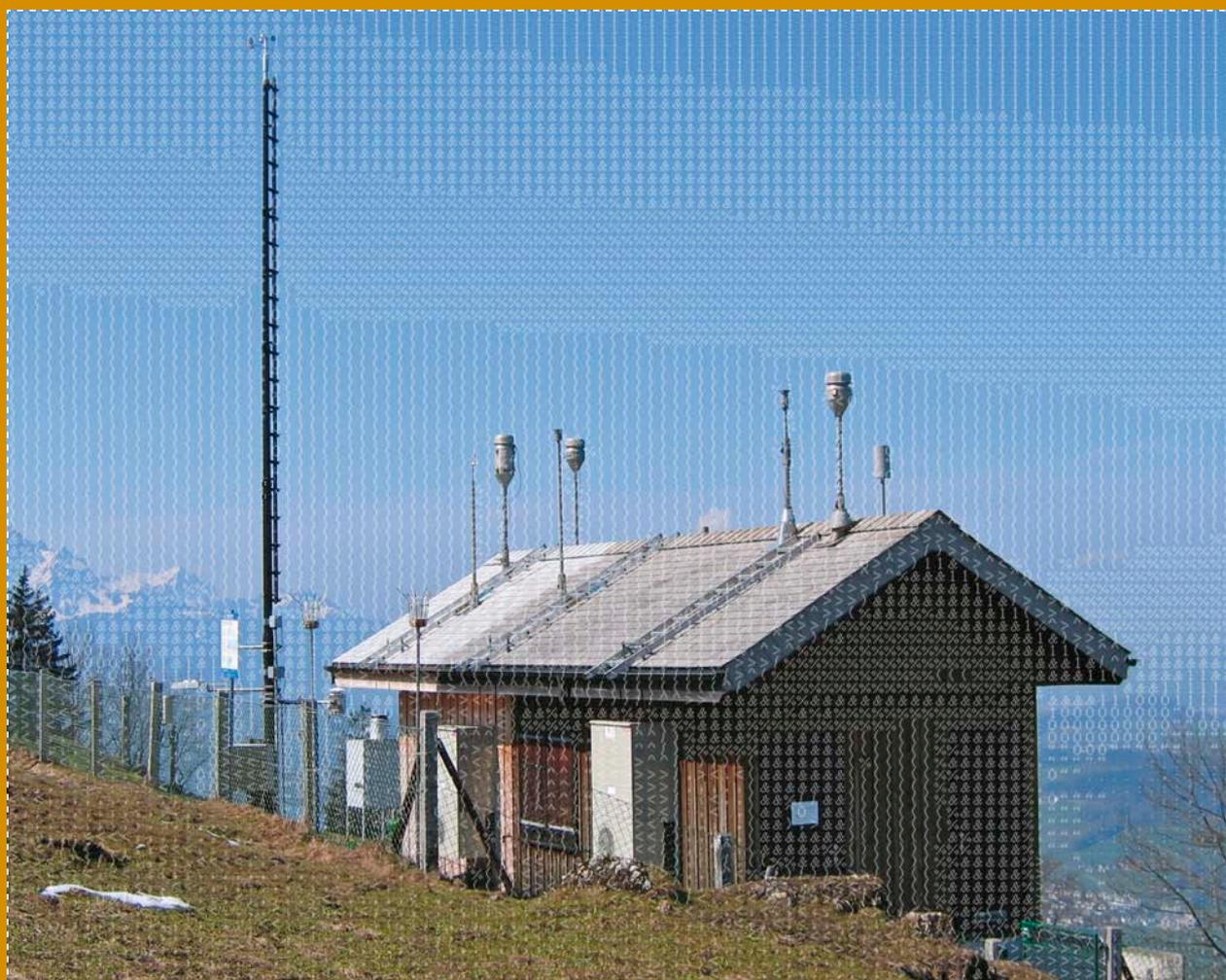


> NABEL

La pollution de l'air en 2010

*Résultats du Réseau national d'observation
des polluants atmosphériques (NABEL)*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV



Laboratoire fédéral d'essai
des matériaux et de recherches

> NABEL

La pollution de l'air en 2010

*Résultats du Réseau national d'observation
des polluants atmosphériques (NABEL)*

Impressum

Editeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)

Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa)

Contact

OFEV

Division Protection de l'air et RNI

3003 Berne

Tél. 031 322 93 12

Fax 031 324 01 37

E-mail: luftreinhaltung@bafu.admin.ch

Référence bibliographique

OFEV 2011: NABEL – La pollution de l'air en 2010. Résultats du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL). Etat de l'environnement n° 1118. Office fédéral de l'environnement, Berne. 126 p.

Photo de couverture

Stations de mesure Rigi-Seebodenalp

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uz-1118-f

(il n'existe pas de version imprimée)

Cette publication est également disponible en allemand.

© OFEV 2011

> Table des matières

Abstracts	5		
Avant-propos	7		
Résumé	9		
<hr/>			
1	La pollution de l'air en Suisse (aperçu)	15	
1.1	Emissions de polluants	15	
1.2	Transport et transformation chimique des polluants (transmission)	15	
1.3	Situation des immissions en Suisse	17	
1.4	Effets de la pollution de l'air	18	
1.5	Valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air	20	
<hr/>			
2	Le réseau national de mesure des polluants atmosphériques (NABEL)	21	
2.1	Création du réseau de mesure	21	
2.2	Objet du réseau de mesure	21	
2.3	Tâches du réseau de mesure	22	
2.4	Emplacement des stations de mesure	23	
2.5	Programme et méthodes de mesure	24	
2.6	Assurance de la qualité	24	
2.7	Autres publications NABEL	26	
<hr/>			
3	Oxydes d'azote	27	
3.1	Formation et propriétés	27	
3.2	Evolution des immissions	27	
3.3	Situation en 2010	29	
3.4	Evaluation	33	
<hr/>			
4	Poussières fines	34	
4.1	Formation et propriétés	34	
4.2	Evolution des immissions	34	
4.3	Situation en 2010	35	
4.4	Mesure des PM _{2,5} et PM ₁	37	
4.5	Mesure du nombre de particules	38	
4.6	Soufre dans les poussières en suspension	39	
4.7	Evaluation	40	
4.8	Benzo(a)pyrène dans les poussières fines	41	
<hr/>			
4.9	Teneur en suie des poussières fines		42
<hr/>			
5	Ozone		44
5.1	Formation et propriétés		44
5.2	Evolution des immissions		45
5.3	Situation en 2010		49
5.4	Variations saisonnières de l'ozone		50
5.5	Evaluation		50
<hr/>			
6	Composés organiques volatils		51
6.1	Formation et propriétés		51
6.2	Quantité totale de COV		52
6.3	Composés aromatiques		53
6.4	Hydrocarbures saturés et hydrocarbures insaturés		54
6.5	Composés halogénés		56
6.6	Evaluation		57
<hr/>			
7	Dioxyde de soufre		58
7.1	Formation et propriétés		58
7.2	Evolution des immissions		58
7.3	Situation en 2010		59
7.4	Evaluation		60
<hr/>			
8	Monoxyde de carbone		61
8.1	Formation et propriétés		61
8.2	Evolution des immissions		61
8.3	Situation en 2010		62
8.4	Evaluation		63
<hr/>			
9	Retombées de poussières		64
<hr/>			
10	Métaux lourds dans les poussières en suspension et les retombées de poussières		65
10.1	Plomb		65
10.2	Cadmium		67

10.3	Zinc	69
10.4	Thallium	70
10.5	Evaluation	70
10.6	Autres métaux	70
11	Substances contenues dans les précipitations	71
11.1	Formation et propriétés	71
11.2	Evolution des immissions	72
11.3	Situation en 2010	74
11.4	Evaluation	76
12	Composés azotés (particules ou gaz)	77
12.1	Quantité totale de composés azotés	77
12.2	Phase gazeuse et phase particulaire des composés azotés	79
12.3	Ammoniac	79
13	Conditions météorologiques	81
13.1	Situation en 2010	81
13.2	Inversions	82
14	Perspectives	83
Annexe A		85
	Annexe A1: description des emplacements	86
	Annexe A2: programme de mesure NABEL	87
	Annexe A3: méthodes de mesure	88
	Annexe A4: unités de mesure et grandeur statistique	89
	Annexe A5: homogénéisation des séries de mesures de la station de Berne	90
Annexe B		91
	Annexe B1: Résultats des mesures effectuées dans les 16 stations du réseau national d'observation des polluants atmosphériques NABEL en 2010	91

> Abstracts

The present report analyses the state of air quality and the extent of air pollution in Switzerland on the basis of data collected by the National Air Pollution Monitoring Network (NABEL). It documents the evolution of air pollution since the beginning of the eighties and comprehensively presents the measurements obtained in 2010. The ambient air quality during 2010 can be characterised as follows: Exceedances of the ambient air quality standard were observed for nitrogen dioxide, respirable fine particulates (PM10) and ozone. The standards for sulphur dioxide, carbon monoxide, dust fall, and heavy metals were respected in all cases. The air quality has significantly improved over the last 20 years.

Der Bericht dokumentiert anhand von Messresultaten des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL) den Zustand der Luft in der Schweiz. Er zeigt die Entwicklung der Luftverschmutzung seit Beginn der 1980er-Jahre und präsentiert ausführlich die Messwerte des Jahres 2010. Die Luftbelastung des Jahres 2010 kann wie folgt charakterisiert werden: Grenzwertüberschreitungen werden bei den Schadstoffen Stickstoffdioxid, lungengängiger Feinstaub (PM10) und Ozon beobachtet. Überall eingehalten werden die Grenzwerte für Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Staubniederschlag und die Schwermetalle. Die Entwicklung der Luftbelastung in den letzten 20 Jahren zeigt eine deutliche Verbesserung.

Le présent rapport analyse, sur la base des mesures enregistrées par les stations du réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL), l'état de l'air en Suisse. Il met en lumière l'évolution de la situation depuis le début des années 1980 et présente en détail les résultats des mesures effectuées en 2010. Pour 2010, la situation en matière d'immissions peut être caractérisée ainsi: les valeurs limites fixées pour le dioxyde d'azote, les fines particules respirables (PM10) et l'ozone ont été dépassées, celles pour le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, les retombées de poussières et les métaux lourds ont pu être respectées partout. La charge polluante de l'air s'est nettement améliorée ces 20 dernières années.

Sulla base delle misurazioni effettuate dalla Rete nazionale d'osservazione degli inquinanti atmosferici (NABEL), il rapporto documenta la situazione in Svizzera dell'inquinamento atmosferico, mostra l'evolvere della situazione a partire dagli anni '80 e presenta in dettaglio i valori misurati nel 2010. La situazione relativa alle immissioni in Svizzera nel 2010 può essere descritta nel modo seguente: sono stati rilevati superamenti dei valori limite per le sostanze biossido di azoto, polveri fini respirabili (PM10) e ozono. I valori dell'anidride solforosa, del monossido di carbonio, della precipitazione di polveri e dei metalli pesanti sono stati rispettati ovunque. Il carico di inquinanti atmosferici negli ultimi 20 anni mostra un evidente miglioramento.

Keywords:

air pollution control, air quality measurements, air pollutants and temporal evolution, assessment of air quality

Stichwörter:

Luftreinhaltung, Immissionsmessungen, Luftschadstoffe und zeitliche Entwicklung, Beurteilung der Luftqualität

Mots-clés:

protection de l'air, mesures d'immissions, polluants atmosphériques et évolution temporelle, appréciation de la qualité de l'air

Parole chiave:

lotta contro l'inquinamento atmosferico, misurazione delle immissioni, inquinanti atmosferici e evoluzione temporale, valutazione della qualità dell'aria

> Avant-propos

Un être humain respire quotidiennement environ 15 000 litres d'air, soit une quinzaine de kilogrammes. Ces chiffres soulignent l'importance de l'air ambiant, qui constitue une ressource vitale, et amènent à se poser immédiatement certaines questions: quelle est la qualité de l'air que nous respirons? Est-elle suffisante pour que la santé et l'environnement ne soient pas mis en danger? Les mesures de protection de l'air appliquées jusqu'à présent ont-elles amené de bons résultats? Où y a-t-il encore des lacunes?

C'est à ces questions et à bien d'autres encore que les mesures du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL) apportent des réponses. Ils prouvent le succès de la politique de protection de l'air menée jusqu'à présent par la Confédération, les cantons et les communes. La qualité de l'air s'est nettement améliorée depuis 1985 environ. La plupart des valeurs limites d'immission fixées pour la protection de la santé et de l'environnement sont aujourd'hui respectées. Dans le cas du dioxyde de soufre, du monoxyde de carbone et du plomb, les valeurs mesurées sont même largement inférieures aux valeurs limites. Ce n'est toutefois pas encore le cas pour l'ozone, les poussières fines et le dioxyde d'azote. Bien que la situation se soit aussi améliorée dans leur cas, les immissions de ces polluants restent trop importantes. Les apports élevés de substances acidifiantes et de composés azotés représentent en outre une menace pour les écosystèmes sensibles que sont les forêts et les hauts-marais. Néanmoins, le suivi de l'efficacité du Plan d'action contre les poussières fines du Conseil fédéral, effectué en 2007, montre une diminution de la concentration des particules de suie. Il est donc indispensable de continuer d'appliquer une politique conséquente en matière de protection de l'air afin d'éliminer de façon durable les immissions excessives restantes.

Des mesures visant à réduire les émissions sont donc nécessaires. Il faut continuer de réduire les rejets d'oxydes d'azote, d'ammoniac, de composés organiques volatils, de poussières fines respirables et de substances cancérigènes (p. ex. les suies de diesel et les benzo(a)pyrènes dus à la combustion du bois ou au benzène). Les possibilités techniques doivent être exploitées pleinement pour toutes les sources de pollution, mais les rejets de substances polluantes dépendent aussi de l'évolution de la mobilité, de la consommation d'énergie, de la production industrielle et agricole et de la consommation.

Avec son évaluation de la pollution atmosphérique, le présent rapport, mis à jour chaque année, représente un élément important du suivi et montre clairement qu'il est nécessaire de prendre de nouvelles mesures de protection de l'air.

Martin Schiess
Chef de la division Protection de l'air et RNI
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

> Résumé

Pollution de l'air durant l'année 2010

En 2010, la pollution atmosphérique n'a guère évolué comparé aux années précédentes. Les poussières fines (PM10) et le dioxyde de soufre ont continué de diminuer depuis 2000, alors que le dioxyde d'azote et l'ozone se sont trouvés dans les valeurs de la période 2000-2009. Malgré une nette amélioration ces 20 dernières années, les valeurs limites d'immission du dioxyde d'azote, de l'ozone et des poussières fines (PM10) ont continué à être dépassées, largement pour la plupart, à cause d'un taux d'émission de polluants atmosphériques trop élevé en Suisse et dans les pays voisins.

Aperçu

Pendant l'hiver 2010, il n'y a pas eu de longues situations d'inversion stables en Suisse. De ce fait, la charge polluante due aux poussières fines et au dioxyde d'azote a été plus faible. L'été a été caractérisé partout en Suisse par de fréquents passages de fronts et des orages, et les valeurs d'ozone ont, par conséquent, été plus basses que lors d'années marquées par de longues et nombreuses périodes ensoleillées.

