe de travail européen pour un indice commun pourra à terme répondre à cet objectif initial.

Ozonperioden täglich die vier für die Ozonüberwachung zuständigen Institutionen über eine abgestimmte Vorgehensweise in Verbindung. Jeweils am Nachmittag wird eine gemeinsame Vorhersage über die Entwicklung der Luftqualität am folgenden Tag, und eine Prognose, ob die gesetzlichen Schwellenwerte überschritten werden oder nicht, erstellt. Das gemeinsame Internetangebot enthält auch Kenngrößen der Luftschadstoffe über die letzten zehn Jahre, die regelmäßig fortgeschrieben werden.

Das einzige Ziel, das nicht erreicht werden konnte, war die Erarbeitung eines gemeinsamen Index für die Luftqualität. Anstrengungen dazu sind durchaus unternommen worden. So hat ein französisches Team in der Arbeitsgruppe zum deutschen Index LuQx und ein deutsches Team an der nationalen Arbeitsgruppe für den französischen Index ATMO mitgearbeitet. Die jeweiligen Indizes gehen zwar von denselben Grundlagen aus, die Arbeiten waren aber bereits zu weit fortgeschritten, als dass man sich auf eine gemeinsame Skala hätte einigen können. Auf den Internetseiten werden die drei bestehenden Indizes (Schweiz, Deutschland und Frankreich) jedoch zum Vergleich auf den gesamten Grenzraum angewendet ausgewiesen. Das ursprüngliche Ziel soll mittelfristig über die Einrichtung einer gemeinsamen europäischen Arbeitsgruppe angegangen werden.

8.2 Simuler la qualité de l'air du Rhin supérieur Simulation der Luftqualität im Oberrheingebiet

Le second objectif était la mise en place d'une plateforme pérenne de modélisation permettant de simuler la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur.

8.2a Des outils pour l'inventaire commun des émissions

Il a fallu d'abord construire un inventaire harmonisé des rejets atmosphériques par type de polluant et par catégorie de sources de pollutions (résidentiel, tertiaire, industrie, trafic, agriculture, etc.). Cela a été fait, commune par commune, à partir d'un assemblage harmonisé des inventaires réalisés en amont avec des méthodes différentes dans chacun des pays. Ce travail a conduit au développement d'outils informatiques comme «Emiss'air» la banque transfrontalière des données communales d'émissions et «Manag'air» le module qui permet de construire rapidement des scénarios d'émissions intégrant des actions et politiques de réduction à court et long terme.

Das zweite Ziel bestand in der Einrichtung einer dauerhaften Modellierungsplattform für die Luftqualität im Oberrheingebiet.

8.2.a Hilfsprogramme für gemeinsame Emissionserhebungen

Zunächst musste eine abgestimmte Bestandserhebung über die Emissionen nach Schadstoffklassen und Quellengruppen (Haushalte und Kleinfeuerungen, Dienstleistungssektor, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft usw.) erarbeitet werden. Zu diesem Zweck wurde jede einzelne Gemeinde nach den landesüblichen Methoden, aber über abgestimmte Erhebungswerkzeuge aufgenommen. Diese Arbeit mündete in die Entwicklung von Hilfsprogrammen wie „Emiss'air“, die grenzübergreifende Datenbank der Emissionen je Gemeindegebiet und „Manag'air“ ein, ein Modul, mit dem in kurzer Zeit Emissionsszenarien unter Einbeziehung der kurz- und langfristigen Aktionen und Maßnahmen erarbeitet werden können.

8.2.b Des outils pour la modélisation commune des immissions

La mise en place du modèle de pollution de l'air a demandé une phase d'adaptation à l'espace rhénan. Une vaste campagne de mesure y a contribué en mobilisant, en mai et juin 2003, 12 camions laboratoires, un avion et 3 sites de mesures intensives instrumentés par 17 équipes de recherche allemandes, suisses, françaises et italiennes. Les données fournies par la campagne de mesure ont eu le double effet de mieux comprendre les spécificités locales et de faire évoluer la configuration du modèle. L'une des recherches a d'ailleurs permis de corriger les émanations des hêtres (sous-estimées) et celles des sapins (surestimées) en tant qu'émissions impliquées dans la formation de l'ozone. Les émissions issues de la végétation (forêts, prairies, cultures) représentent globalement sur la zone transfrontalière près de 30% de la catégorie des précurseurs de l'ozone dénommés les composés organiques volatils (COV).

8.2.c Des enseignements sur les marges de réduction de la pollution

L'application du modèle a dans un premier temps permis d'étudier les déterminants de l'ozone dans l'espace du Rhin supérieur pour des journées types de la campagne de mesure avec pics d'ozone généralisés et dépassements du seuil européen d'information et de recommandation. Il est confirmé que, dans les grandes agglomérations, la formation d'ozone a tendance à être inhibée par la pollution urbaine et qu'en revanche un vaste panache photochimique se développe sous le vent de ces agglomérations. Les valeurs d'ozone les plus élevées sont obtenues dans ces panaches d'agglomérations. Cela provient du fait que la concentration d'ozone en un point donné est en permanence la résultante entre des apports extérieurs, des phénomènes locaux de destruction chimique et des mécanismes de formation photochimique (sous l'action du soleil). Cela conduit à une plus forte destruction d'ozone dans les agglomérations (grandes zones d'émissions) et une plus grande production d'ozone dans les panaches d'agglomérations à distance des zones d'émissions majeures des précurseurs.

L'influence des masses d'air importées contenant de l'ozone et ses précurseurs a pu être évaluée en simulant l'absence, certes théorique mais parlante, de toutes les émissions du Rhin supérieur liées aux activités humaines : la concentration de précurseurs est alors réduite des deux tiers pour les oxydes d'azote et de moitié pour les composés organiques volatils, ce qui induit pour le pic d'ozone une baisse de 30% au cœur du panache d'agglomération. Et la moitié de cette réduction de 30% est attribuable à l'absence simulée du trafic routier dans le Rhin supérieur.

8.2.b Hilfsprogramme für die gemeinsame Modellierung der Immissionen

Das Ausbreitungsmodell wurde an die Verhältnisse im Oberrheingebiet angepasst. Hierzu wurde im Mai/Juni 2003 eine Messkampagne mit 12 Laborwagen, einem Flugzeug und 3 Intensivmessstellen durchgeführt. Die Intensivmessstellen wurden von 17 deutschen, schweizerischen, französischen und italienischen Forscherteams betrieben. Aufgrund der dort gemessenen Daten konnten sowohl die örtlichen Besonderheiten besser verstanden als auch die Konfiguration des Modells weiter entwickelt werden. Außerdem konnten die Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen von Buchen (vorher überbewertet) und von Tannen (vorher unterbewertet) korrigiert werden. Im Oberrheingebiet werden insgesamt fast 30% der als Ozonvorläufersubstanz bekannten leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe (VOC) von der Vegetation (Wälder, Wiesen, Anbauflächen) emittiert.