Météorologie

Comme lors des années précédentes, les valeurs limites d'immission relatives au dioxyde d'azote (en moyenne annuelle) ont été dépassées en 2010 dans les grandes villes et le long des principaux axes routiers fortement fréquentés (dans ce dernier cas souvent largement). Dans les zones suburbaines, la charge se situait près de la valeur limite ou en dessous. En zone rurale, à l'écart des routes, les taux de dioxyde d'azote se situaient nettement en dessous de la valeur limite. La plupart des dépassements des valeurs limites journalières de dioxyde d'azote ont été recensés dans un goulet routier situé en zone urbaine et le long des autoroutes. On a enregistré jusqu'à sept jours avec des moyennes journalières supérieures à 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dioxyde d'azote

En 2010, dans les villes et les zones suburbaines, les moyennes annuelles de PM10 mesurées se situaient entre 18 et 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et pouvaient s'élever jusqu'à 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les zones de grand trafic (valeur limite d'immission de PM10: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En zone rurale, le long des autoroutes, on a observé des valeurs situées entre 19 et 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A l'écart des routes, les valeurs en zone rurale se situaient en dessous de la valeur limite, entre 16 et 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur limite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne journalière) a été dépassée dans les villes et les agglomérations pendant 10 à 21 jours (moyenne journalière maximale: entre 66 et 117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). A la campagne, la valeur de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été de nouveau dépassée durant 4 à 7 jours (valeur maximale: 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Aux stations de Chaumont et de Rigi-Seebodenalp, situées au-dessus de 1000 mètres, aucune moyenne journalière supérieure à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a été relevée. Les stations situées sur le versant sud des Alpes ont enregistré une valeur de PM10 plus élevée que les stations comparables situées sur le versant nord. Le dépassement de la valeur limite journalière sur la Jungfrau est dû à une charge élevée en poussières sahariennes.

Poussières fines

En raison d'un temps estival changeant, toutes les stations ont enregistré en 2010 une charge en ozone inférieure à celle des dix années précédentes, mais encore nettement supérieure aux valeurs limites d'immission. Les valeurs de pointe de l'année 2010 au nord des Alpes étaient bien en dessous de celles des années passées. Comme au cours des années précédentes, la valeur limite d'immission de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne sur une heure) a été dépassée dans toutes les stations du réseau NABEL. Les franchissements les plus fréquents de cette valeur (525 à 666 h) ont été mesurés au Tessin ainsi qu'aux moyennes altitudes du versant nord des Alpes (aux environs de 1000 m). Ces heures se répartissent sur 45 à 84 jours. Dans les autres régions du nord des Alpes, des taux d'ozone trop élevés ont été mesurés pendant 97 à 505 heures réparties sur 18 à 50 jours. Au Tessin, on a atteint un taux maximal d'ozone de $257 \mu\text{g}/\text{m}^3$; au nord des Alpes, la valeur de pointe se situait à $209 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ozone

En 2010, les valeurs limites fixées pour le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, les retombées de poussières et les métaux lourds n'ont pas été dépassées. La charge de ces polluants se situe en général bien en dessous des valeurs limites.

Autres polluants

Aperçu de l'évolution des charges polluantes

La pollution de l'air sur plusieurs années, avec l'évolution de chaque polluant, est représentée dans les figures 1 et 2.

Oxydes d'azote

La pollution de l'air par le dioxyde d'azote (NO_2) a considérablement diminué depuis 1990. Les variations d'une année à l'autre s'expliquent en grande partie par les conditions météorologiques. Aux endroits à forte circulation, les oxydes d'azote (NO_x) ont diminué de façon beaucoup plus nette que les valeurs de NO_2 . Cela signifie que le rapport entre NO et NO_2 s'est systématiquement modifié au cours des dernières années. Avec un recul des émissions de NO_x et un potentiel d'oxydation de l'atmosphère qui reste constant, on pouvait toutefois s'attendre à une telle évolution.

Pour la première moitié des années 1990, les moyennes de PM_{10} ont pu être estimées grâce à des mesures comparatives étendues des PM_{10} et des TSP durant l'année 1997/1998. La pollution de l'air par les poussières fines (PM_{10}) a nettement diminué depuis 1990. La teneur accrue en poussières fines en 2003 et 2006 est due à de longues situations d'inversion. La valeur de la charge polluante des PM_{10} est très fortement déterminée par la fréquence d'apparition des situations d'inversion thermique en hiver. Celles-ci empêchent les échanges d'air et entraînent des concentrations de PM_{10} trop élevées à proximité du sol.

Poussières fines

Bien que les polluants précurseurs de l'ozone (NO_x et COV) aient nettement reculé depuis le milieu des années 1980, la charge en ozone a diminué moins fortement durant la même période. Cela résulte des processus chimiques complexes de formation de l'ozone et de processus de transports sur de plus longues distances. La diminution des polluants précurseurs ne conduit pas forcément à une baisse du même ordre de la charge en ozone. Ainsi, le dioxyde d'azote (NO_2), déterminant pour la formation d'ozone, a moins fortement diminué que le monoxyde d'azote (NO). Ce sont surtout

Ozone

les valeurs de pointe, déterminées par les émissions suisses, qui ont diminué depuis le début des mesures.

La pollution de l'air par le dioxyde de soufre a constamment diminué depuis l'an 2000. Aujourd'hui, les taux atteignent moins d'un dixième des valeurs mesurées au début des années 1980.

Autres polluants

Les concentrations de monoxyde de carbone, de composés organiques volatils, de métaux lourds dans les poussières en suspension ainsi que de benzène cancérigène sont pour la plupart également en diminution.

Ces dernières années, l'acidité des pluies a diminué, par conséquent les apports acides dans les écosystèmes également. Quant aux apports d'azote par les pluies, ils n'ont pratiquement pas diminué. L'acidité des pluies comme les apports d'azote restent supérieurs aux charges critiques pour les écosystèmes sensibles (cf. chapitre 11).

L'état de l'air suisse en 2010, par rapport aux valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air, est représenté dans la figure 3. La figure 4 donne un aperçu de la diminution de la pollution de l'air en Suisse entre 1988 et 2010.

Evaluation

La qualité de l'air s'est certes améliorée, mais nous sommes encore loin du but. Relevons à cet effet les quantités trop élevées d'oxydes d'azote et d'ozone, les risques pour la santé – provenant des poussières en suspension – ou les polluants atmosphériques cancérigènes, sans oublier les dépôts acidifiants et azotés déjà cités.

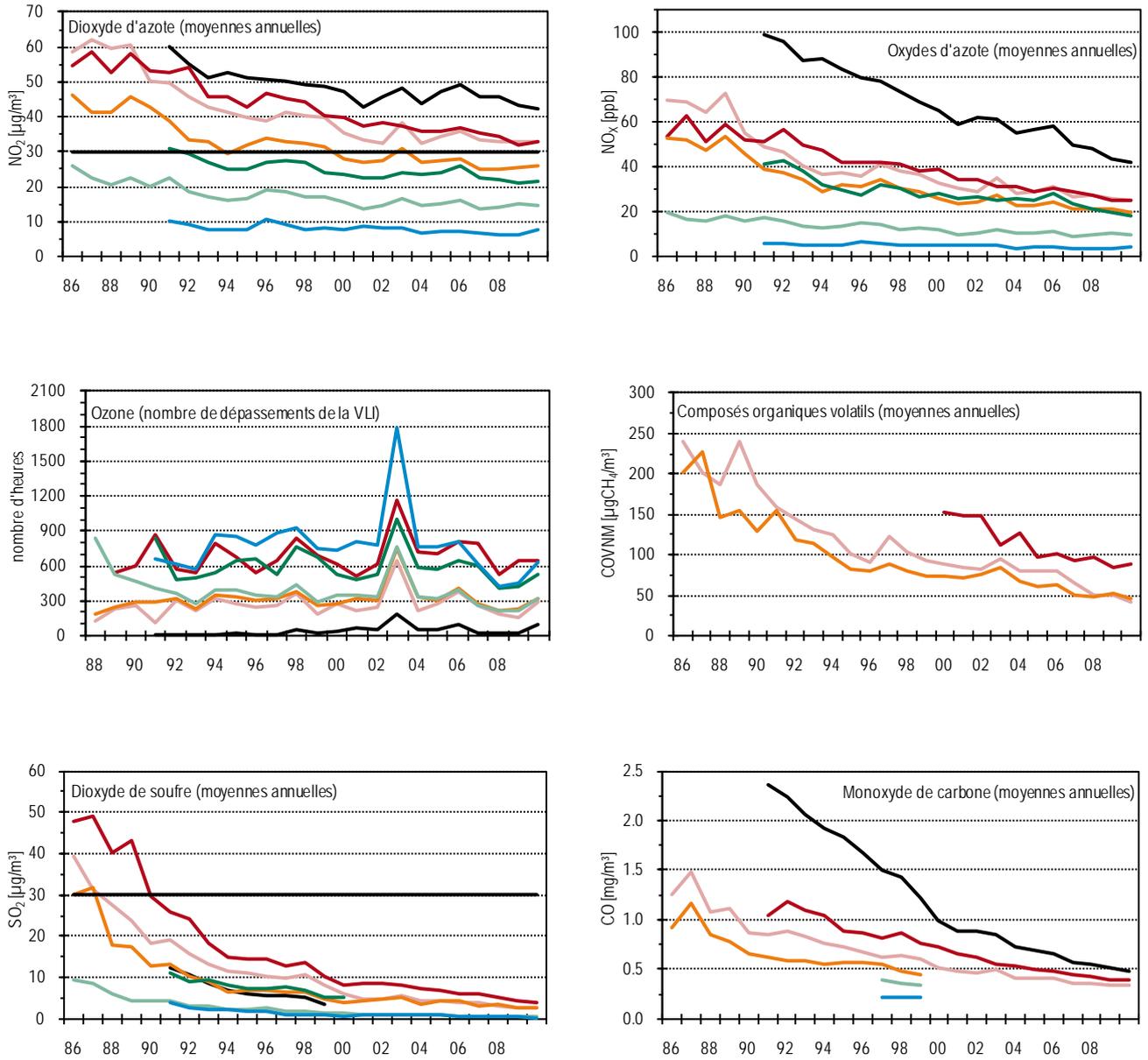
Malgré d'importants progrès, l'air n'est pas encore assez propre

Vouloir améliorer la qualité de l'air est une tâche complexe. De nombreuses étapes sont nécessaires, car aucune mesure n'est à même de résoudre à elle seule l'ensemble des problèmes. Toute mesure qui permet de diminuer les émissions de polluants se justifie. Il est primordial de tenir compte – lors de chaque décision en matière de transports, d'énergie, d'aménagement du territoire, d'agriculture ou de finances – de ses effets sur la qualité de l'air. On peut y parvenir, pour autant que l'on applique systématiquement le principe de causalité, que l'on veille à la vérité des coûts dans les transports et que l'on motive à la fois le consommateur et l'économie de manière à ce qu'ils adoptent un comportement respectueux de l'environnement. Etant donné que les polluants atmosphériques ne s'arrêtent pas aux frontières, des efforts sont nécessaires au niveau international pour diminuer les émissions. Le Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (Protocole de Göteborg) de la Convention CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance est un pas supplémentaire important. Il fixe des objectifs d'émission pour les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, l'ammoniac et les composés organiques volatils pour 28 pays en Europe, la Communauté européenne, les USA et le Canada signataires du Protocole.

D'autres mesures sont nécessaires

Figure 1 > Evolution de 1986 à 2010 en différents emplacements des polluants suivants: dioxyde d'azote, oxydes d'azote, ozone, composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), dioxyde de soufre et monoxyde de carbone

Les valeurs de la station de Berne ont été homogénéisées (voir annexe A5).



Type de site

- Urbain, trafic
- Urbain, nord
- Urbain, sud
- Suburbain
- Rural, sud
- Préalpes
- Rural, nord
- Valeur limite de l'OPair

Figure 2 > Evolution de 1986 à 2010 en différents emplacements des polluants suivants (moyennes annuelles): poussières fines (PM10; valeurs avant 1997 converties à partir de mesures TSP), retombées de poussières, plomb et cadmium (dans les poussières en suspension et les retombées de poussières)

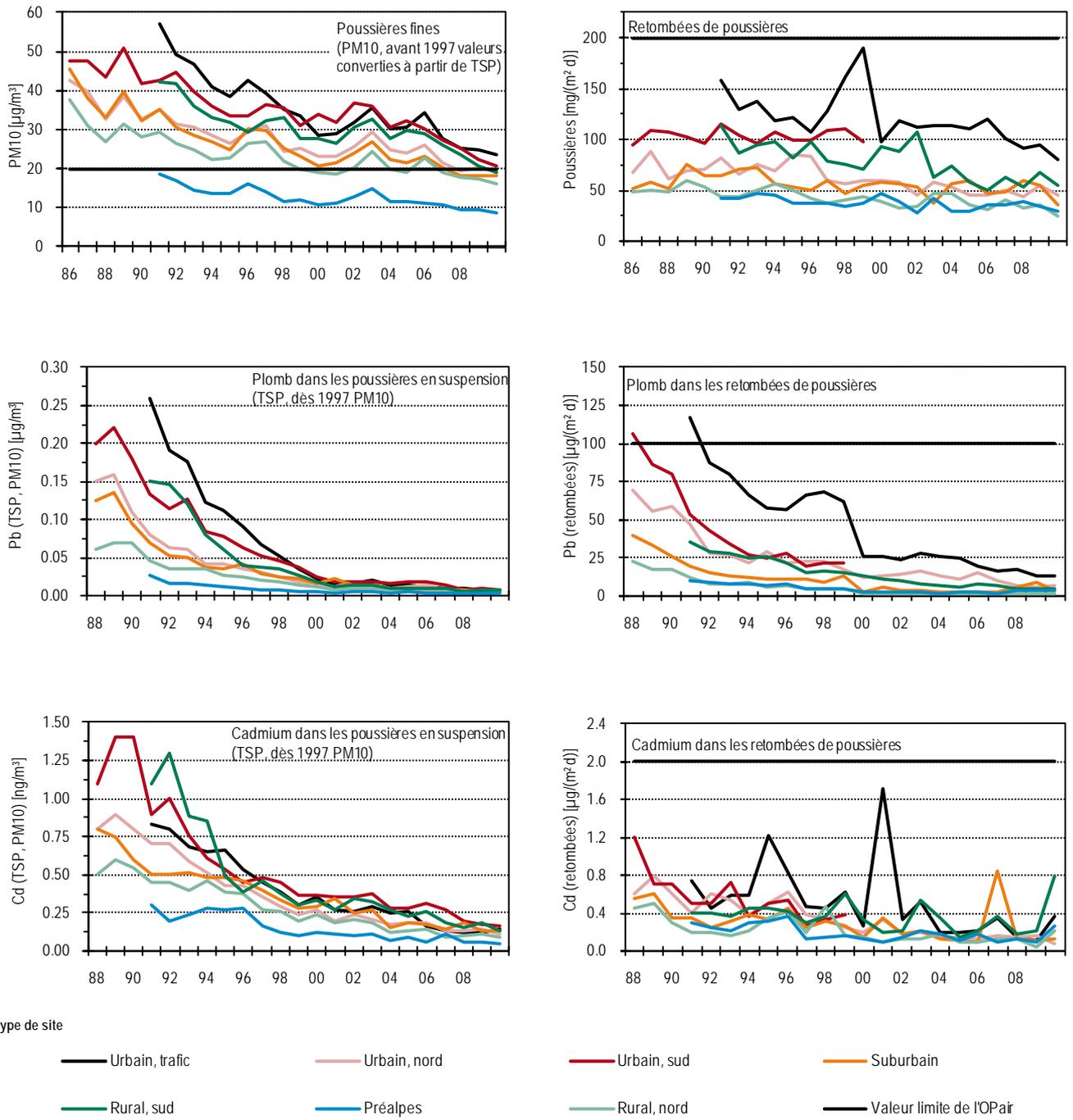
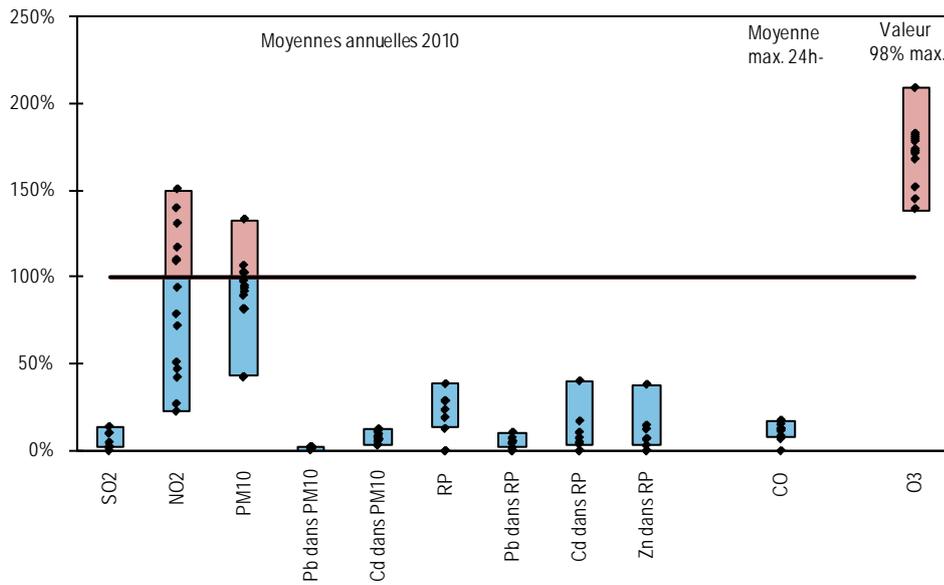


Figure 3 > Aperçu des concentrations de polluants en 2010 par rapport aux valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air

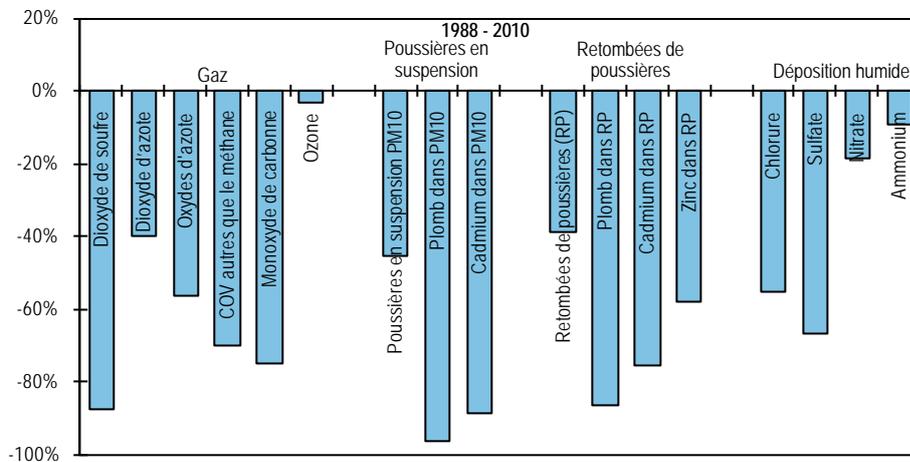
Le graphique présente les valeurs mesurées à toutes les stations NABEL sauf aux stations alpines de Davos et de la Jungfraujoch.



RP = Retombées de poussières

Figure 4 > Diminution de la pollution de l'air en Suisse entre 1988 et 2010

Toutes les stations fonctionnant selon un système de série continue de mesures (à l'exception des stations alpines) ont été considérées.



RP = Retombées de poussières

σ = Conductibilité

Diminution en pourcentage des moyennes annuelles, sauf CO (moyenne 24h max.) et O3 (maximum des val. 98% par mois)

1 > La pollution de l'air en Suisse (aperçu)

1.1 Emissions de polluants

Dans le domaine de la protection de l'air, on entend par émissions de polluants des processus liés aux activités humaines (anthropiques), au cours desquels des substances sont libérées dans l'air. Les émissions anthropiques d'oxydes d'azote (NO_x), de poussières fines (PM10), de composés organiques volatils (COV), de dioxyde de soufre (SO_2), de monoxyde de carbone (CO), de poussières et de métaux lourds (p. ex. plomb, cadmium,) dérivent principalement de processus de combustion (moteurs, chauffage), de processus industriels ainsi que de l'abrasion mécanique et de l'utilisation de solvants et de carburants.

Emissions de polluants anthropiques

Outre ces émissions causées par l'activité humaine, il existe des émanations provenant de sources naturelles. Toutefois, les émissions naturelles de NO_x , de SO_2 et de CO en Suisse représentent moins de 3 % du total. Pour les COV non méthaniques (COVNM), la part émanant de sources naturelles se monte aujourd'hui à environ 45 %. Les émissions anthropiques sont donc nettement plus importantes en Suisse que ne le sont celles dues aux sources naturelles.

Sources naturelles

Les sources des émissions polluantes dues à l'homme sont réparties en quatre groupes: trafic, ménages, industrie et artisanat, sylviculture et agriculture. La figure 5 montre la contribution de chacun des groupes aux émissions de quelques polluants indicateurs.

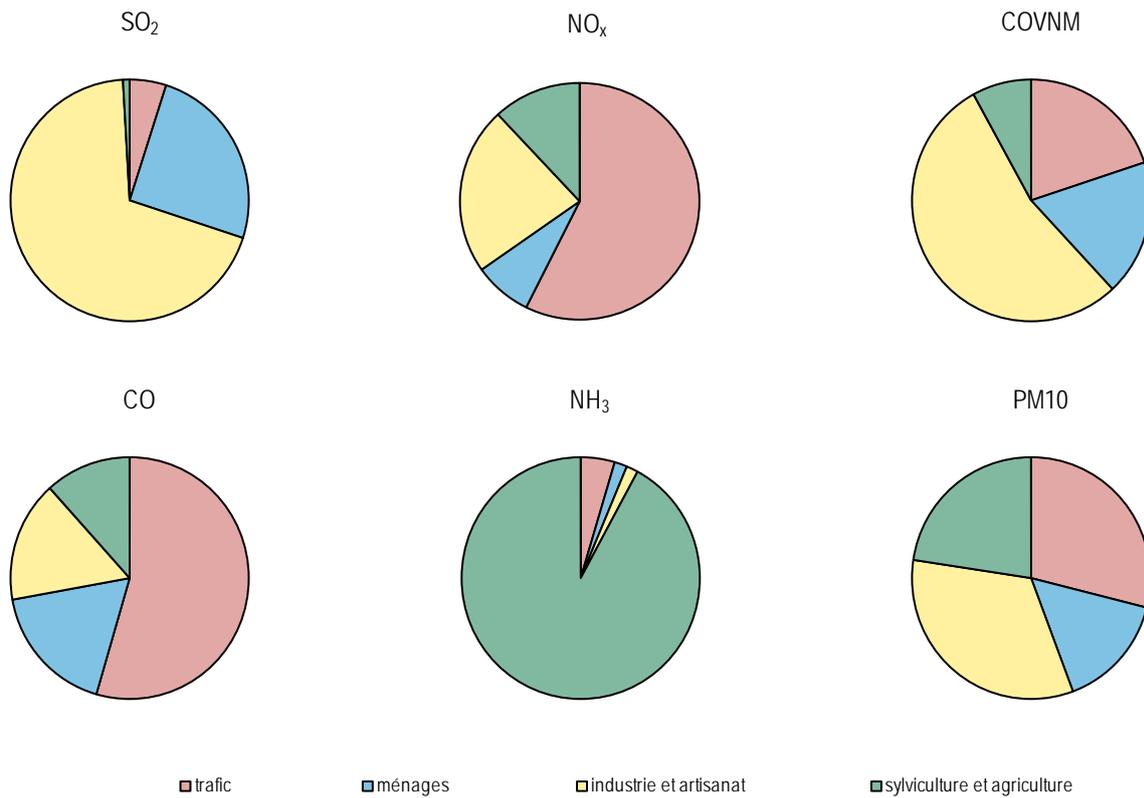
Contribution des différents groupes

1.2 Transport et transformation chimique des polluants (transmission)

Les polluants dégagés par les sources d'émission, comme le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM), le monoxyde de carbone (CO), l'ammoniac (NH_3) et les poussières fines (PM10, particulièrement la suie et les particules solides minérales) sont qualifiés de polluants primaires. C'est dans le voisinage des sources que les concentrations de ces substances sont généralement les plus fortes; au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'émetteur, ces polluants primaires se mélangent à l'air et s'y diluent de plus en plus. Par ailleurs, les polluants émis dans l'atmosphère peuvent y subir des transformations chimiques, devenant ce que l'on a convenu d'appeler des polluants secondaires (p. ex. l'ozone et les poussières fines); ces nouvelles substances ont souvent des propriétés et des effets très différents des premières.

Polluants primaires et secondaires

Figure 5 > Contribution des différents groupes aux émissions anthropiques en Suisse calculées selon le principe de la territorialité: dioxyde de soufre (SO₂), oxyde d'azote (NO_x), composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM), monoxyde de carbone (CO), ammoniac (NH₃) et poussières fines (PM10)



Le transport et la transformation chimique des polluants dépendent en grande partie de la hauteur à laquelle ces substances sont émises, de leur quantité, de leur type et de leur composition, ainsi que de la configuration du terrain; en outre, les facteurs climatiques jouent également un rôle: rayonnement solaire, température, humidité de l'air, vent et situation météorologique. Ces données peuvent varier fortement d'une saison à l'autre.

Transport, transformation chimique, météorologie

En hiver, des situations d'inversion peuvent se présenter, à savoir des conditions où les échanges de masses d'air sont faibles. La capacité de dilution dans l'atmosphère est alors fortement réduite et les polluants se déplacent moins. Ils se concentrent dans un volume d'air relativement faible, ce qui conduit à des charges élevées en polluants primaires, notamment en oxydes d'azote, en poussières et en dioxyde de soufre.

Smog hivernal

En été, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils peuvent être chimiquement transformés en oxydants photochimiques tels que l'ozone (smog estival). La synthèse d'ozone ou d'oxydants photochimiques nécessite un rayonnement solaire intensif et prolongé; une température élevée de l'air favorise encore la réaction. C'est en conséquence par beau temps et par vent faible (situation anticyclonique), du printemps à l'automne, que l'on enregistre les plus fortes charges en ozone.

Smog estival

Les polluants parvenant dans l'air en sont à nouveau éliminés par différents processus. La durée de séjour dans l'atmosphère est spécifique à chaque substance et peut varier de quelques heures à plusieurs semaines. En conséquence, les polluants peuvent couvrir des distances allant de quelques kilomètres à plusieurs milliers de kilomètres. Ainsi, les dépôts de composés soufrés ou azotés, dus par exemple aux pluies acides, peuvent en partie avoir des origines très lointaines.

Dépôts

1.3 Situation des immissions en Suisse

Au centre des villes, les valeurs limites fixées pour le dioxyde d'azote sont dépassées dans tous les cas, par endroits très nettement (tableau 1). Dans les zones suburbaines, les taux de NO₂ mesurés à l'écart des principaux axes routiers atteignent la valeur limite; le long des routes les plus fréquentées, ils sont généralement bien au-dessus de cette valeur. Dans les régions rurales – exception faite de corridors suivant les grands axes routiers – les valeurs limites pour le NO₂ sont respectées.

Dioxyde d'azote

Dans les villes et les zones suburbaines, la concentration des poussières fines respirables (PM10) est nettement au-dessus des valeurs limites d'immission; dans les zones rurales, elle avoisine les valeurs limites (tableau 1). Ce n'est qu'en altitude (au-dessus de 1000 m) que la charge en PM10 est très en dessous des valeurs limites annuelle et journalière.

Poussières fines

Durant les périodes où le smog estival recouvre toute la Suisse, la charge en ozone est parfois considérablement plus élevée que les valeurs limites (tableau 1). Quant à l'évaluation des charges en ozone, elle se fait sur la base de la valeur du 98^{ème} centile des moyennes semi-horaires pour le mois d'été durant lequel la charge en ozone est la plus forte. Ce chiffre indique le taux qui est dépassé pendant 15 heures en l'espace d'un mois. Le long des routes, les taux d'ozone sont parfois plus bas, car le monoxyde d'azote, qui a la propriété de réduire l'ozone en formant du dioxyde d'azote, est présent en grandes quantités. Ainsi, les stations de mesure des centres des villes, qui enregistrent les concentrations d'ozone les plus faibles, sont aussi celles qui recensent les taux les plus élevés de NO₂.

Ozone

En 2010, les valeurs limites fixées pour le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone et les métaux lourds dans les poussières en suspension n'ont pas été dépassées. La charge due aux métaux lourds (plomb, cadmium, zinc) dans les retombées de poussières se situe en général nettement au-dessous des valeurs limites.

Autres polluants

Ce tour d'horizon montre clairement qu'en matière de pollution atmosphérique, ce sont surtout le dioxyde d'azote, les poussières fines respirables (PM10) et l'ozone qui posent des problèmes en Suisse. En revanche, les charges en dioxyde de soufre ont considérablement baissé depuis la désulfuration des combustibles et carburants; aujourd'hui, ces émissions ne posent pour ainsi dire plus de problème.

NO₂, PM10 et ozone: trois polluants problématiques

Tableau 1 > Aperçu schématique de la situation des immissions en Suisse

	Ville	Zones suburbaines	Campagne
Dioxyde d'azote (NO ₂)			
Poussière fines (PM10)			
Ozone (O ₃)			
Dioxyde de soufre (SO ₂)			
Monoxyde de carbone (CO)			
Métaux lourds			
	Valeurs limites d'immission en grande partie respectées		
	Valeurs limites d'immission partiellement dépassées		
	Valeurs limites d'immission souvent et/ou considérablement dépassées		

1.4

Effets de la pollution de l'air

Il est prouvé que la pollution de l'air est une cause de maladies et de décès prématurés. Chez l'homme, les polluants atmosphériques peuvent provoquer des effets non seulement aigus, mais aussi chroniques. Les différents organes sont plus ou moins sensibles aux divers polluants. Ainsi, les voies respiratoires sont affectées par les PM10, le dioxyde d'azote, l'ozone et le dioxyde de soufre; le système cardiovasculaire par les PM2,5, les particules ultrafines, le dioxyde d'azote et la monoxyde de carbone; le système nerveux et le sang par le plomb; les reins par le plomb et le cadmium (pour plus d'informations, voir la brochure «Qualité de l'air et santé», 2010: www.ersnet.org/index.php/publications/air-quality-and-health.html).

Effets sur différents organes

Les PM10, PM2,5 et la suie se sont révélées être un bon indicateur de la charge polluante pertinente en termes de santé. Plus les particules sont fines, plus elles peuvent pénétrer profondément dans les bronches, altérer la ventilation pulmonaire et provoquer des réactions inflammatoires. Des études américaines démontrent qu'avoir réduit la charge en poussières fines (PM2,5) dans les années 1980 et 1990 a probablement contribué à quelque 15 % de l'allongement de l'espérance de vie observé.

Effets des poussières fines

De nouvelles études menées dans le cadre de SCARPOL et de SAPALDIA montrent que la santé des adultes et des enfants s'améliore rapidement lorsque la pollution de l'air diminue. Les mesures prises pour améliorer la qualité de l'air ont donc un impact positif mesurable sur la santé de la population.