8.2.c Erkenntnisse zu den Minderungspotentialen der Luftbelastung

Das Modell wurde zunächst dazu eingesetzt, die bestimmenden Faktoren der Ozonentstehung im Oberrheingebiet zu erfassen, und zwar für typische Tage im Zeitraum der Messkampagne mit hohen Ozonspitzenwerten und Überschreitungen des europäischen Schwellenwertes zur Information der Bevölkerung. Es hat sich bestätigt, dass in den großen Ballungsräumen die Ozonkonzentration durch die städtische Luftbelastung tendenziell niedriger sind und dass im Lee dieser Ballungsräume eine ausgeprägte photochemisch bedingte Abluffahne entsteht. In diesen Abluffahnen der Ballungsräume sind die höchsten Ozonwerte festzustellen. Ursache dafür ist, dass die Ozonkonzentration an einem gegebenen Ort ständig das Resultat aus Einträgen von außen, lokalen chemischen Abbauvorgängen und Mechanismen der photochemischen Entstehung (unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung) von Ozon ist. Dadurch wird in den Ballungsräumen (Hauptemissionszonen) mehr Ozon abgebaut, verursacht durch die in den Ballungsräumen vermehrte Emission von Vorläufersubstanzen, während in größerer Entfernung in den Abluffahnen der Ballungsräume mehr Ozon entsteht.

Der Einfluss importierter Luftmassen, die Ozon und Ozonvorläufersubstanzen enthalten, wurde durch die Simulation einer, zwar nur theoretischen, aber umso aussagekräftigeren Situation ohne jegliche anthropogene Emissionen im Oberrheingebiet bewertet. Die Konzentration an Ozonvorläufersubstanzen sinkt, die Stickoxide gehen um zwei Drittel, die leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe um die Hälfte zurück, wodurch

Une étude des différents types de sites (urbain, panache d'ozone, rural hors panache) a quantifié l'impact relatif sur l'ozone obtenu avec de fortes réductions locales des contributions des deux familles de précurseurs de l'ozone (oxydes d'azote NO_x et composés organiques volatils COV). Ainsi, réduire les précurseurs anthropiques de moitié sur l'ensemble du Rhin supérieur entraîne au mieux environ 10% de moins d'ozone dans un panache d'agglomération (ex : au nord de Strasbourg), 5% en milieu rural (ex : au sud de la Forêt Noire) et se révélerait même sans effet au cœur des grandes agglomérations (ex : légère augmentation estimée au centre de Bâle). De façon générale, ces simulations permettent de montrer que la réduction des COV a toujours un impact favorable à la baisse de l'ozone et que pour les oxydes d'azote en grande agglomération, seule une forte réduction associée à celles des COV serait vraiment efficace.

8.2.d La simulation de mesures d'urgence

Après avoir effectué ces premières analyses dressant un bilan des marges de minoration possibles de l'ozone à partir de la limitation des précurseurs émis localement, des études ont été entreprises à partir de trois scénarios de mesures d'urgence.

Un premier niveau de mesures d'urgence se proposait de réduire la vitesse du trafic routier de 20 voire 40 km/h. Ces mesures apporteraient globalement très peu de variations d'émissions des précurseurs au regard d'un impact potentiel sur l'ozone. Ce premier niveau des mesures d'urgence comprend également une baisse de moitié de certaines des émissions industrielles en COV, et une interdiction simultanée sur l'ensemble de la zone d'utilisation de solvants pour usages domestiques et tertiaires.

Un deuxième niveau de mesures d'urgence interdisant le trafic de transit conduit à rajouter une baisse des émissions globales des précurseurs de 4 à 8% sans impact significatif sur l'ozone. De plus la mesure serait difficile à mettre en place.

Un troisième niveau de mesures d'urgence correspond à la combinaison d'une interdiction de circulation pour les voitures particulières âgées et de circulation alternée des autres voitures particulières pour les 12 villes de plus de 50 000 habitants du Rhin supérieur. Ces mesures d'urgence ont été simulées car elles conduiraient à une baisse significative des émissions du trafic routier (de 39 à 75% selon le polluant) en amont des panaches d'agglomération.

Les mesures d'urgence de niveau 3 combinées à la baisse des émissions industrielles, résidentielles et tertiaires du niveau 1, auraient comme effet une minoration de l'ozone de 7% (pour la journée type du 12 juin 2003) dans le

die Ozonspitzenwerte im Kern der Abluffbahnen der Ballungsräume im günstigsten Fall um 30% sinken. Die Hälfte dieses 30-prozentigen Rückgangs geht auf die simulierte Einstellung des Straßenverkehrs im Oberrheingebiet zurück.

Der relative Einfluss starker lokaler Reduzierungen beider Vorläufersubstanzen (Stickoxide NO_x und leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe VOC) auf die Ozonentstehung wurde für die verschiedenen Standorte (Stadt, Ozonabluftfahne, Land ohne Ablufffahne) quantifiziert. Es zeigt sich, dass die Ozonwerte in der Ablufffahne eines Ballungsraums (beispielsweise im Norden von Straßburg) bei Halbierung der anthropogenen Ozonvorläufer im gesamten Oberrheingebiet um bestensfalls 10% und im ländlichen Raum (beispielsweise im südlichen Schwarzwald) um bestenfalls 5% sinken würden; im Kernbereich der großen Ballungsräume bliebe sie sogar wirkungslos. Für das Stadtzentrum Basel dürfte es beispielsweise zu einer leichten Erhöhung kommen. Diese Simulationen belegen, dass die Reduzierung der VOC die Ozonwerte stets günstig (nach unten) beeinflusst und dass innerhalb großer Ballungsräume aber nur die gleichzeitige sehr starke Reduzierung der Stickoxide wirklich wirksam ist.

8.2.d Simulation von Sofortmaßnahmen

Im Anschluss an die ersten Ergebnisse zu den Potentialen für mögliche Ozonreduzierungen durch Begrenzung der lokalen Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen wurden drei Szenarien von Sofortmaßnahmen untersucht.

Die erste Stufe von Sofortmaßnahmen sieht eine Reduzierung der Geschwindigkeiten im Straßenverkehr um 20 km/h bzw. 40 km/h vor. Diese Maßnahmen haben kaum Einfluss auf die Ozonwerte, da sie die Emission der Vorläufersubstanzen kaum beeinflussen. Die erste Stufe von Sofortmaßnahmen sieht außerdem die Senkung bestimmter industrieverursachten VOC-Emissionen um die Hälfte und gleichzeitig ein völliges Verbot der Verwendung von Lösungsmitteln in Haushalten und im Dienstleistungsbereich vor.

Die im Zuge der Sofortmaßnahmen der zweiten Stufe vorgesehenen Transit-Fahrverbote führen zu einer globalen Senkung der Emissionen von Ozonvorläufern um 4% bis 8%. Die Auswirkung auf die Ozonwerte wäre gering und die Maßnahme wäre auch schwer umzusetzen.