Etudes en Suisse

Le dioxyde d'azote cause des inflammations des voies respiratoires et renforce l'action irritante des allergènes. Lorsque le NO₂ augmente dans l'air, on constate à court terme un nombre accru de décès et d'hospitalisations pour affection des voies respiratoires ainsi qu'un nombre accru de troubles du rythme cardiaque.

Effets du dioxyde d'azote

L'ozone provoque surtout des effets aigus, à savoir – selon la concentration et la durée de l'exposition – des irritations des yeux, du nez, de la gorge et des voies respiratoires, un serrement et une pression sur la poitrine ainsi que de la toux. En outre, les fonctions pulmonaires et la performance physique diminuent; il s'ensuit une mortalité accrue.

Effets de concentration accrue d'ozone

Les particules de suie du diesel, le benzène, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ainsi que le cadmium et l'amiante font partie des polluants atmosphériques cancérigènes. Ils sont toxiques pour l'homme à partir de doses infimes puisqu'il n'y a pas de seuil de non-toxicité. Dans les villes et agglomérations, ce sont les particules de suie du diesel qui contribuent le plus au risque de cancer du aux polluants atmosphériques.

Polluants cancérigènes

Une étude de l'Office fédéral du développement territorial (*Coûts externes des transports en Suisse*, mise à jour pour l'année 2005, ARE, 2009) a permis de quantifier les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine en Suisse et à évaluer ces coûts externes à près de cinq milliards de francs.

Coûts externes de la pollution atmosphérique

La charge en ozone estivale cause périodiquement des dommages visibles aux arbres feuillus, aux arbustes et aux cultures. Une charge en ozone persistante peut porter atteinte à la croissance et à la vitalité d'espèces de plantes délicates. Il est prouvé que la pollution par l'ozone entraîne des baisses de rendement pour l'agriculture. Les pertes de récolte se situent entre 5 et 15 % en fonction de la région et de la culture. La pollution de l'air représente une charge anthropique supplémentaire pour les forêts. Elle constitue l'un des facteurs déterminants de l'affaiblissement et de la déstabilisation de l'écosystème forestier. Outre les conséquences directes des polluants gazeux, l'ozone en particulier, les apports d'acides et de composés azotés dans le sol portent atteinte à l'équilibre naturel de la forêt de diverses manières et représentent un risque considérable à moyen terme. Des apports excessifs d'azote nuisent également aux écosystèmes proches de l'état naturel tels que les prairies naturelles et les pelouses sèches riches en espèces, les pâturages alpestres ainsi que les hauts et les bas-marais.

Dommages aux plantes

Les dégâts aux bâtiments sont causés principalement par des acides (NO₂ et SO₂) et l'ammoniac, transportés sous forme gazeuse, par des particules de poussières ou par la pluie. La suie salit les surfaces extérieures. Les matériaux organiques, comme les peintures, les vernis, le caoutchouc, les plastiques ou les fibres textiles, peuvent être attaqués par des oxydants photochimiques comme l'ozone, qui les rongent et finissent par les détruire. La pollution de l'air est notamment responsable de dégâts irréversibles à des monuments historiques.

Domage aux bâtiments et aux matériaux

1.5 Valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air

L'appréciation de la pollution de l'air requiert une comparaison des concentrations de polluants mesurées avec les valeurs limites d'immission arrêtées dans l'ordonnance sur la protection de l'air (tableau 2). Fixées en fonction des exigences énoncées dans la loi sur la protection de l'environnement, ces valeurs indiquent quelles charges ne doivent pas être dépassées si l'on veut éviter des effets nuisibles. Ce faisant on distingue deux types de valeurs limites d'immission. Il y a d'abord les valeurs limites à brève échéance (p.ex. moyennes horaires, moyennes journalières ou 95 % de toutes les moyennes semi-horaires), qui reflètent les fortes fluctuations des concentrations de polluants dans l'air, ainsi que les pics momentanés de pollution. Il y a ensuite les valeurs limites à longue échéance (p.ex. les moyennes annuelles), qui, elles, servent à évaluer des charges constantes de polluants. Dans le présent rapport, la gravité de la pollution de l'air est toujours considérée en fonction de ces valeurs limites d'immission.

Valeurs limites orientées sur les effets

Tableau 2 > Valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air

Polluant	Valeur limite d'immission	Définition statistique
Dioxyde d'azote (NO ₂)	30 µg/m ³ 100 µg/m ³ 80 µg/m ³	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique) 95 % des moyennes semi-horaires d'une année ≤ 100 µg/m ³ Moyenne par 24h; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Poussières en suspension PM10	20 µg/m ³ 50 µg/m ³	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique) Moyenne par 24h; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Ozone (O ₃)	100 µg/m ³ 120 µg/m ³	98 % des moyennes semi-horaires d'un mois ≤ 100 µg/m ³ Moyenne horaire; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Dioxyde de soufre (SO ₂)	30 µg/m ³ 100 µg/m ³ 100 µg/m ³	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique) 95 % des moyennes semi-horaires d'une année ≤ 100 µg/m ³ Moyenne par 24h; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Monoxyde de carbone (CO)	8 mg/m ³	Moyenne par 24h; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Plomb (Pb) dans les poussières en suspension (PM10)	500 ng/m ³	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Cadmium (Cd) dans les poussières en suspension (PM10)	1,5 ng/m ³	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Retombées de poussières totales	200 mg/(m ² d)	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Plomb (Pb) dans les retombées de poussières	100 µg/(m ² d)	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Cadmium (Cd) dans les retombées de poussières	2 µg/(m ² d)	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Zinc (Zn) dans les retombées de poussières	400 µg/(m ² d)	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Thallium (Tl) dans les retombées de poussières	2 µg/(m ² d)	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)

Remarque: mg = milligramme, 1 mg = 0,001 g; µg = microgramme, 1 µg = 0,001 mg; ng = nanogramme, 1 ng = 0,001 µg

Le symbole «≤» signifie «inférieur ou égal»

2 > Le réseau national de mesure des polluants atmosphériques (NABEL)

2.1 Création du réseau de mesure

C'est au milieu des années 1960 que la Suisse a commencé à mesurer systématiquement les taux de polluants dans l'air, autrement dit à procéder à des mesures d'immissions. Au départ, cette surveillance se concentrait essentiellement sur le dioxyde de soufre et les poussières. Depuis 1968, la Suisse participe, avec deux stations de mesure, à des programmes d'observation internationaux. En 1978, cette activité devait déboucher sur la création du réseau NABEL (abréviation de «Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe»). Ce réseau est entré en fonction progressivement en 1979. Entre 1989 et 1991, le réseau NABEL a été modernisé et élargi, passant de 8 à 16 stations. L'exploitation des stations de mesure ainsi que le contrôle des données sont assurés par le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa). L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) est responsable de la conception du réseau, de la gestion et de l'évaluation des données réunies ainsi que de la publication des résultats.

Histoire du réseau NABEL

Compétences

2.2 Objet du réseau de mesure

En vertu de l'art. 39, al. 1, de l'ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (OPair), l'Office fédéral de l'environnement procède à des relevés sur la pollution atmosphérique dans l'ensemble du pays. Le réseau NABEL est en particulier destiné à l'accomplissement de cette tâche légale. Instrument central pour l'exécution de l'OPair, il sert surtout à vérifier l'efficacité des mesures adoptées pour lutter contre la pollution de l'air (art. 44 de la loi sur la protection de l'environnement). L'Empa exploite le réseau NABEL sur mandat de l'OFEV (art. 39, al. 2, OPair).

Tâches légales

Le réseau NABEL doit répondre en premier lieu à des besoins d'envergure nationale. En d'autres termes, il sert surtout à mesurer les concentrations des polluants affectant l'ensemble du territoire suisse. Il s'agit surtout de substances émises, en quantités considérables, par un grand nombre de sources réparties dans tout le pays. On parle de polluants principaux, d'indicateurs.

Besoins d'envergure nationale;
mesures de polluants principaux

Le réseau NABEL est expressément conçu comme un système d'observation et non comme un système de surveillance et d'alarme.

2.3

Tâches du réseau de mesure

- > Mesure de la pollution de l'air actuelle et comparaison avec les valeurs limites de l'ordonnance sur la protection de l'air.
- > Observation de l'évolution à long terme de la pollution de l'air comme base pour les contrôles des résultats.
- > Information du public sur la pollution de l'air (par Internet, télétexte, rapports).
- > Conseil aux cantons et aux villes pour leurs activités de mesure (NABEL comme réseau de mesure de référence).
- > Appréciation du préjudice causé par les polluants atmosphériques dans les écosystèmes, en rapport avec la Convention internationale de 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CEE-ONU/CLRTAP).
- > Collaboration avec des réseaux de mesure internationaux et fourniture de données à des organisations internationales.
- > Mise à disposition de données de grande qualité, pour des projets et des études menés par des hautes écoles et des bureaux privés spécialisés en environnement.

Tâches nationales et internationales

Depuis le début des activités de mesure du réseau NABEL, différentes stations rurales font partie du «European Monitoring and Evaluation Programme» (EMEP). Par ailleurs, le réseau NABEL met des données provenant principalement des stations situées dans les villes et les zones suburbaines à la disposition de l'Agence européenne pour l'environnement pour le réseau EUROAIRNET. Enfin, les stations de la Jungfraujoch et Rigi-Seebodenalp font partie du «Global Atmosphere Watch» (GAW) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

Echange de données internationales

Tableau 3 > Utilisation des données du réseau de mesure NABEL dans des activités et programmes nationaux et internationaux

Origine:	Destinataires:	Utilisation:
NABEL →	Conseil fédéral, Parlement fédéral	Mise en œuvre de la législation ; rapports et suivi
	Cantons, communes	Réseaux régionaux de mesure de la qualité de l'air
	Hautes écoles, bureaux privés	Projets de recherche, études
	Public	Internet, télétexte, rapports
	CEE-ONU CLRTAP	EMEP, enregistrement des polluants, suivi intégré
	UE / AEE	Système d'information sur l'ozone, qualité de l'air en Europe
	OMM	GAW
	Etats voisins	Collaboration bilatérale

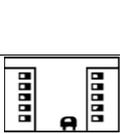
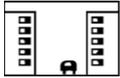
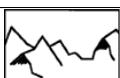
Organisations:	CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
	CLRTAP	Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
	OMM	Organisation météorologique mondiale
	UE	Union européenne
	AEE	Agence européenne pour l'environnement
Programmes:	EMEP	European Monitoring and Evaluation Program
	GAW	Global Atmosphere Watch
	EUROAIRNET	European Air Quality Monitoring Network

2.4 Emplacement des stations de mesure

La pollution de l'air en Suisse varie fortement d'un endroit à l'autre, un état de fait dû au type d'emplacement et aux sources d'émission se trouvant à proximité de l'endroit considéré. Il est dès lors indiqué de classer les stations de mesure en fonction du type d'emplacement où elles se situent. Le réseau NABEL mesure ainsi le niveau de pollution à ces endroits types. La classification des stations NABEL en fonction du type d'emplacement s'est faite sur la base d'une appréciation des environs et des concentrations de polluants mesurées à proximité:

Types de lieu d'implantation

Tableau 4 > Classification des stations NABEL en fonction du type d'emplacement

	Type de site	Abréviation	Station
	Urbain, trafic	BER LAU	Bern-Bollwerk Lausanne-César-Roux
	Urbain	LUG ZUE	Lugano-Università Zürich-Kaserne
	Suburbain	BAS DUE	Basel-Binningen Dübendorf-Empa
	Rural, autoroute	HAE SIO	Härkingen-A1 Sion-Aéroport-A9
	Rural, altitude < 1000 m	MAG PAY TAE LAE	Magadino-Cadenazzo Payerne Tänikon Lägeren
	Rural, altitude > 1000 m	CHA RIG DAV	Chaumont Rigi-Seebodenalp Davos-Seehornwald
	Haute montagne	JUN	Jungfraujoch

Les 16 stations du réseau NABEL sont réparties sur l'ensemble du territoire suisse et représentent tous les degrés de pollution (tableau 4), de très élevé à très faible. Le réseau est ainsi représentatif des principaux types de pollution rencontrés en Suisse.

Représentation de tous les degrés de pollution

Pour une description des stations on se reportera au tableau de l'annexe A1. Pour plus d'informations sur les stations, consulter le site internet

vant: www.bafu.admin.ch/air

2.5 Programme et méthodes de mesure

La première tâche du réseau NABEL est de mesurer les concentrations des polluants suivants: dioxyde d'azote (NO₂), monoxyde d'azote (NO), poussières fines respirables (PM10), ozone (O₃), dioxyde de soufre (SO₂), monoxyde de carbone (CO) et retombées de poussières. En outre, il détermine les taux de certains métaux lourds dans les poussières fines et dans les retombées de poussières. Certaines stations mesurent également les concentrations des composés organiques volatils (COV) et procèdent à des analyses chimiques des retombées et des aérosols à base d'azote.

Polluants

Pour toutes les stations, on relève en plus les données météorologiques essentielles (vent, température, humidité de l'air, rayonnement, précipitations, pression). Sept stations NABEL sont situées à proximité de stations de MétéoSuisse. A ces endroits, NABEL reprend les valeurs mesurées par MétéoSuisse. Aux neuf autres stations, les facteurs météorologiques sont déterminés directement par les stations NABEL.

Météorologie

A Berne, Härkingen, Lausanne et Sion-Aéroport, les stations disposent en outre de compteurs enregistrant le nombre de véhicules qui passent sur les principaux axes routiers situés à proximité. Le compteur de véhicules de la station de Härkingen est exploité par l'Office fédéral des routes (OFROU).

Enquêtes sur la circulation

Les procédés de mesure appliqués par le réseau NABEL sont conformes aux recommandations sur la mesure des immissions de polluants atmosphériques (OFEFP, 2004). Ils correspondent à l'état le plus récent de la technique. L'annexe A résume le programme de mesure et fournit des informations succinctes sur les procédés utilisés (tableaux A2 et A3).

Méthodes de mesure

2.6 Assurance de la qualité

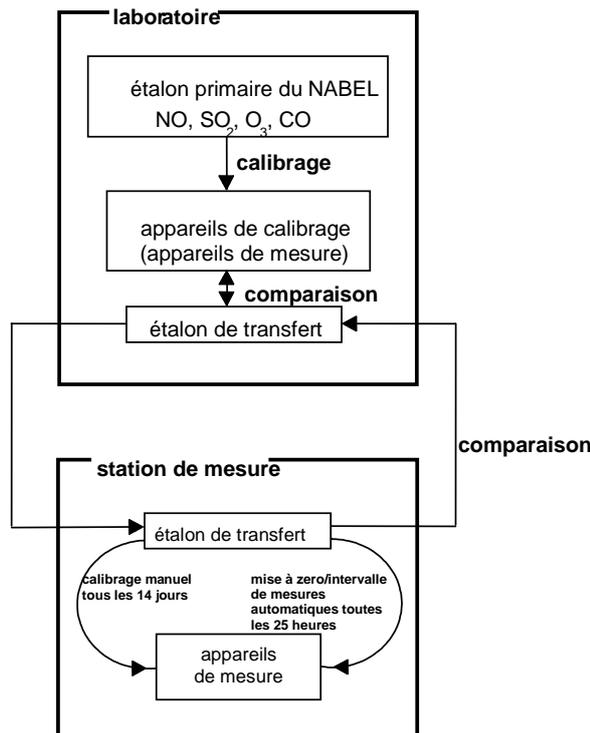
L'assurance de la qualité des données revêt une grande importance pour le réseau NABEL. Les mesures générales suivantes sont prises pour garantir la qualité:

- > utilisation de principes de mesure reconnus (méthodes de référence);
- > utilisation d'appareils de mesure recommandés et homologués;
- > ajustage des mesures à l'aide d'étalons nationaux et internationaux;
- > participation à des essais interlaboratoires.