Die dritte Stufe von Sofortmaßnahmen sieht Fahrverbote für ältere Privat-Pkw bei gleichzeitigen alternierenden Fahrverboten für alle übrigen Pkw in den 12 Städten mit über 50.000 Einwohner im Oberrheingebiet vor. Diese Sofortmaßnahmen hätten signifikante Auswirkungen auf die vorgelagerten Emissionen aus dem Straßenverkehr (39% bis 75% je nach Schadstoff).

panache d'agglomération et une légère remontée de l'ozone au cœur des grandes agglomérations toutefois à des niveaux restant inférieurs à ceux du panache. Des minorations d'ozone comparables ont été obtenues pour des simulations de pics d'ozone lors de situations dynamiques de vent de nord-est et lors de la canicule de 2003 avec de faibles vitesses de vent. En terme de gestion sanitaire de la qualité de l'air, les minorations d'ozone sont certes les plus fortes dans les zones les moins peuplées, mais il est à prendre en considération que les réductions des polluants primaires sont parallèlement les plus fortes dans les agglomérations concernées.

En effet, les 12 villes représentent 1,9 millions d'habitants soit 30% de la population totale parmi la plus exposée. Et les réductions obtenues par de telles mesures d'urgence correspondent, dans ces villes, à une diminution moyenne des émissions primaires de 14% en oxydes d'azote et en particules en suspension (PM10), de 35% en COV et de 54% en monoxyde de carbone.

En regard des dépassements du seuil horaire de recommandation ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sur le Rhin supérieur, ces mesures d'urgence réduiraient très peu les zones et la part de la population concernées mais abaisseraient globalement le nombre d'heures de dépassement du seuil de recommandation.

8.2.e La simulation de la qualité de l'air à l'horizon 2020

Les réductions des émissions prévues à long terme se différencient des mesures d'urgence à triple titre : elles concernent l'ensemble de l'Europe, elles sont massives et elles touchent l'ensemble des émissions dans des rapports différents des mesures d'urgence. Une telle prospective au long terme a été réalisée dans le cadre de ce projet à l'horizon 2020. Une première approche a consisté à traduire à l'horizon 2020 en gain d'émissions pour le Rhin supérieur (baisse de l'ordre de 30% pour les polluants principaux), l'évolution induite par les directives européennes pour l'industrie et les scénarios de trafic routier issus de l'étude plurimodale des transports dans le Rhin supérieur.

Entre temps, le programme européen CAFE (Clean Air for Europe) achevé en 2004 et la stratégie thématique sur la qualité de l'air adoptée en 2005 par l'Union européenne ont conclu sur la nécessité d'engager à l'horizon 2020 des réductions d'émissions encore plus importantes si l'on voulait diminuer de façon acceptable l'impact sanitaire de la pollution de l'air notamment pour l'ozone et les particules.

Des simulations pour le fossé rhénan ont ainsi été réalisées à partir de plusieurs scénarios à long terme : un scénario CLE (Current Legislation Europe) qui ne tiendrait compte que de la législation courante existante et à venir mais

Mit dieser Maßnahme kann bei gleichzeitiger Senkung der auf der ersten Stufe vorgesehenen Emissionen aus Industrie, Haushalten und dem Dienstleistungsbereich ein Rückgang der Ozonwerte um 7% in den Abluffahnen der Ballungsräume (für einen charakteristischen Tag wie den 12. Juni 2003) und ein leichter Anstieg der Ozonwerte im Kern der großen Ballungsräume bewirkt werden, in denen die Ozonwerte aber immer noch niedriger wären als in den Abluffahnen. Vergleichbare Ozonminderungen wurden bei Simulationen hoher Konzentrationen mit Winden aus nordöstlicher Richtung und während der Hitzeperiode 2003 mit schwachen Winden erhalten. Unter dem Aspekt der gesundheitlichen Wirkung betrachtet ist festzustellen, dass die Ozonwerte in den weniger dicht besiedelten Bereichen stärker sinken, parallel aber in den betroffenen Ballungsräumen die Primärschadstoffe stärker reduziert werden.

Die 12 Städte mit ihren 1,9 Millionen Einwohnern umfassen 30% der Gesamtbevölkerung, darunter die am stärksten belasteten. Die untersuchten Sofortmaßnahmen bringen für diese Städte eine durchschnittliche Verringerung der Primäremissionen um 14% für Stickoxide und Schwebstaub (PM10), um 35% für VOC und um 54% für Kohlenmonoxid.

Im Hinblick auf die Überschreitungen der Informationsschwelle ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 1-Stunden-Mittelwert) im Oberrheingebiet hätten diese Sofortmaßnahmen für die betroffenen Gebiete und den betroffene Bevölkerungsanteil nur geringfügige Änderungen zur Folge, jedoch ginge die Zahl der Stunden, in denen der Schwellenwert überschritten wird, allgemein zurück.

8.2.e Simulation der Luftqualität bis zum Jahr 2020

Die langfristig vorgesehenen Reduzierungen der Emissionen unterscheiden sich in dreierlei Hinsicht von den Sofortmaßnahmen: Sie betreffen ganz Europa, sie sind in ihrem Umfang massiv und sie betreffen die verschiedenen Emissionen in einem anderen Maß als die Sofortmaßnahmen. Im Rahmen dieses Projekts wurde eine langfristige Vorausschau bis zum Jahr 2020 erarbeitet.

In einem ersten Ansatz wurden die erreichbaren Emissionsminderungen für das Oberrheingebiet bis zum Jahr 2020 (Verringerung der wichtigsten Schadstoffe um etwa 30%) berechnet, die sich infolge der verschiedenen europäischen Richtlinien für die Industrie und den Szenarien für den Straßenverkehr, gemäß der Multimodale Verkehrstudie im Oberrheingebiet abzeichnen.

In der Zwischenzeit haben aber das 2004 fertiggestellte europäische CAFE-Programm (Clean Air for Europe) und die 2005 von der Europäischen Union verabschiedete thematische Strategie zur Luftqualität gezeigt, dass

sans sévèrisation de la stratégie européenne, un scénario MTFR (Maximum Technically Feasible Reduction) très volontariste mettant en œuvre les meilleures technologies disponibles et un scénario intermédiaire intitulé MEDIUM. Globalement sur le Rhin supérieur, les deux familles de précurseurs verraient par rapport à l'an 2000 leurs rejets de NO_x et COV diminuer respectivement de 47% et 36% pour le scénario CLE et de 77% et 40% pour le scénario MTFR.

Pour une journée avec des taux d'ozone particulièrement forts comme le 12 juin 2003, la réduction au cœur du panache de Strasbourg atteint 50 µg/m³ (-19%) pour le CLE, et 75 µg/m³ (-28%) pour le scénario MTFR.

L'application des scénarios européens 2020 permet de restreindre très fortement l'aire touchée par les dépassements.

die Emissionen bis zum Jahr 2020 noch stärker reduziert werden müssen, wenn die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftbelastung insbesondere durch Ozon und Schwebstäube in dem erforderlichen Ausmaß verringert werden sollen.

Simulationen für den Rheingraben wurden deshalb auf Basis von Langfrist-Szenarien durchgeführt: Das sog. CLE-Szenario (Current Legislation Europe) trägt sämtlichen bestehenden und künftigen gesetzlichen Vorschriften Rechnung, sieht aber keine Verschärfung der europäischen Strategie vor. Das MTFR-Szenario (Maximum Technically Feasible Reduction) geht davon aus, dass überall die besten verfügbaren Technologien zum Einsatz kommen. Ein dazwischen liegendes Szenario wurde „MEDIUM-Szenario“ genannt. Insgesamt würden damit im Oberrheingebiet die beiden Gruppen von Ozonvorläufersubstanzen NO_x und VOC gegenüber dem Jahr 2000 nach dem CLE-Szenario um 47% bzw. um 36% und nach dem MTFR-Szenario um 77% bzw. um 40% zurückgehen.

An einem Tag mit besonders hohen Ozonwerten wie dem 12. Juni 2003 wird im Kernbereich der Abluftfahne von Straßburg nach dem CLE-Szenario eine Reduzierung um 50 µg/m³ (-19%) und nach dem MTFR-Szenario eine Reduzierung um 75 µg/m³ (-28%) erreicht.

Die Anwendung der europäischen Szenarien für 2020 führt dazu, dass der von den Schwellenwertüberschreitungen betroffene Raum sehr viel kleiner wird.

8.3 Prévoir la pollution pour le lendemain Vorhersage der Luftbelastung für den Folgetag

Le système de modélisation mis en place se prêtait à être relié à un modèle prévisionnel de météorologie pour simuler des pronostics de pollutions atmosphériques (dioxyde d'azote, particules, ozone) pour le jour en cours, le lendemain et le surlendemain. C'est ce qui a été réalisé sous forme d'outil opérationnel apportant aux organismes de surveillance de la qualité de l'air une aide précieuse pour établir les tendances du lendemain et prévoir les dépassements de seuil. Ce système fournit également des cartes de prévision accessibles au public via le site Internet d'information commune.

Das eingerichtete Modellierungssystem ist mit einem meteorologischen Vorhersagemodell gekoppelt. Beide zusammen können Vorhersagen der Luftbelastung (Stickstoffdioxid, Schwebstaub, Ozon) für den laufenden Tag und die beiden darauf folgenden Tage berechnen. Dieses System stellt für die Institutionen, welche für die Überwachung der Luftqualität im täglichen Betrieb zuständig sind, eine wertvolle Hilfestellung dar, weil es die tendenzielle Entwicklung am nächsten Tag berechnen kann und Vorhersagen zu Schwellenwertüberschreitungen ermöglicht. Außerdem bietet das System Vorhersagekarten, zu denen die breite Öffentlichkeit über die gemeinsamen Internetseiten Zugang hat.

8.4 Ampleur de la pollution par l'ozone Tragweite der Ozonbelastung

Pendant les cinq années de travail, les connaissances sur les enjeux liés à la pollution de l'air ont évolué. Elles mettent notamment en avant, dans l'Union européenne des 25, l'ampleur des impacts sanitaires pour l'ozone et les particules en suspension. Le projet Atmo-rhenA ancré sur la problématique de l'ozone avec une ouverture exploratoire sur les particules est donc allé dans le sens de l'histoire. La campagne de mesure et les premières simulations réalisées sur l'espace du Rhin supérieur ont confirmé le caractère transfrontalier des phénomènes photochimiques avec une étendue qui dépasse d'ailleurs largement la zone d'étude. Les phénomènes de pollution dans le Rhin supérieur sont certes exacerbés par sa topographie d'encaissement entre Vosges et Forêt Noire, mais en même temps nettement sous influence des masses d'air entrant par le Nord-Est ou le Sud-Ouest avec une part importée non négligeable d'ozone et de ses précurseurs.

Während der fünfjährigen Arbeiten an diesem Projekt hat sich der Kenntnisstand über die Luftbelastung und ihre Bedeutung verändert. So stehen heute die gesundheitlichen Auswirkungen von Ozon und Schwebstaub in der Europäischen Union der 25 im Vordergrund. Das auf die Ozonproblematik ausgerichtete Projekt Atmo-rhenA und seine zu Forschungszwecken erfolgte Ausdehnung auf den Bereich der Schwebstäube zielte daher in die richtige Richtung. Die Messkampagne und die ersten Simulationen im Oberrheingebiet haben den grenzübergreifenden Charakter der photochemischen Vorgänge bestätigt, die weit über das heutige Untersuchungsgebiet hinaus wirken. Die Luftbelastung wird im Oberrheingebiet durch seine topographische Lage, seinen Einschluss zwischen Vogesen und Schwarzwald zwar verschärft, sie ist aber eindeutig auch dem Einfluss von Luftmassen zuzuschreiben, die von Nordosten oder Südwesten zuströmen und auch einen nicht unerheblichen Teil an Ozon und Ozonvorläufersubstanzen eintragen.

8.5 Complexité de la photochimie et inertie de la problématique air et initiatives locales

Komplexität der Photochemie grenzübergreifende und lokale Maßnahmen, zeitliche Horizonte und mögliche Hemmnisse

L'étude des minorations de l'ozone en fonction de la réduction potentielle des précurseurs locaux rend compte de la complexité des phénomènes de production et de destruction d'ozone. Elle invite à engager des actions de réduction massive et simultanée des oxydes d'azote et des COV pour éviter une faible efficacité voire, en ville, aucun impact significatif pour l'ozone. La relative limitation des marges d'actions locales due à l'importation d'ozone et de ses précurseurs dans le couloir rhénan incite à des actions coordonnées à l'échelle européenne comme le prévoit la directive européenne sur l'ozone.

Sur le court terme, l'efficacité relative, pour l'ozone, de l'application de mesures d'urgence locales est certes à mettre en regard des difficultés et coûts de mise en place d'une interdiction de trafic de transit ou de circulation alternée dans les grandes villes. Toutefois, la pertinence de telles mesures d'urgence se doit aussi de prendre en considération les baisses parallèles non négligeables en polluants primaires (NO_2 , particules, etc.), eux-mêmes toxiques, améliorant ainsi la situation sanitaire, notamment dans les grandes agglomérations densément peuplées.

Sur le long terme, les objectifs les plus récents de réduction d'émissions atmosphériques retenus par l'Union européenne, conduiraient progressivement à des réductions de polluants primaires significatives.