Chaque fois que cela est possible, les mesures sont ajustées à l'aide d'étalons primaires. Ceux-ci se trouvent dans un laboratoire de calibrage climatisé, dont ils ne sortent qu'exceptionnellement (pour des essais interlaboratoires d'étalons primaires). Les étalons primaires du NABEL, quant à eux, sont ajustés à l'aide d'étalons nationaux et internationaux. Le laboratoire abrite également un banc de calibrage pour quatre substances: SO₂, NO, O₃ et CO. C'est là que les étalons de transfert utilisés pour le calibrage des appareils dans les stations de mesure sont comparés à l'étalon primaire du NABEL au début et à la fin de leur utilisation. Les appareils de mesure pour les quatre

substances citées ci-dessus sont calibrés manuellement toutes les deux semaines dans la station de mesure à l'aide des étalons de transfert. De plus, l'étalon de transfert est utilisé toutes les 25 heures pour un test automatique du point de calibrage. La

Figure 6 > Traçabilité pour quatre substances: SO₂, NO, O₃ et CO



traçabilité pour les quatre substances concernées est présentée dans la figure 6. L'application systématique des mesures d'assurance de la qualité permet de restreindre les incertitudes de mesure. Ces dernières sont indiquées dans le tableau 5 pour quelques-uns des polluants atmosphériques mesurés par le réseau NABEL.

Pour de plus amples informations concernant les procédés de mesure, l'assurance de la qualité ainsi que les incertitudes de mesure, se référer au rapport technique de mesure publié périodiquement par l'Empa (Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe – NABEL), 2010 (www.empa.ch/nabel).

Tableau 5 > Incertitudes des procédés de mesure utilisés par le réseau NABEL aux environs des valeurs limites (cf. Rapport technique, 2010, www.empa.ch/nabel)

Polluant	Valeur limite	Incertitude de mesure
NO ₂	80 µg/m ³ (Moyenne journalière)	4,5 µg/m ³
	(appareil trace level)	7,8 µg/m ³
	30 µg/m ³ (Moyenne annuelle)	1,6 µg/m ³
	(appareil trace level)	2,9 µg/m ³
PM10 / TSP	50 µg/m ³ (Moyenne journalière)	5,0 µg/m ³
	20 µg/m ³ (Moyenne annuelle)	1,0 µg/m ³
O ₃	120 µg/m ³ (Moyenne horaire)	3,9 µg/m ³
SO ₂	100 µg/m ³ (Moyenne journalière)	6,1 µg/m ³
	30 µg/m ³ (Moyenne annuelle)	1,4 µg/m ³
CO	8 mg/m ³ (Moyenne journalière)	0,1 mg/m ³

2.7 Autres publications NABEL

Une grande partie des données NABEL est disponible sur Internet à l'adresse www.bafu.admin.ch/air (rubrique: pollution atmosphérique). Y sont publiées aussi bien les valeurs actuelles (actualisation toutes les heures) que l'évolution de la charge des polluants depuis 1980, ainsi que des indications concernant le réseau de mesure, les stations individuelles et diverses publications au format PDF.

Internet

Les données NABEL ainsi que les mesures des stations cantonales et communales servent de base pour l'établissement de cartes mises à jour toutes les heures indiquant la pollution atmosphérique actuelle.

Les mesures actuelles et annuelles sont diffusées sur les trois chaînes de télévision suisses à la page 666 du télétexte (SF1, TSR1 et RSI1).

Télétexte

Des rapports mensuels sont également publiés. Ils reprennent, sous forme de tableaux et de graphiques, les principaux paramètres pour la pollution atmosphérique au cours d'un mois civil (www.bafu.admin.ch/air > publications > publications sur la pollution atmosphérique > données historiques).

Rapport mensuel

Enfin, un rapport technique de mesure de l'Empa (Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe – NABEL) fournit des informations détaillées sur tous les aspects techniques du réseau NABEL (commande: Empa, div. Polluants atmosphériques / Environnement, 8600 Dübendorf, www.empa.ch).

Rapport technique de l'Empa

3 > Oxydes d'azote

3.1 Formation et propriétés

Le terme d'oxydes d'azote désigne toute une série de composés azote/oxygène du type N_xO_y . Les principaux composés d'azote intéressants du point de vue de la protection de l'air sont le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2). La somme de ces deux substances est désignée par NO_x . Le monoxyde d'azote est un gaz incolore et inodore, tandis que le dioxyde d'azote présente une teinte brun-rouge lorsqu'il est concentré; son odeur est piquante et il est irritant.

Définition, propriétés

Les émissions d'oxydes d'azote sont formées lors de la combustion de carburants ou de combustibles fossiles, surtout lorsque la température de combustion est élevée; les molécules sont synthétisées à partir de l'azote et de l'oxygène atmosphériques et lors de la combustion des composés azotés contenus dans la biomasse. En fait, la majeure partie des oxydes d'azote sont émis sous forme de monoxyde (NO), qui, une fois dans l'air, se transforme assez rapidement en dioxyde d'azote (NO_2), plus toxique.

Emissions de NO_x

C'est surtout le dioxyde d'azote qui produit des effets nuisibles pour l'homme et pour l'environnement. Il favorise, conjointement avec d'autres gaz irritants, les affections des voies respiratoires, surtout chez les enfants. En outre, les oxydes d'azote sont des précurseurs de l'ozone troposphérique et des pluies acides. Ils contribuent, avec l'ammoniac, à la surfumure des écosystèmes. En outre, le nitrate, qui contribue aux hautes teneurs en poussières fines, se forme également à partir des oxydes d'azote.

Effets

3.2 Evolution des immissions

Les figures 7 à 9 montrent l'évolution des taux de dioxyde d'azote, de monoxyde d'azote ainsi que celle des charges totales d'oxydes d'azote (NO_x), valeurs mesurées par les stations NABEL depuis longtemps.

Tendance depuis 1981

Il ressort de ces graphiques que la pollution de l'air par les oxydes d'azote est restée à peu près constante jusqu'à la fin des années 80 environ. Certaines stations ont enregistré de légères baisses, d'autres de faibles augmentations, mais depuis 1989, la charge en oxyde d'azote a considérablement diminué pour la plupart d'entre elles. Depuis 1995, les moyennes de NO_x ont reculé plus fortement que celles de NO_2 dans 7 stations NABEL urbaines et proches des routes. Cela signifie que le rapport entre NO et NO_2 s'est systématiquement modifié au cours des dernières années. Vu le recul des émissions de NO_x et le potentiel d'oxydation de l'atmosphère constant, cette évolution était toutefois prévisible.

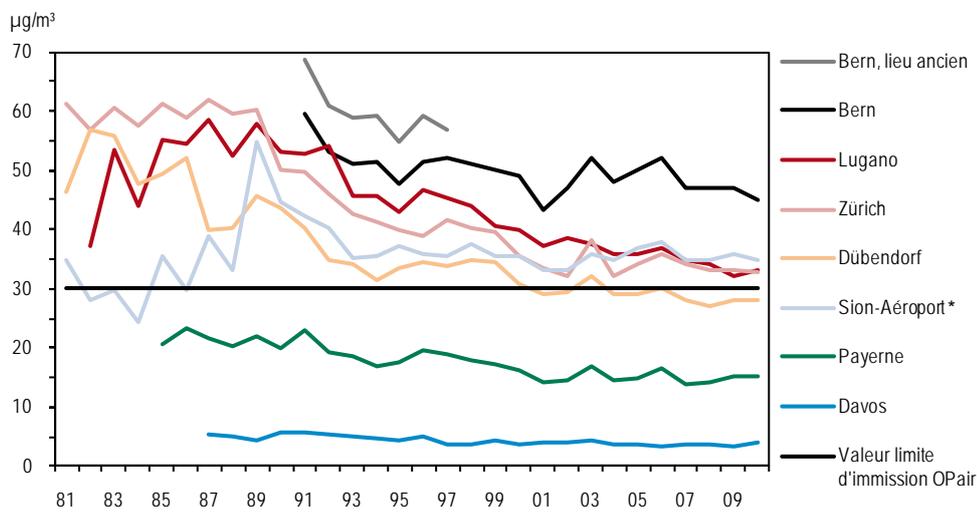
Stabilité pendant les années 80, puis régression; le NO_x diminue plus que le NO_2

Si l'on compare les valeurs mesurées en 2010 à celles du milieu des années 80, on constate une diminution de 31 à 48 % des charges de NO₂ et de 43 à 65 % de celles de NO_x. La station de Sion-Aéroport constitue une exception, car elle se situe près de l'autoroute ouverte à la fin de 1988. On y a enregistré une augmentation spectaculaire de la charge en oxydes d'azote entre 1988 et 1989. Toutefois, depuis 1989, les charges de NO₂ et de NO_x ont fortement diminué là aussi (-36 % et -55 %).

Diminution de 30 à 50 % du NO₂ depuis le milieu des années 80

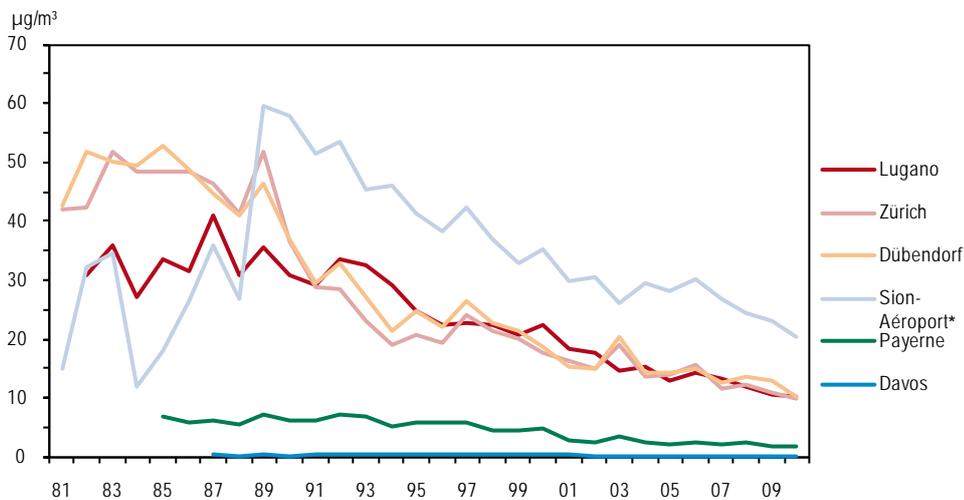
Figure 7 > Dioxyde d'azote (NO₂), moyennes annuelles de 1981 à 2010

Les valeurs de la station de Berne ont été homogénéisées (voir annexe 5).



* Fin 1988, ouverture de l'autoroute A9 à proximité de la Station Sion-Aéroport.

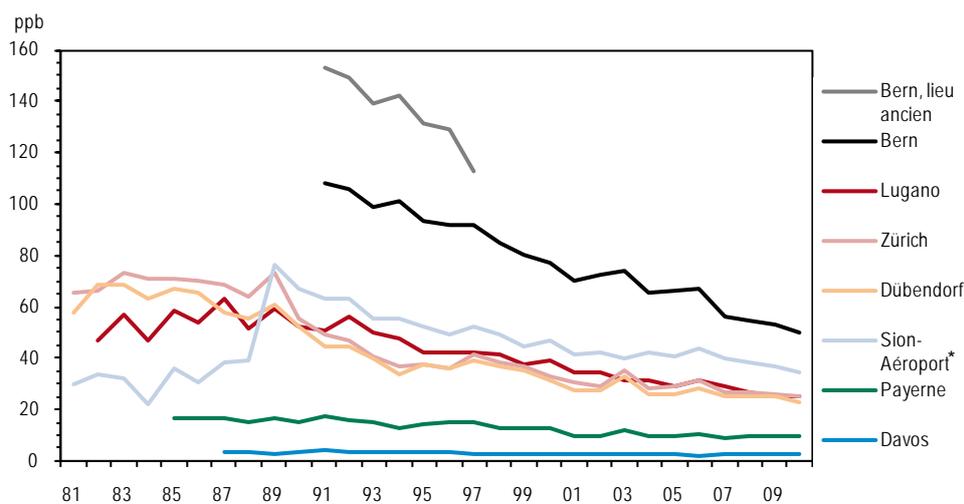
Figure 8 > Monoxyde d'azote (NO), moyennes annuelles de 1981 à 2010



* Fin 1988, ouverture de l'autoroute A9 à proximité de la Station Sion-Aéroport.

Figure 9 > Oxydes d'azote (NO_x), moyennes annuelles de 1981 à 2010

Les valeurs de la station de Berne ont été homogénéisées (voir annexe 5).



* Fin 1988, ouverture de l'autoroute A9 à proximité de la Station Sion-Aéroport.

3.3 Situation en 2010

Les principaux résultats des mesures NABEL pour l'année 2010 sont résumés dans les tableaux 6 à 8. La pollution due au dioxyde d'azote présente les particularités suivantes: les stations situées au centre des villes et les stations rurales situées en bordure d'autoroute enregistrent des moyennes annuelles de NO₂ au-dessus de la valeur limite. Certains jours, la moyenne journalière dépasse les 80 µg/m³ (dépassement des valeurs limites d'exposition de courte durée), alors que les valeurs 95 % se situent au-dessous des 100 µg/m³. Ces résultats dénotent une charge en NO₂ trop élevée en permanence, mais indiquent aussi que les pics sont plutôt rares.

Urbain: valeur limite dépassée

Les stations situées en zone suburbaine enregistrent, elles, des taux moyens nettement inférieurs à ceux des centres-villes. En 2010, les moyennes annuelles de NO₂ étaient au-dessous de la valeur limite.

Suburbain: valeur limite approchée

Les stations rurales du Plateau enregistrent des moyennes annuelles de NO₂ en dessous de la valeur limite. Les charges d'oxydes d'azote diminuent en montant en altitude.

Rural: valeur limite respectée

Les variations saisonnières de la charge en dioxyde d'azote (figure 10) dépendent du type d'emplacement. Dans les stations des zones rurales d'altitude, ainsi que dans les stations urbaines proches du trafic, on constate peu de variations saisonnières. Par

Variations saisonnières: en principe taux plus faibles en été

contre, dans les autres stations, les moyennes mensuelles sont à peu près deux fois plus élevées en hiver qu'en été.