Die Untersuchung der Frage, wie weit die Ozonwerte durch eine potenzielle Reduzierung der örtlichen Ozonvorläufersubstanzen sinken, trägt der Komplexität der an der Entstehung und dem Abbau von Ozon beteiligten Mechanismen Rechnung. Die Ergebnisse legen nahe, Maßnahmen zur massiven und vor allen Dingen gleichzeitigen Reduzierung sowohl der Stickoxide als auch der VOC zu ergreifen, um die angestrebte Wirksamkeit nicht zu verfehlen bzw. die Ozonwerte in den Städten überhaupt spürbar beeinflussen zu können. Da die Handlungsspielräume für lokale Maßnahmen zur Ozonreduzierung wegen des Eintrags von Ozon und seinen Vorläufersubstanzen von außen in den Rheingraben begrenzt sind, sind auf europäischer Ebene abgestimmte Maßnahmen angezeigt, wie die europäische Ozonrichtlinie sie vorsieht.

Kurzfristige, zeitlich befristete Maßnahmen zur Senkung der Ozonwerte, z.B. Fahrverbote oder alternierende Fahrverbote in Großstädten, haben sich in den Simulationen als unwirksam erwiesen. Allerdings können derartige Maßnahmen einen Rückgang der Primärschadstoffe (NO_2 , Schwebstaub usw.) bewirken, die selbst toxisch sind. Damit leisten sie gerade in den dicht besiedelten Ballungsräumen einen Beitrag zur Verbesserung der gesundheitlichen Lage.

L'inertie d'une telle stratégie basée sur l'amélioration technique est en partie liée à l'entrée en vigueur graduée de la réglementation, à la mise en service progressive des nouvelles technologies et au renouvellement continu du parc existant des véhicules ou des chaudières.

L'atteinte de ces objectifs ambitieux exigera de surmonter une autre inertie : celle intrinsèque à toute mise en place dans la durée de décisions politiques touchant de fait à l'ensemble des activités humaines.

Une chose est certaine : en 2020, la pollution de l'air restera encore un enjeu de santé publique.

Aussi, ces améliorations technologiques ne dispensent pas d'une approche locale visant des actions structurelles et comportementales d'assainissement de l'air en lien étroit avec la maîtrise de l'énergie et du réchauffement climatique. Il s'agit notamment de l'optimisation du transport des personnes et des biens, avec transfert modal respectivement vers les transports en commun (covoiturage compris) et vers le non-routier (comme le ferroutage). C'est pourquoi, ces résultats de l'étude sont à mettre en regard des flux de trafic dans le Rhin supérieur.

Les impacts sur la qualité de l'air doivent également être pris en compte en matière d'aménagement du territoire. En fin de compte, les mesures destinées à intensifier l'utilisation des énergies renouvelables et toutes les mesures contre l'amplification du changement climatique méritent une évaluation critique au regard de leurs impacts potentiels sur la pollution de l'air, afin d'éviter des effets contre-productifs pour la qualité de l'air.

Ces actions relèvent pour une part de l'impulsion politique. Elles remettent au besoin à l'ordre du jour les résultats des études réalisées dans les différents groupes des experts de la Conférence du Rhin supérieur (dont l'étude plurimodale sur les transports dans le Rhin supérieur du groupe de travail « Transport ») et incitent plus largement à une réflexion transfrontalière concertée entre les experts de la qualité de l'air, du transport, des énergies renouvelables et du réchauffement climatique, etc. La coopération transfrontalière qui en résulterait serait d'autant plus efficiente qu'elle permettrait d'alléger d'autres inerties imprimées dans le territoire comme la dispersion des lotissements propice aux déplacements routiers ou gravées dans les mentalités comme la résistance aux indispensables changements des comportements individuels et collectifs.

Langfristig dürften die jüngst von der Europäischen Union beschlossenen Ziele zur Reduzierung der Luftemissionen allmählich einen signifikanten Rückgang der Primärschadstoffe bewirken. Diese technologischen Verbesserungen können nur langfristig ihre Wirkung entfalten, weil die neuen Vorschriften stufenweise in Kraft treten, die neuen Technologien erst nach und nach greifen und beispielsweise der Fahrzeug- und Heizkesselbestand nur allmählich erneuert wird.

Bei der Bewertung dieser Maßnahmen in Bezug auf die Zeithorizonte, in denen sie spürbare Wirksamkeit entfalten können, ist zu berücksichtigen, dass hierfür schwierige politische Entscheidungen erforderlich sind, da die Maßnahmen sämtliche menschlichen Aktivitäten berühren.

Mit Sicherheit wird die Luftbelastung jedenfalls auch im Jahr 2020 noch gesundheitspolitisch relevant sein.

Gleichzeitig entheben technologische Verbesserungen uns nicht der Verpflichtung, erforderlichenfalls lokale Strategien und strukturelle und verhaltensändernde Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität durchzuführen, die eng mit der Energienutzung und der Klimaerwärmung verbunden sind. Notwendig sind z.B. eine Optimierung des Personen- und Güterverkehrs und ein Verkehrsträgerwechsel, mehr gemeinsamer Nahverkehr (einschließlich Fahrgemeinschaften) und Reduzierung des Straßenverkehrs (einschließlich Huckepackverkehr). Dabei sind die Ergebnisse der Untersuchung der Verkehrsströme im Oberrheingebiet zu berücksichtigen.

Auch in der Raumplanung müssen die Auswirkungen auf die Luftqualität noch stärker beachtet werden. Schließlich sind die Aktivitäten zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien und alle Maßnahmen gegen eine weitere Klimaveränderung hinsichtlich ihres Luftverunreinigungspotenzials kritisch zu prüfen, um kontraproduktive Auswirkungen auf die Luftqualität zu vermeiden.

Den Anstoß dazu muss die Politik geben. Sie setzt die Ergebnisse der in verschiedenen Expertengremien der Oberrheinkonferenz erarbeiteten Untersuchungen (darunter die Multimodale Verkehrsstudie Oberrhein der Arbeitsgruppe „Verkehr“) erforderlichenfalls auf die Tagesordnung und gibt Anreize für breiter angelegte, abgestimmte grenzübergreifende Betrachtungen der Experten für Luftqualität, Verkehr, erneuerbare Energien und Klimaerwärmung, usw. Die daraus resultierende grenzübergreifende Zusammenarbeit kann umso wirksamer sein, je mehr sie dazu beiträgt, andere Hemmnisse zu überwinden, etwa im Bereich der Raumplanung hinsichtlich von Streusiedlungen und ihrer verkehrsgerechten Anbindung oder im Bereich des mentalen Widerstands gegen die unvermeidbare Änderung unserer individuellen und kollektiven Verhaltensweisen.

8.6 Perspectives Ausblick

Les résultats obtenus à l'aide de simulations sont à circonscrire dans les limites de l'exercice réalisé à savoir l'application à plusieurs journées caractéristiques avec pics d'ozone. Ils sont donc à prendre comme premiers enseignements dégagant des tendances générales. Il conviendra de les confirmer par la poursuite des simulations transfrontalières pour l'ozone et pour les polluants primaires et aussi bien pour des épisodes de pollution aiguë que pour le fond moyen (pollution chronique). Ces enseignements ne sont pas transposables pour les épisodes de pollution hivernale en dioxyde d'azote ou en particules en suspension.

Ces problématiques de pollution primaire se doivent d'ailleurs de rester l'objet d'une attention particulière au regard :

- d'une part des particules en suspension qui présentent encore des dépassements de valeurs limites européennes.
- d'autre part des valeurs limites à respecter en 2010 pour le dioxyde d'azote NO_2 dans un contexte de stagnation constatée pour ce polluant.

Les deux systèmes d'information et de modélisation mis en place à l'occasion de ce projet Atmo-rhenA pourront alors contribuer, pour leurs parts, à démêler la complexité des phénomènes et à alléger les inerties évoquées :

Dans le domaine de la simulation

Un travail d'affinement des gisements de réductions possibles des précurseurs de l'ozone dans le Rhin supérieur est à réaliser et plus particulièrement dans les grandes agglomérations plus ou moins industrialisées ayant de ce fait des structures d'émissions différentes.

Par ailleurs, le modèle est en mesure de simuler d'autres formes de pollution majeure comme les particules en suspension ou les oxydes d'azote. Cela permettrait en particulier d'étudier l'impact de mesures d'urgence pour les épisodes de pollution hivernale.

Une réponse pourra également être apportée à l'impact de scénarios susceptibles d'être mis en œuvre rapidement comme la réduction permanente de vitesse sur les grands axes rapides interurbains.

Sur le long terme, un suivi spatial et temporel de la pollution et de l'exposition de la population pourra être estimé au regard des normes. Non sans lien avec l'optimisation des réseaux de mesure, cela alimentera notamment le reporting européen acceptant, sous conditions, des données modélisées.

Die mit Hilfe von Simulationen gewonnenen Ergebnisse begrenzen sich auf mehrere untersuchte charakteristische Tage mit Ozonspitzenwerten. Sie sind daher als erste Erkenntnisse zu betrachten, aus denen sich allgemeine Tendenzen herleiten lassen und müssen durch weitere grenzübergreifende Simulationen der Ozon- und Primärschadstoffsituation sowie von Episoden akuter Luftverunreinigung und mittlerer Hintergrundbelastung bestätigt werden. Die vorliegenden Erkenntnisse sind nicht auf Episoden erhöhter winterlicher Stickoxid- oder Schwebstaubkonzentrationen übertragbar.

Diese Problematik der Luftbelastung mit Primärschadstoffen verdient weiterhin besondere Aufmerksamkeit, insbesondere hinsichtlich:

- der Schwebstäube, deren Konzentrationen die europäischen Grenzwerte überschreiten;
- der ab dem Jahr 2010 einzuhaltenden Grenzwerte für Stickstoffdioxid NO_2 vor dem Hintergrund der derzeit stagnierenden Entwicklung der NO_2 -Werte.

Das im Rahmen des Projekts Atmo-rhenA eingerichtete Informations- und Modellierungssystem kann dazu beitragen, die Komplexität der Phänomene zu klären und die erwähnten Hemmnisse zu verringern:

Im Bereich der Simulation

Es muss eine verfeinerte Erarbeitung der Reduzierungspotentiale der Ozonvorläufersubstanzen im Oberrheingebiet durchgeführt werden. Dies insbesondere in den großen Ballungsräumen, deren Emissionsstrukturen sich auf Grund ihrer unterschiedlichen Industrialisierung unterscheiden.

Außerdem kann das Modell auch andere bedeutende Luftschadstoffe simulieren, wie Schwebstaub oder Stickoxide. Dies kann besonders die Wirksamkeitsuntersuchung der Sofortmaßnahmen bei winterlichen Luftbelastungsepisoden ermöglichen.

Es könnte über die Auswirkung der schnell umsetzbaren Szenarien eine Antwort gegeben werden, z.B. wie sich beispielsweise eine permanente Geschwindigkeitsreduzierung auf den Fernverkehrsachsen auswirkt.

Eine langfristige räumliche und zeitliche Entwicklung der Luftbelastung und der Exposition der Bevölkerung wird im Hinblick auf die Richtlinien durchgeführt werden können. Dies auch im Hinblick auf eine Optimierung der Messnetze sowie die europäische Berichtspflicht, die unter bestimmten Bedingungen Modelldaten akzeptiert.

Dans le cadre de politiques transversales de développement durable concernant à la fois la maîtrise de l'énergie, l'environnement et le réchauffement climatique, le modèle s'est révélé être un outil d'analyse, transfrontalière ou locale, environnementale et sociale, de l'impact sur la qualité de l'air de programmes locaux et publics, planifiés ou envisagés.

Les données spatialisées issues de la modélisation vont contribuer à améliorer le suivi épidémiologique mettant en lien les taux de pollution et les effets sur la santé.

Plus largement, toutes les recherches scientifiques liées à la qualité de l'air vont bénéficier de données géo-référencées issues de la modélisation.

Dans le domaine de l'information

Le site Internet commun pourra être utilisé pour la diffusion certes des informations et des prévisions au quotidien et en cas d'alerte mais également des rapports et des études concernant la qualité de l'air dans le Rhin supérieur.

Le site gagnera à être valorisé pour la sensibilisation de la population pour une meilleure qualité de l'air voire pour une maîtrise des enjeux transversaux comme le réchauffement climatique.

Ces perspectives de valorisation des outils Atmo-rhenA dorénavant disponibles dépendront des mandats confiés par la Conférence du Rhin supérieur à son groupe d'experts de la qualité de l'air ou proviendront de demandes publiques avalisées.

Im Rahmen der politischen Querschnittsmaßnahmen und nachhaltiger Entwicklung zur Beherrschung von Energie, Umwelt und Klimaerwärmung erweist sich das Modell als Instrument zur grenzüberschreitenden, lokalen, umweltrelevanten und sozialen Analyse des Einflusses lokaler und öffentlicher geplanter oder vorgesehener Programme auf die Luftqualität.

Die rasterbezogenen Daten aus der Modellierung werden der Verbesserung der epidemiologischen Überwachung dienen und die Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen der Luftbelastung und den gesundheitlichen Folgen ermöglichen.

Im weiteren Sinne werden wissenschaftliche Arbeiten aller Art im Bereich der Luftqualität von den Simulationsdaten profitieren können.

Im Bereich der Information

Die gemeinsamen Internetseiten werden zur Verbreitung von Informationen und Vorhersagen tagesaktueller Daten und in Alarmsituationen, aber auch von Berichten und Untersuchungen zur Luftqualität im Oberrheingebiet verwendet werden können.

Die Internetseiten können zur Sensibilisierung der Bevölkerung in Bezug auf die Herausforderungen im Bereich der Luftqualität sogar der Klimaerwärmung verwendet werden.

Inwieweit diese Werkzeuge des Projekts Atmo-rhenA künftig sinnvoll genutzt und verfügbar gemacht werden, hängt davon ab, welches Mandat die Oberrheinkonferenz ihrer Expertengruppe für Luftreinhaltung erteilt und welche staatlichen Aufträge genehmigt werden.