Tableau 6 > Dioxyde d'azote (NO₂), statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeur 95% $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne journalière max. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nombre de dépassements de la moyenne journalière
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	45	87	100	7
	Lausanne-César-Roux	39	76	77	0
Urbain	Lugano-Università	33	74	99	5
	Zürich-Kaserne	33	70	90	3
Suburbain	Basel-Binningen	24	58	77	0
	Dübendorf-Empa	28	66	78	0
Rural, autoroute	Härkingen-A1	42	88	97	6
	Sion-Aéroport-A9	35	81	99	3
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	21	59	76	0
	Payerne	15	37	53	0
	Tänikon	14	39	73	0
	Lägeren	13	34	51	0
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	7	18	25	0
	Rigi-Seebodenalp	8	24	36	0
	Davos-Seehornwald	4	12	22	0
Haute montagne	Jungfraujoch	<1	1	2	0
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>		30	100	80	1

Figure 10 > Dioxyde d'azote (NO₂), moyennes mensuelles, 2010

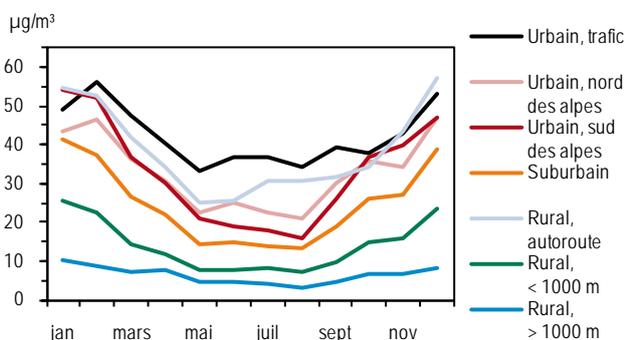


Figure 11 > Dioxyde d'azote (NO₂), fluctuations hebdomadaires, 2010

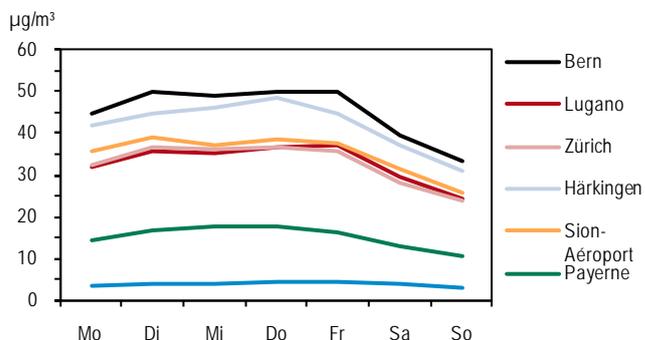


Tableau 7 > Monoxyde d'azote (NO), statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m ³	Valeur 95% µg/m ³	Moyenne journalière max. µg/m ³
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	32	111	195
	Lausanne-César-Roux	18	57	88
Urbain	Lugano-Università	10	48	95
	Zürich-Kaserne	10	48	94
Suburbain	Basel-Binningen	6	33	75
	Dübendorf-Empa	10	56	89
Rural, autoroute	Härkingen-A1	43	171	202
	Sion-Aéroport-A9	21	92	142
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	9	50	91
	Payerne	2	10	25
	Tänikon	3	12	44
	Lägeren	1	4	25
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	<1	2	6
	Rigi-Seebodenalp	<1	3	12
	Davos-Seehornwald	<1	1	13
Haute montagne	Jungfrauoch	<1	<1	<1

Les variations saisonnières sont nettement plus évidentes pour le total des oxydes d'azote (NO_x, figure 12). La charge en monoxyde d'azote est considérablement plus élevée tout au long de l'année dans les stations proches du trafic. Si les concentrations de NO_x sont plus faibles pendant la belle saison, ce n'est pas le résultat d'un recul des émissions. En effet, pendant les mois d'été, ce polluant (émis surtout par le trafic motorisé) est mieux dilué dans l'atmosphère en raison de turbulences plus fortes. Le NO se transforme plus rapidement en NO₂, qui, sous l'influence du rayonnement solaire, donne naissance à des polluants secondaires (p. ex. acide nitrique, PAN).

Dans pratiquement toutes les stations, les fluctuations hebdomadaires (figures 11 et 13) présentent une baisse caractéristique de la charge en oxyde d'azote en fin de semaine. Le recul du total des oxydes d'azote (NO_x) est particulièrement marqué. La diminution du nombre de poids lourds en fin de semaine explique ces résultats. Avec le NO₂, la baisse est certes moins prononcée, mais elle est toujours reconnaissable.

Fluctuations hebdomadaires:
fort recul en fin de semaine

Tableau 8 > Oxydes d'azote (NO_x), statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle ppb	Valeur 95% ppb	Moyenne journalière max. ppb
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	50	130	207
	Lausanne-César-Roux	35	81	97
Urbain	Lugano-Università	25	75	120
	Zürich-Kaserne	25	73	110
Suburbain	Basel-Binningen	17	54	93
	Dübendorf-Empa	23	75	99
Rural, autoroute	Härkingen-A1	57	178	212
	Sion-Aéroport-A9	35	112	166
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	18	65	99
	Payerne	10	26	46
	Tänikon	10	28	50
	Lägeren	8	20	38
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	4	10	17
	Rigi-Seebodenalp	5	14	25
	Davos-Seehornwald	3	8	24
Haute montagne	Jungfrauoch	<1	1	2

Figure 12 > Oxydes d'azote (NO_x), moyennes mensuelles par type de station, 2010

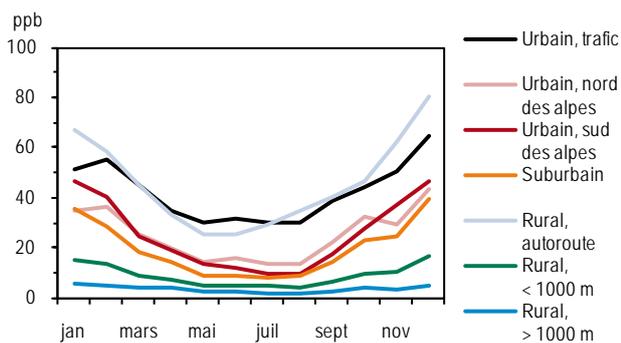
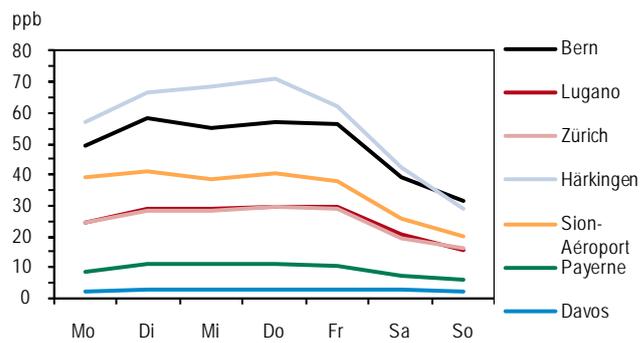


Figure 13 > Oxydes d'azote (NO_x), fluctuations hebdomadaires, 2010



3.4

Evaluation

Les immissions de dioxyde d'azote restent trop élevées dans les villes ainsi qu'aux abords des principaux axes routiers. La moyenne annuelle y dépasse encore nettement la valeur limite. Dans les zones suburbaines (à l'écart des routes très fréquentées), la situation se présente mieux: là, les taux de NO₂ sont de l'ordre de la valeur limite ou inférieurs. Dans les zones rurales éloignées des grands axes routiers, les moyennes annuelles sont inférieures à la concentration limite. Par contre, le long des routes à grand trafic, on remarque un corridor pollué: dans ces zones, même rurales, la valeur limite pour le NO₂ est également dépassée.

De nouvelles mesures («*Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA)*», version 3.1, 2010, www.hbefa.net/e/index.html) montrent que les émissions d'oxyde d'azote dues aux transports ne diminuent pas autant que certains scénarios l'avaient laissé croire. Ce taux élevé d'émissions résulte de la forte croissance du nombre de voitures de tourisme ou de livraison roulant au diesel plutôt qu'à l'essence, en particulier dans les agglomérations.

Le problème des oxydes d'azote réside surtout dans les charges trop élevées en permanence. Il se traduit par des moyennes annuelles pouvant encore dépasser 1,5 fois la valeur limite. En revanche, il y a rarement des concentrations extrêmes de dioxyde d'azote. La pollution par les oxydes d'azote, particulièrement par le dioxyde d'azote, dépendant fortement de la proximité de routes à grand trafic, il arrive que même des petites localités accusent des charges supérieures à la valeur limite lorsqu'elles sont au bord d'un axe routier important.

A part la pollution que subissent l'homme et l'environnement à cause des concentrations trop élevées de NO₂, les oxydes d'azote portent eux aussi leur part de responsabilité dans les apports acides et dans l'eutrophisation des écosystèmes sensibles. L'apport de composés de l'azote dans les écosystèmes sensibles excède les valeurs tolérables.

Bien que la charge en NO₂ ait diminué au cours des dernières années, cette pollution reste un problème grave qui touche une grande partie de la population.

Immissions de NO₂ encore trop élevées dans les villes et à côté des principaux axes routiers

Emissions dues aux transports diminuant plus lentement que prévu

Valeurs élevées à long terme, mais concentrations extrêmes modérées

Important également pour les apports d'acide et d'azote

4 > Poussières fines

4.1 Formation et propriétés

Les polluants atmosphériques sous forme de particules existent dans des tailles très différentes. Du point de vue de l'hygiène de l'air, on s'intéresse plus particulièrement aux poussières fines respirables, mais on mesure également les particules de sédiment à gros grains, en tant que retombées de poussières. La composition des poussières est très variable. Elles peuvent contenir de nombreux composés inorganiques (p.ex. métaux lourds, sulfates, nitrates) ou organiques (p.ex. des hydrocarbures aromatiques polycycliques). On classe aussi parmi les poussières les particules de suie, composées essentiellement de carbone.

Taille et composition

Les poussières présentes dans l'atmosphère sont émises par diverses sources: trafic motorisé, chauffages et industrie, mais aussi sources naturelles (p.ex. pollens, poussières au sol soulevées par le vent). Les particules les plus fines, y compris celles qui peuvent pénétrer dans les poumons, sont recensées comme poussières en suspension. Celles-ci peuvent être émises directement sous la forme de particules (émissions primaires), mais elles peuvent aussi être constituées d'éléments secondaires issus de la transformation physique ou chimique de gaz précurseurs dans l'atmosphère.

Sources

Lorsqu'on mesure des particules en suspension dont la vitesse de chute est inférieure à 10 cm/s et le diamètre aérodynamique inférieur à 50 μm , on parle de mesure des particules totales en suspension (TSP; total suspended particles). Par contre, si on ne mesure que les poussières fines respirables dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 μm , on parle alors de mesure PM10 (PM10 = particulate matter < 10 μm , fraction thoracique des poussières en suspension). Si l'on ne saisit que la poussière fine d'un diamètre inférieur à 2,5 μm , on parle d'une mesure PM2,5 (fraction alvéolaire de la poussière en suspension). Les émissions de PM10 comprennent les aérosols très fins résultant de la combustion, par exemple les suies provenant de moteurs diesels. Comme il s'agit de très fines particules respirables, leur contribution en poids n'est pas très élevée, mais elles jouent un rôle très important pour ce qui est des effets sur la santé. Le rapport de la Commission fédérale de l'hygiène de l'air «Poussières fines en Suisse» donne plus d'informations à ce sujet (Berne, 2009).

TSP, PM10, PM2,5

4.2 Evolution des immissions

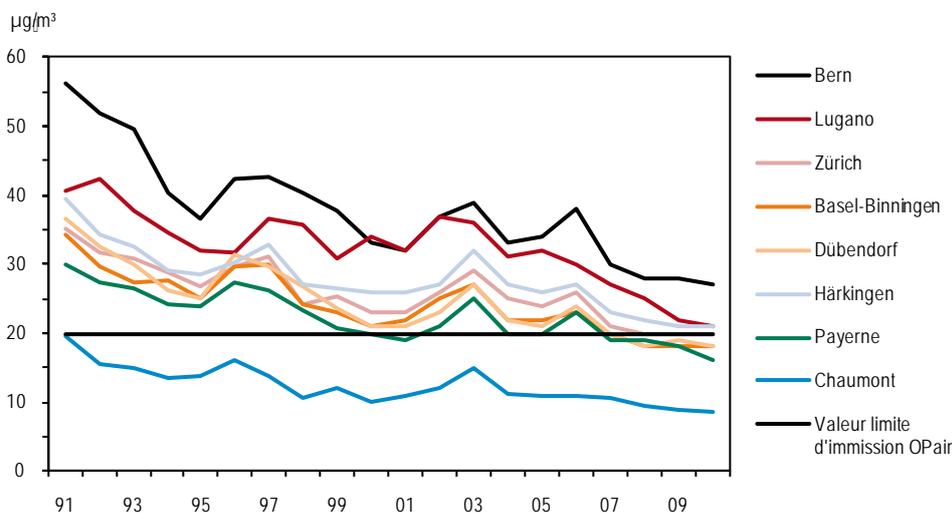
La figure 14 présente les moyennes annuelles de PM10. Avant 1997, il s'agit de valeurs calculées à partir des TSP et, à partir de 1997, de valeurs mesurées. La charge en PM10 a diminué depuis 1991. Ce recul est à imputer, d'une part, à la diminution des particules secondaires (le sulfate en particulier) et, d'autre part, à la baisse des émis-

Nette diminution de la charge en PM10 depuis 1991

sions de particules primaires. Depuis l'année 2000, la charge en PM10 a diminué, excepté en 2003 et en 2006, où une grande fréquence d'inversions dans le nord des Alpes a provoqué une charge en PM10 plus élevée. Les valeurs de PM10 mesurées à la station de Berne-Bollwerk en 2007 et 2008 ont été influencées par les travaux réalisés sur la place de la gare ainsi que par la fermeture partielle de l'artère du Bollwerk.

Figure 14 > Poussières fines (PM10), moyennes annuelles 1991–2010

Les valeurs antérieures à 1997 ont été converties à partir de mesures de TSP.



4.3

Situation en 2010

Les moyennes annuelles de PM10 mesurées dans les villes et le long des autoroutes ont parfois dépassé la valeur limite de 20 µg/m³. Ce n'est que dans les stations de 1000 mètres que les valeurs mesurées étaient nettement en dessous de la valeur limite (tableau 9).

Le contraste ville-campagne est moins marqué pour les poussières fines respirables (PM10) que pour le dioxyde d'azote ou le dioxyde de soufre. Il y a deux causes à cela. Un tiers à plus de la moitié de la charge en PM10 est constitué de particules de poussières fines secondaires (aérosols secondaires) qui ne se forment que dans l'atmosphère, à l'écart des sources de précurseurs, ce qui conduit à une répartition spatiale homogène. Exemples de composants secondaires: le sulfate (SO_4^{2-}) provenant du dioxyde de soufre, le nitrate (NO_3^-) provenant des oxydes d'azote, l'ammonium (NH_4^+) provenant de l'ammoniac et le carbone organique (OC) provenant des composés organiques volatils. Comme deuxième cause, on citera le transport à grande distance des poussières fines.

Valeurs moyennes annuelles généralement trop élevées

PM10 secondaires, transports à grande distance

Tableau 9 > Poussières fines (PM10), statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne journalière max. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nombre de dépassements de la valeur limite journalière
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	27	117	21
	Lausanne-César-Roux	20	82	12
Urbain	Lugano-Università	21	90	19
	Zürich-Kaserne	20	86	12
Suburbain	Basel-Binningen	18	66	11
	Dübendorf-Empa	18	86	10
Rural, autoroute	Härkingen-A1	21	91	13
	Sion-Aéroport-A9	19	62	4
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	19	84	9
	Payerne	16	87	4
	Tänikon	16	81	7
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	9	46	0
	Rigi-Seebodenalp	9	42	0
Haute montagne	Jungfrauoch	2	50	1
<i>Valeur limite d'immission OPAir</i>		20	50	1

La valeur limite pour la moyenne journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a également été dépassée, par endroits très fréquemment. En revanche, dans les stations du Rigi et de Chaumont, situées à plus de 1000 m d'altitude, cette limite journalière n'a jamais été dépassée.

Valeur limite (sur 24 h) très fréquemment dépassée par endroits

Dans les stations en dessous de 1000 mètres, le profil annuel des PM10 se caractérise par des valeurs élevées en hiver et basses en été (figure 15). La fréquence des situations d'inversions des températures en hiver, marquées par une haute pression et un vent faible, est l'un des paramètres déterminants de la charge en PM10. Les stations situées

Figure 15 > Poussières fines (PM10), moyennes mensuelles, 2010

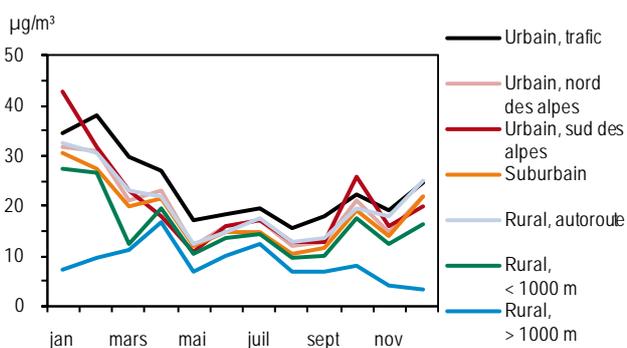
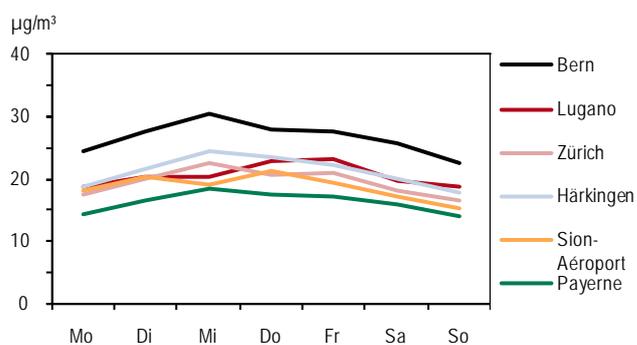


Figure 16 > Fluctuations hebdomadaires moy. des PM10 en 2010



au-dessus de 1000 mètres présentent des valeurs plus élevées en été alors qu'en automne et en hiver elles bénéficient d'air pur au-dessus des couches d'inversion. Les endroits exposés au trafic routier présentent des fluctuations hebdomadaires plus marquées (figure 16) que les stations rurales.

Profil annuel: valeurs élevées en hiver

4.4 Mesure des PM2,5 et PM1

Des mesures des très fines poussières (PM2,5 et PM1; particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 ou 1 µm) sont effectuées dans sept stations NABEL.

Mesure des PM2,5 et PM1

Les charges en PM2,5 (tableau 10) présentent de faibles différences dans les sites de basse altitude du versant nord des Alpes (12 à 18 µg/m³). Elles sont encore plus faibles que les charges en PM10. La station de Berne, qui se trouve dans un goulet routier, présente la charge en PM2,5 la plus importante. On en déduit que la charge de particules secondaires répartie de manière homogène dans l'espace joue un rôle encore plus important pour les PM2,5 que pour les PM10. Dans les stations de basse altitude du nord des Alpes, la charge en PM1 (tableau 10) ne présente que de faibles variations (9 à 13 µg/m³). A Berne et à Härkingen, deux stations très influencées par le trafic, on a mesuré plus de PM1 qu'à Bâle-Binningen, un site qui n'est pas exposé directement au trafic routier.

Distribution des PM2,5 et PM1 plutôt homogène

Le rapport entre les moyennes journalières de PM2,5 et celles de PM10 est très voisin dans 2 stations situées à basse altitude. Il se situe entre 75 et 77 %. Celui de la station de Payerne est nettement inférieur, 68 %, mais cette valeur n'a pas encore été expliquée. La station de Berne présente également un rapport nettement plus faible (67 %). Cela indique que, dans les conditions particulières de ce goulet routier, la fraction des particules de 2,5 à 10 µm de diamètre – qui proviennent, par exemple, de l'abrasion des pneus et du soulèvement des poussières – est nettement plus importante.

Rapport PM2,5/PM10

Le rapport entre les PM1 et les PM10 est similaire pour les stations situées à basse altitude (46–63 %), il est un peu plus élevé (68 %) pour Rigi-Seebodenalp.

Rapport PM1/PM10

Tableau 10 > Poussières fines: PM10, PM2,5 et PM1. Mesures parallèles 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle			Rapports	
		PM10 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³	PM1 µg/m ³	PM2,5/PM10 %	PM1/PM10 %
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	27	18	13	67	48
Urbain	Lugano-Università	21		13		63
	Zürich-Kaserne	20	15		75	
Suburbain	Basel-Binningen	18	14	10	77	57
Rural, autoroute	Härkingen-A1	21		12		56
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	16	12	9	68	51
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	9	7	5	81	68

4.5 Mesure du nombre de particules

Sur certains sites du réseau NABEL, on mesure le nombre de particules par unité de volume dans le cadre d'un projet. Ces mesures sont réalisées à l'aide d'un compteur de particules de condensation, qui, grâce à une dilution appropriée, peut être utilisé la plupart du temps en mode de comptage un par un. L'appareil compte les particules dont la taille est comprise entre 7 nm et 3 µm. La plupart des particules présentes dans l'air ambiant mesurent moins de 200 nm, et même moins de 100 nm près des sources d'émissions liées à des processus de combustion. Le nombre de particules mesuré est donc représentatif des particules les plus petites, qui peuvent non seulement entrer dans les poumons, mais aussi pénétrer dans le sang.

Mesures indicatives du nombre de particules

Les concentrations mesurées varient fortement en fonction du type de station (tableau 11). Ainsi, on compte à Rigi-Seebodenalp environ 3 000 particules par centimètre cube en moyenne annuelle et huit fois plus à Härkingen, près de l'autoroute. Aux alentours des sources émettrices, ce sont les particules très fines issues de processus de combustion qui dominent.

Variations spatiales

Les moyennes horaires maximales enregistrent aussi de nettes variations en fonction du type de station. A proximité immédiate de l'autoroute, on mesure près de 150 000 particules par centimètre cube; des valeurs encore plus élevées sont obtenues dans un goulet routier situé en zone urbaine.

Valeurs maximales

Dans les stations fortement influencées par les émissions du trafic routier, le nombre de particules diminue sensiblement durant les fins de semaine (figure 17). A Härkingen, à proximité immédiate de l'autoroute, le nombre de particules diminue de plus d'un tiers le dimanche par rapport aux jours ouvrables. Cette variation indique que les poids lourds sont d'importants émetteurs de très fines particules.

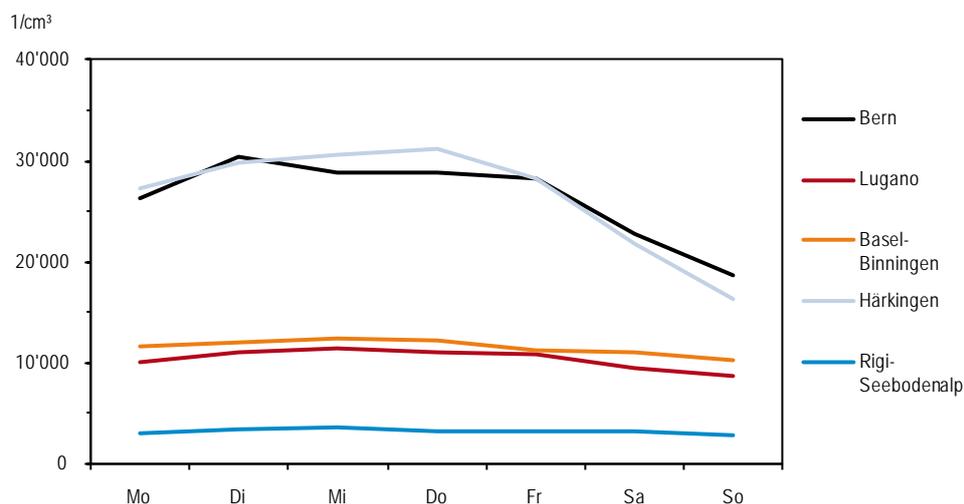
Variations hebdomadaires

Le nombre de particules révèle de fortes variations journalières. Dans les zones urbaines et dans celles situées à proximité des routes, les valeurs les plus élevées sont mesurées pendant les périodes de fort trafic. Dans les Préalpes, les plus fortes concentrations sont relevées l'après-midi.

Variations journalières

Tableau 11 > Nombre de particules, statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle Nombre part. 1/cm ³	Moyenne horaire max. 1/cm ³	Moyenne journalière max. 1/cm ³
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	26 400	235 100	74 100
Urbain	Lugano-Università	10 400	61 300	34 500
Suburbain	Basel-Binningen	11 500	103 700	30 400
Rural, autoroute	Härkingen-A1	26 400	149 700	73 500
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	3 200	117 200	11 200

Figure 17 > Concentration en nombre de particules, fluctuations hebdomadaires moyennes, 2010


4.6

Soufre dans les poussières en suspension

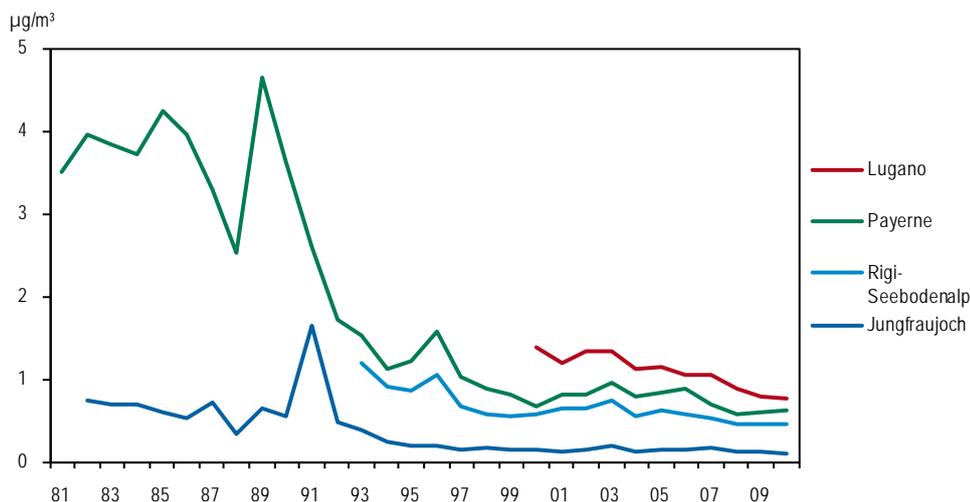
Quatre stations mesurent quotidiennement la teneur en soufre dans les poussières en suspension. Jusqu'en 2010, la mesure du soufre contenu dans les très fines particules était effectuée en passant un volume-test donné à travers un filtre cellulosique pendant 24 heures. La teneur en soufre était ensuite analysée sur ces filtres. Or, le soufre dans les poussières en suspension est principalement composé de sulfate (SO_4^{2-}), présent surtout dans les particules de moins de $10 \mu\text{m}$. Depuis le 1^{er} août 2010, la teneur en soufre est donc déterminée directement sur les filtres PM10. Ces nouvelles mesures ont été corrélées aux valeurs obtenues précédemment avec les filtres cellulosiques, au moyen d'un facteur de corrélation obtenu par des mesures parallèles.

Teneur en soufre sur des filtres PM10

Tableau 12 > Soufre et sulfate dans les PM10, statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Soufre dans les PM10		Sulfate dans les PM10	
		Moyennes annuelles $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyennes journalières max. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyennes annuelles $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Part du soufre dans PM10 %
Centre-ville, dans un parc	Lugano-Università	0,76	3,8	2,27	11,1
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	0,61	4,9	1,84	11,3
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	0,46	3,7	1,37	16,1
Haute montagne	Jungfraujoch	0,10	0,9	0,31	14,1

Figure 18 > Soufre dans les PM10, valeurs moyennes annuelles 1981–2010



Les processus à grande distance déterminent la distribution spatiale du sulfate formé à partir du dioxyde de soufre, qui a une durée de vie de plusieurs jours dans l’atmosphère. C’est pourquoi l’on part d’une distribution spatiale relativement homogène. L’important recul des valeurs de sulfate (Figure 18) n’est pas seulement dû à la baisse des émissions de dioxyde de soufre en Suisse, mais également à la baisse des émissions dans toute l’Europe centrale. Les hautes teneurs en soufre mesurées sur la Jungfrauoch en 1991 étaient probablement dues à l’éruption du volcan Pinatubo.

Distribution spatiale homogène

Les valeurs de mesure de l’année 2010 sont indiquées dans le tableau 12, en partant de l’hypothèse que le soufre se trouve entièrement sous forme de sulfate. Il ressort de la comparaison avec les valeurs de PM10 qu’on trouve aujourd’hui encore 11 à 16 % des PM10 sous forme de sulfate. Bien que cette valeur soit considérablement plus faible qu’au milieu des années 1980, lorsqu’à Payerne et à la Jungfrauoch la proportion de sulfate dans les TSP était de 30 à 35 %, elle n’est cependant pas du tout négligeable. Les composants secondaires sulfate, nitrate et ammonium (voir également le chap. 12) contribuent dans une large mesure à la pollution par les PM10.

Estimation de la teneur en sulfate dans les PM10

4.7 Evaluation

En 2010, les valeurs limites annuelles pour les poussières fines respirables (PM10) ont été dépassées dans les villes et les zones exposées au trafic. Une charge excessive en poussières fines présente un risque accru pour la santé. En outre, le dépassement des valeurs limites constitue un signal clair: il faut diminuer la charge en poussières fines. Pour y arriver, il faut continuer à appliquer la politique menée en Suisse en matière de protection de l’air. Grâce aux mesures déjà prises et mises en pratique, comme par exemple le renforcement des directives sur les gaz d’échappement des véhicules à

Valeurs limites des PM10 nettement dépassées dans les villes

moteur (en accord avec l'UE) ou des prescriptions plus sévères pour les émissions des installations stationnaires, la charge en poussières sera également réduite.

Comme diverses sources et divers polluants (émissions primaires de polluants et précurseurs de particules secondaires) contribuent à la charge en PM10, on ne pourra réussir à réduire la charge qu'avec un ensemble de mesures. Il faudra agir tant à l'échelon local qu'à l'échelon international. Les mesures prises par l'UE (p. ex. réduction des émissions par de nouvelles prescriptions relatives aux gaz d'échappement) auront également des effets positifs en Suisse.

Nécessité de prendre des mesures aussi bien sur le plan local que sur le plan international

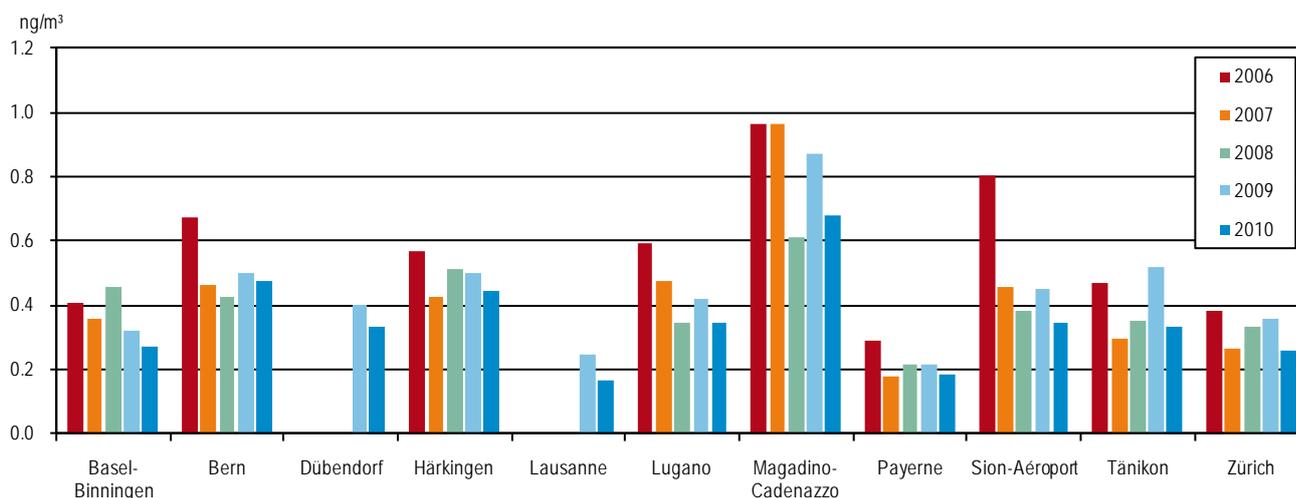
Des progrès doivent encore être faits pour les petites particules de suie cancérigènes. Il n'y a pas de seuil en dessous duquel elles ne sont plus nocives. Conformément à la législation suisse, il faut limiter autant que possible les émissions de suies cancérigènes dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation, et économiquement supportable.