8.7 Signe et instrument d'une communauté transfrontalière vivante Zeichen und Instrument einer lebendigen grenzübergreifenden Gemeinschaft

Ce projet a été l'occasion de doter du logo Atmo-rhenA la coopération transfrontalière tripartite dans le domaine de la qualité de l'air. Ce logo fait du Rhin un trait d'union entre les Vosges et la Forêt Noire mais aussi entre les communautés humaines franco-germano-suisse en illustrant la coopération comme œuvre commune valorisant les différences.

Dans cet esprit, le travail en commun réalisé durant ces cinq ans aura une nouvelle fois permis d'approfondir les échanges transfrontaliers aussi bien dans le domaine professionnel que sur le plan humain.

Cette coopération se révèle ainsi, à son niveau, comme un signe de la vitalité d'une communauté de destin (subissant la même pollution de l'air) et de dessein (cherchant ensemble à y remédier).

Avec le souhait que le système commun Atmo-rhenA d'information et d'évaluation soit, pour sa part, un instrument privilégié pour l'avenir du Rhin supérieur.

Anlässlich dieses Projekts wurde für die dreiseitige grenzübergreifende Zusammenarbeit im Bereich der Luftqualität das Logo Atmo-rhenA entwickelt. Dieses Logo symbolisiert das Oberrheingebiet als Bindeglied zwischen den Vogesen und dem Schwarzwald, aber auch zwischen den Menschen in Frankreich, Deutschland und in der Schweiz. Es steht für eine Zusammenarbeit, die sich als gemeinsames Werk versteht und die Unterschiede achtet.

In diesem Sinne waren die gemeinsamen Arbeiten, die in den letzten fünf Jahren geleistet wurden, erneut Anlass, den grenzübergreifenden Austausch in fachlicher und menschlicher Hinsicht zu vertiefen.

Diese Kooperation symbolisiert damit auf ihrer Ebene die Lebendigkeit einer Schicksalsgemeinschaft, die derselben Luftbelastung ausgesetzt ist und ihrem Willen gemeinsam etwas dagegen zu tun.

Möge das gemeinsame Informations- und Bewertungssystem Atmo-rhenA seiner Rolle als privilegiertem Werkzeug in seinem Bereich für die Gestaltung der Zukunft im Oberrheingebiet gerecht werden.



Bibliographie

Literatur und Quellen



ASPA. 2005. Etude des Composés Organiques Volatils (COV) mesurés par le LIC (Laboratoire Inter-Régional de Chimie du Grand Est). Campagne INTERREG III, mai-juin 2003. ASPA-05072101-ID, 42 p.

ASPA. 2006a. Inventaire Communal des émissions atmosphériques sur la vallée du Rhin supérieur. ASPA 06122202-ID

ASPA. 2006b. Performances de prévision de la plate-forme Atmo-rhenA de modélisation transfrontalière sur la partie française du domaine pour l'été 2005 : période expérimentale. ASPA 06052201-ID.

ASPA. 2006c. Mise à jour des émissions biotiques dans la plate forme de modélisation transfrontalière. ASPA-06072901-ID.

ASPA. 2006d. Bilan de la campagne de mesures INTERREG III de mai-juin 2003 et homogénéisation des données en un format unique. ASPA 06072902-ID.

ASPA. 2006e. Calage et validation de MM5 et de CHIMERE sur les POI de la campagne INTERREG III, reproduction de phénomènes météorologiques particuliers. ASPA 06072903-ID.

ASPA. 2006f. Scores de prévision de la plate-forme transfrontalière pour l'hiver 2005-2006 et l'été 2006 (PM10, NO₂, O₃ et indices ATMO). ASPA-06072102-ID.

ASPA. 2006g. Etude des régimes d'ozone avec CHIMERE et comparaison des mécanismes MELCHIOR1 et MELCHIOR2 de CHIMERE. ASPA-06072603-ID.

ASPA. 2006h. Etude de sensibilité de l'ozone aux émissions anthropiques avec Atmo-rhenA. ASPA-06072605-ID.

ASPA. 2006i. Simulation de scénarios de réduction des émissions à court terme (mesures d'urgence) et à long terme (CAFE 2020). ASPA-06072104-ID.

Broniez C. 2004. Rapport final du Laboratoire d'Optique Atmosphérique concernant les mesures effectuées sur le site B de Rossfeld, Campagne Interreg III (15/05/03-16/06/03). Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA).5 p.

CAFE. Clean Air for Europe <http://ec.europa.eu/environment/air/cafe/index.htm>

CHIMERE. euler.lmd.polytechnique.fr/chimere, Institut Pierre Simon Laplace, IPSL

Clappier A, Couach O, Kirchner F. 2005. Simulations des Périodes d'Observation Intensives et de différents scénarios de réduction d'émissions. LPAS (Laboratoire de Pollution Atmosphérique et Sol), EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) Rapport Final.

Coll I. 2007. Analyse par modélisation de la production d'ozone dans l'Espace du Rhin Supérieur- Analyse d'épisodes avec le modèle CHIMERE - Rôle des paramètres régionaux et continentaux - Application au programme INTERREG III. LISA (Laboratoire Inter-Universitaire des Systèmes Atmosphériques).

Commission des Communautés Européennes. 2005. Communication de la Commission au Conseil et au Parlement. Stratégie thématique sur la pollution atmosphérique. Bruxelles COM(2005) 446 final. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fr/com/2005/com2005_0446fr01.pdf

Coppalle A, Talbaut M., 2004. Participation du CORIA au programme d'observation de juin-juillet 2003 dans le cadre du projet INTERREG III : « Observation des profils de vent dans la couche de surface ». CORIA (Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aerothermochimie). Rapport final. 16 p.

Couach O. 2003. Etude et modélisation de la pollution photochimique dans l'espace du Rhin Supérieur-Analyse des régimes de production d'ozone-Elaboration de scénarios de réductions des émissions ». Système commun d'évaluation et d'information sur la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur. Projet INTERREG III. (ASPA-E23.1-8A)

DRE Alsace (Direction Régionale de l'Equipement Alsace). 2003. Etude plurimodale des transports dans le Rhin Supérieur. 101 p.

EMEP <http://webdab.emep.int/>

Frejafon E. 2003. Campagne LIDAR INTERREG III, Rapport Final. Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air. Convention 115/2003. Unité Qualité de l'Air – Direction des Risques Chroniques. INERIS DRC-03-45795-AIRE-923-EFr.54 p.

GFS. Global Forecast System. www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs. National Center for Environmental Prediction, NCEP.

IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2004. The « current legislation » and the « maximum technically feasible reduction » cases for the CAFE baseline emission projection – CAFE scenario analysis report n°2. novembre 2004.

IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2005. A final set of scenarios for the Clean Air For Europe (CAFE) programme – CAFE scenario analysis report n°6 - juin 2005.

INTERREG I. 1995. Plan de protection Atmosphérique Strasbourg/Ortenau- Luftreinhalteplan Straßburg/Ortenau. 283 p.

INTERREG II. 2000. Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur. 2000- Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein. 288 p.

Kommission der Europäischen Gemeinschaften. 2005. Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Thematische Strategie zur Luftreinhaltung. Brüssel. KOM (2005) 446 endgültig.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/com/2005/com2005_0446de01.pdf

Kurtenbach R, Wiesen P, Bergische Universität Wuppertal (BUW). 2003. Report on the measurement campaign INTERREG III in Neuheusel. May 16 – June 16, 2003. 10 p.

Laj, P. 2004. Rapport de Campagne INTERREG. Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP) de Clermont-Ferrand (LaMP). 4p.

LCSR (Laboratoire de Combustion et Systèmes Réactifs du CNRS Orléans), LCE (Laboratoire Chimie et Environnement de l'Université de Provence Marseille). 2004. Analyse des aldéhydes, peroxydes, radicaux peroxydes et espèces associées lors de la campagne INTERREG III dans la région de Strasbourg (mai-juin 2003).

LUBW.2007. Gemeinsames Informationssystem über die Luftqualität im Oberrheingebiet. LUBW Nr.61-14/2007.

MEDD (Ministère français chargé de l'Environnement). 2004. Circulaire du 18/06/2004 relative aux procédures d'information et de recommandation et d'alerte et aux mesures d'urgence.

MM5. box.mmm.ucar.edu/mm5, National Center for Atmospheric Research, NCAR.

Möller D. 2004. Final report to the INTERREG III activities as cooperation partner of ASPA, Brandenburg Technical University Cottbus. Chair for Atmospheric Chemistry and Air Quality. Volmerstr. 13. D-12489 Berlin. 3 p.

Moortgat GK. 2005. Max-Planck-Institute for Chemistry. Atmospheric Chemistry Department, Final Report on the Campaign, INTERREG III, 21st May – 17th June, Mainz. 29 p.

Moukhtar S. 2005. Impact des émissions naturelles sur les épisodes de pollution photochimique. Application à la région du fossé rhénan. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.

Neininger B. Bäuml M. 2004. - Rapport Final Interreg-III (Strasbourg). MetAir. 37 p.

Pregger T,¹ Sambat S,² Friedrich R. 2004. Study on particulate matter emissions: Particle size distribution and chemical composition. ¹IER-Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart. ²CITEPA-Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique.

PREV'AIR. www.prevair.org, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. INERIS.

Putaud JP, Gröbner J. 2004. High Rhine Valley Field Campaign, INTERREG III Cm, 19/05/2003-16/06/2003. European Commission Directorate General Joint Research Centre. Final Report. Report EUR 21317 EN. European Communities. 22 p.

REKLIP. 1995. Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regio-Klima-Projekt REKLIP : Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd Atlas Climatique du Fossé Rhénan Méridional, vdf Hochschulverlag AG ETH Zürich, Zürich.

Rhin supérieur - Données statistiques 2006 Oberrhein statistische Data 2006.
<http://www.oberrheinkonferenz.org/media/docs/56-statistik06.pdf>

Sambat S,¹ Theloke J,¹ Friedrich R,¹ Allemand N². 2004. Bibliographic study concerning the speciation of NMVOC. ¹IER-Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart. ²CITEPA-Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique.

Simeonov V, Ristori P, Couach O. 2004. Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL). Laboratory of Air and Soil Pollution (LPAS). Final Report on the Measurement Campaign INTERREG III in Neuheusel, 19th May – 16th June 2003. 37 p.

Uherek E, Sander R. 2004. Ozonvorkommen – Troposphärische Ozonwerte verstehen, www.atmosphere.mpg.de. Max Planck Institute (MPI) for Chemistry. Mainz.

(96/62/CE) Directive 96/62/CE du Conseil du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant.

(96/62/EG) Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität. 'Luftqualitätsrahmenrichtlinie'.

(97/101/CE) Décision 97/101/CE du Conseil, du 27 janvier 1997, établissant un échange réciproque d'informations et de données provenant des réseaux et des stations individuelles mesurant la pollution de l'air ambiant dans les États membres. La décision 2001/752/CE modifie les annexes de la décision 97/101/CE, afin d'adapter la liste des polluants couverts et les exigences en matière de renseignements complémentaires, de validation et d'agrégation.

(97/101/EG) Entscheidung des Rates vom 27. Januar 1997 zur Schaffung eines Austausches von Informationen und Daten aus den Netzen und Einzelstationen zur Messung der Luftverschmutzung in den Mitgliedstaaten (geändert durch die nichtveröffentlichte Rechtsakte 2001/752/EG „zur Änderung der Anhänge der Entscheidung 97/101/EG des Rates zur Schaffung eines Austausches von Informationen und Daten aus den Netzen und Einzelstationen zur Messung der Luftverschmutzung in den Mitgliedstaaten“).

(98-373) DECRET 98-373 du 11/05/1998 portant publication du Protocole à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de 1979 relatif à la lutte contre les émissions des composés organiques volatils ou leurs flux transfrontières.

(1999/30/CE) Directive 1999/30/CE du Conseil, du 22 avril 1999, relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant. Directive fille

(1999/30/EG) Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über die Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. 1. Tochterrichtlinie.

(2000/69/CE) Directive 2000/69/CE Directive du Parlement européen et du Conseil, du 16 novembre 2000, concernant les valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant. Directive fille

(2000/69/EG) Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft. 2. Tochterrichtlinie.

(2001/81/CE) Directive 2001/81/CE du 23/10/2001 du Parlement Européen et du Conseil fixant des plafonds d'émission nationaux pour certains polluants atmosphériques, Journal officiel des Communautés européennes.

(2001/81/EG) Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe.

(2002/3/CE) Directive 2002/3/CE Directive du Parlement européen et du Conseil, du 12 février 2002, relative à l'ozone dans l'air ambiant. Directive fille

(2002/3/EG) Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft. 3. Tochterrichtlinie.

(2004/107/CE) Directive 2004/107/CE. Directive du Parlement européen et du Conseil, du 15 décembre 2004, concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant.

(2004/107/EG) Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft

(LRV, 1985) Luftreinhalteverordnung vom 16. Dezember 1985, revidiert am 15. Dezember 1997

Fond Cartographique / Kartengrundlagen :

Occupation du sol / Landnutzung CLC (Corine Land Cover)

Suisse/Schweiz : copyright : Data : EEA CORINE Land Cover - Design : SFSO GEOSTAT - 2000

Allemagne/Deutschland : Federal Ministry for the Environment Nature Conservation and Nuclear Safety - Umwelt Bundes Amt Für Mensch und Umwelt - DLR Deutsches Zentrum für Luft - und Raumfahrt e.V.

France/Frankreich : copyright UE-IFEN avec le concours du CNES pour les régions Alsace et Franche-Comté - Copyright UE-IFEN 1995 pour la Lorraine - 2000

MNT Modele Numerique de Terrain 250m Raster

Publié par GEOSYS, 31595 Toulouse Cedex, France Autorisation sous licence: MONA Pro EUROPE 72-99