Minimiser les suies de diesel

4.8 Benzo(a)pyrène dans les poussières fines

En Suisse, les poussières fines mesurées dans l'air contiennent une multitude de composants chimiques différents. Les métaux lourds (cf. chapitre 10) ainsi que certains hydrocarbures aromatiques polycycliques tels que le Benzo(a)pyrène sont, entre autres, considérés comme particulièrement dangereux pour la santé. La directive européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004 a fixé pour le benzo(a)pyrène une valeur cible de 1 ng/m³ dans les PM10. Afin d'obtenir une vue d'ensemble des immissions de benzo(a)pyrène dans les PM10 en Suisse, des échantillons de filtre sont analysés dans quelques stations NABEL depuis 2006. La figure 19 montre les moyennes annuelles de concentrations de benzo(a)pyrène pour les années 2006 et 2010. Dans la plupart des stations, les immissions mesurées en 2010 étaient inférieures à celles de 2006, ce qui correspond à la baisse générale des charges de PM10 en 2010. Dans toutes les stations NABEL prises en considération la contamination se situait en dessous de la valeur cible européenne. Les plus fortes concentrations de benzo(a)pyrène ont été mesurées dans des régions rurales du sud des Alpes (Magadino-Cadenazzo 0,68 ng/m³). Des concentrations encore plus élevées ont été relevées dans des villages où le chauffage au bois était très répandu (voir rapport de l'Empa «*Polyaromatische Kohlenwasserstoffe im PM10 an ausgewählten Stationen des NABEL sowie kantonalen Stationen Messbericht 2010*»). Selon la législation suisse, les émissions de benzo(a)pyrène cancérigène doivent être limitées dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation, et économiquement supportable. Par ailleurs, il existe des valeurs limites pour la concentration maximale des émissions.

Figure 19 > Moyennes annuelles de concentrations de benzo(a)pyrène dans les PM10



4.9

Teneur en suie des poussières fines

En plus d'être une source de désagréments, lorsqu'elle se dépose sur nos fenêtres en une couche de poussière noire et sale, la suie nuit à la santé: elle est composée de particules microscopiques qui pénètrent dans les poumons en profondeur et qui peuvent engendrer des maladies des voies respiratoires, des perturbations du système cardiovasculaire ainsi qu'un risque accru de cancer. Afin de pouvoir évaluer précisément le risque pour la santé que présente la charge en suie, il est nécessaire d'en avoir une vue d'ensemble. Mesurer la teneur en suie dans les poussières fines dans des lieux représentatifs constitue un pas important dans cette direction: quatre stations du réseau NABEL équipées d'un appareil de photométrie d'absorption multi-angle (Multi Angle Absorption Photometer, MAAP) ont livré ces données en 2007.

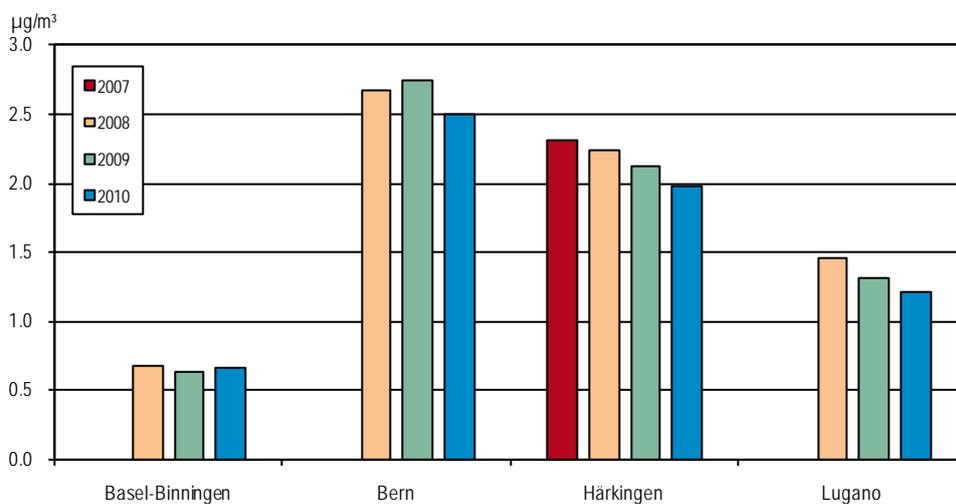
La suie comprend toutes les particules primaires contenant du carbone issues de combustions incomplètes. Elle est composée avant tout de carbone élémentaire (CE, noir de carbone) et de composés organiques mesurés en tant que carbone organique («organic carbon», OC). Dans le domaine des immissions, le carbone élémentaire est souvent appelé suie. La distinction entre le carbone élémentaire et le carbone organique n'est cependant pas clairement établie et varie selon la méthode de mesure. Dans le cadre du Comité européen de normalisation (CEN, CT264 GT35), une méthode de référence pour la mesure du carbone élémentaire est en cours d'élaboration. Un procédé provisoire existe déjà: le processus thermo-optique (TOT) avec le protocole de température EUSAAR-2. Les valeurs de suie (EC) présentées ci-après sont conformes à ce protocole (le procédé VDI [directive VDI 2465 feuille 2], auparavant fréquemment utilisé en Suisse, donne des valeurs EC généralement plus élevées que celles du protocole TOT/EUSAAR-2). Le tableau 13 donne un aperçu des valeurs de suie mesurées en 2010. La figure 20 illustre l'évolution de la charge en suie durant ces dernières années.

La teneur en suie est nettement plus élevée le long des routes fortement fréquentées qu'en milieu urbain ou suburbain. De plus, le long des routes fortement fréquentées, la suie constitue une part de la concentration massique des PM1 considérablement plus grande que dans les zones qui ne sont pas exposées à un trafic direct.

Tableau 13 > Suie (EC) dans les PM1, selon le protocole TOT/EUSAAR-2, statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne journalière max. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Part de suie dans les PM1 %
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	2,5	6,3	19
Urbain	Lugano-Università	1,2	4,6	10
Suburbain	Basel-Binningen	0,7	2,8	6
Rural, autoroute	Härkingen-A1	2,0	5,4	17

Figure 20 > Concentration de suie dans les PM1, selon le protocole TOT/EUSAAR-2, moyennes annuelles



5 > Ozone

5.1 Formation et propriétés

L'ozone est un gaz incolore, à l'odeur légèrement piquante et faiblement soluble dans l'eau. Il est l'un des principaux gaz présents à l'état de trace dans l'atmosphère terrestre. En rapport avec les atteintes à l'environnement dues à l'homme, cette substance joue un rôle triple.

- > Il y a d'une part le «trou d'ozone», terme souvent employé pour parler de l'ensemble des phénomènes entraînant la destruction de la couche d'ozone située dans la stratosphère (10 à 50 km au-dessus de la surface de la Terre). Ce bouclier d'ozone indispensable protège l'espèce humaine ainsi que les divers écosystèmes d'un rayonnement UV trop intensif. La destruction de cette couche protectrice est provoquée par les émissions anthropiques de chlorofluorocarbones (CFC). Ces molécules très stables ne subissent aucune réaction chimique dans la troposphère (jusqu'à une altitude de 10 km); leur effet néfaste ne se produit que dans la stratosphère.
- > Il y a d'autre part un problème très différent, celui des concentrations trop élevées d'ozone près du sol. Cet ozone-là est indésirable, car son agressivité et sa toxicité peuvent porter directement atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement. Les taux excessifs d'ozone à proximité du sol sont la conséquence surtout des émissions anthropiques d'oxydes d'azote (NO_x) et de composés organiques volatils (COV).
- > En plus des rayons UV, l'ozone absorbe également les rayons infrarouges; présent à l'état de traces dans la stratosphère et dans la troposphère, il fait ainsi partie des gaz qui influencent le climat mais sa durée de vie est relativement courte.

Trou d'ozone

Brouillard d'ozone

Gaz à effet de serre

Au début du siècle passé, la charge en ozone au niveau du sol était de l'ordre de 15 ppb (30 µg/m³); à 1 ou 2 km d'altitude, elle était de l'ordre de 20 à 30 ppb (35 à 52 µg/m³). Ces valeurs résultent d'anciennes mesures dont on a vérifié la plausibilité. On admet qu'elles correspondent à la charge naturelle d'ozone qui s'établirait en l'absence d'émissions anthropiques. Cet ozone naturel provient principalement d'un transport depuis la stratosphère dans la troposphère, une autre source étant constituée par les émissions naturelles d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils, de monoxyde de carbone et de méthane, précurseurs d'une formation photochimique. Aujourd'hui, les concentrations d'ozone dans la troposphère libre, souvent qualifiées de pollution, sont au moins 2 fois supérieures. Cette charge de fond ne doit pas être confondue avec la teneur en ozone naturelle de l'atmosphère.

Charge naturelle d'ozone

L'ozone anthropique présent dans les couches d'air proches du sol n'est pas directement émis sous cette forme. Il est synthétisé dans l'atmosphère au cours de réactions photochimiques subies par des polluants dits précurseurs, en l'occurrence les oxydes d'azote (NO₂) et les composés organiques volatils (COV). L'ozone est la principale

L'ozone polluant secondaire

composante du smog photochimique, qui contient cependant de nombreux autres polluants (acides organiques, peroxydes, peroxyacétylnitrate [PAN], etc.). La formation d'ozone suppose un rayonnement solaire intense et les températures élevées favorisent encore les réactions chimiques. En conséquence, les plus fortes concentrations d'ozone se rencontrent durant les périodes estivales de haute pression barométrique (beau temps). La synthèse d'ozone dans un anticyclone est un processus géographiquement étendu, même si elle est particulièrement développée dans les environs des grandes agglomérations. En effet, on trouve dans ces régions un mélange très réactif de précurseurs (émis p. ex. par le trafic matinal). En plus du NO₂ et des COV, le monoxyde de carbone et le méthane jouent un rôle prépondérant dans la formation de l'ozone de fond à grande échelle.

L'ozone est l'un des oxydants et des gaz irritants les plus puissants. Ces propriétés lui valent d'être particulièrement nocif pour les tissus humains, animaux et végétaux ainsi que pour les matériaux. Chez l'homme, l'ozone s'attaque surtout aux voies respiratoires et aux tissus pulmonaires.

L'ozone comme gaz irritant

5.2 Evolution des immissions

L'évaluation de l'évolution de la charge en ozone est une tâche nettement plus exigeante que l'évaluation de celle des charges des autres polluants:

Importance des tendances des valeurs de crête

- > Du point de vue des effets, seules les pointes d'ozone ou les fréquences de dépassement de certaines valeurs limites sont intéressantes.
- > La fréquence d'apparition des pointes d'ozone dépend du temps qu'il fait en été. Les variations que la météo provoque dans les données peuvent cacher une tendance éventuellement présente.
- > L'identification des tendances au niveau des valeurs élevées d'ozone exige des données très complètes. Quelques données manquantes, apparaissant par hasard durant une situation de smog estival, peuvent rendre considérablement plus difficile l'analyse des tendances, voire la rendre impossible. Or, les séries de données anciennes des années 1980 sont justement incomplètes.
- > L'évolution des moyennes d'ozone est différente de celle des valeurs de pointes. En outre, l'évolution dépend de la nature de la station, une station de ville se comportant différemment d'une station de campagne.

La figure 21 présente les statistiques des valeurs d'ozone mesurées aux stations NABEL depuis les années 1990. Afin de rendre les tendances plus lisibles, les stations similaires ont été regroupées: les stations urbaines du nord des Alpes (Bâle-Binningen, Dübendorf, Zurich), les stations rurales du Plateau (Payerne, Tänikon), les stations de moyenne altitude (Chaumont, Rigi) et les deux stations du sud des Alpes (Lugano, Magadino).

Tendance de l'ozone depuis les années 1990

Y figurent les valeurs de mesures (quantiles) de la distribution d'ozone des valeurs horaires d'une année. La valeur 99,9 % (fréquence cumulée de 99,9 % des valeurs) signifie que durant 0,1 % des heures d'une année (8 heures), la valeur d'ozone mesurée a été supérieure à la valeur indiquée sur la figure. Pour la valeur 99 %, ce sont 87 heures, pour la valeur 95 % 438 heures, pour la valeur 75 % 2190 heures et pour la valeur médiane exactement la moitié de toutes les heures d'une année (4380 heures). Y figure également la tendance linéaire de chacun des quantiles.

Quantiles de la distribution d'ozone

Les quatre figures se ressemblent: la valeur horaire maximale et les quantiles élevés de la distribution d'ozone vont en diminuant ou ne montrent aucune tendance significative. La valeur médiane et les quantiles de petites valeurs, au contraire, vont en augmentant. Le coefficient de régression indique la variation annuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La diminution des valeurs élevées d'ozone est la plus grande dans les deux stations du sud des Alpes. Mais les variations varient elles-mêmes fortement d'année en année, et le coefficient de régression dépend fortement des valeurs initiale et finale. Il faudra attendre les mesures des prochaines années pour voir si ces tendances sont significatives ou si elles ont été provoquées par le hasard des conditions météorologiques.

Pics d'ozone en régression, valeurs moyennes en augmentation

La plus forte augmentation de la valeur médiane est enregistrée aux stations urbaines (sud des Alpes inclus). Dans les villes, on pouvait s'attendre à cette augmentation du fait de la chimie de la formation de l'ozone. Etant donné la concentration réduite de NO, la quantité d'ozone diminue.

Augmentation des valeurs moyennes d'ozone en ville

Les stations de Chaumont et du Rigi ont également enregistré une nette augmentation de la valeur médiane. L'augmentation observée dans ces stations donne à penser que la charge en ozone anthropique de fond continue de croître dans tout l'hémisphère nord.

Augmentation des valeurs moyennes d'ozone en montagne

Les tendances qu'illustre la figure 21 concordent bien avec l'évolution de l'ozone que prédisent les modèles théoriques. Entre 1990 et 2010, les émissions suisses de NO_x ont diminué de 45 % et celles de COVNM de 65 %. C'est ce qui empêche une hausse des maxima d'ozone en dépit d'une charge moyenne croissante. Les pics d'ozone ont même reculé dans certaines stations. Ces progrès sont confirmés par les résultats des modèles qui prédisent une baisse des maxima d'ozone s'il y a diminution des NO_x et des COVNM, mais probablement pas de changement de la valeur moyenne.

Tendances observées et modèles concordent

Les figures 22 et 23 présentent les deux séries temporelles qui se réfèrent aux valeurs limites de l'OPair. Elles ne montrent aucun changement significatif ni dans le sens de la hausse ni dans le sens de la baisse. Les longues périodes de beau temps de l'été 2003 ont causé nombre de dépassements des valeurs limites d'immission mais des valeurs 98 % à peine plus élevées.

Figure 21 > Ozone, statistique des moyennes horaires

Les stations ont été regroupées par type: stations urbaines et suburbaines du nord des Alpes (Bâle-Binningen, Dübendorf, Zurich), stations rurales du Plateau (Payerne, Tänikon), stations de moyenne altitude (Chaumont, Rigi-Seebodenalp) et stations du sud des Alpes (Lugano, Magadino-Cadenazzo).

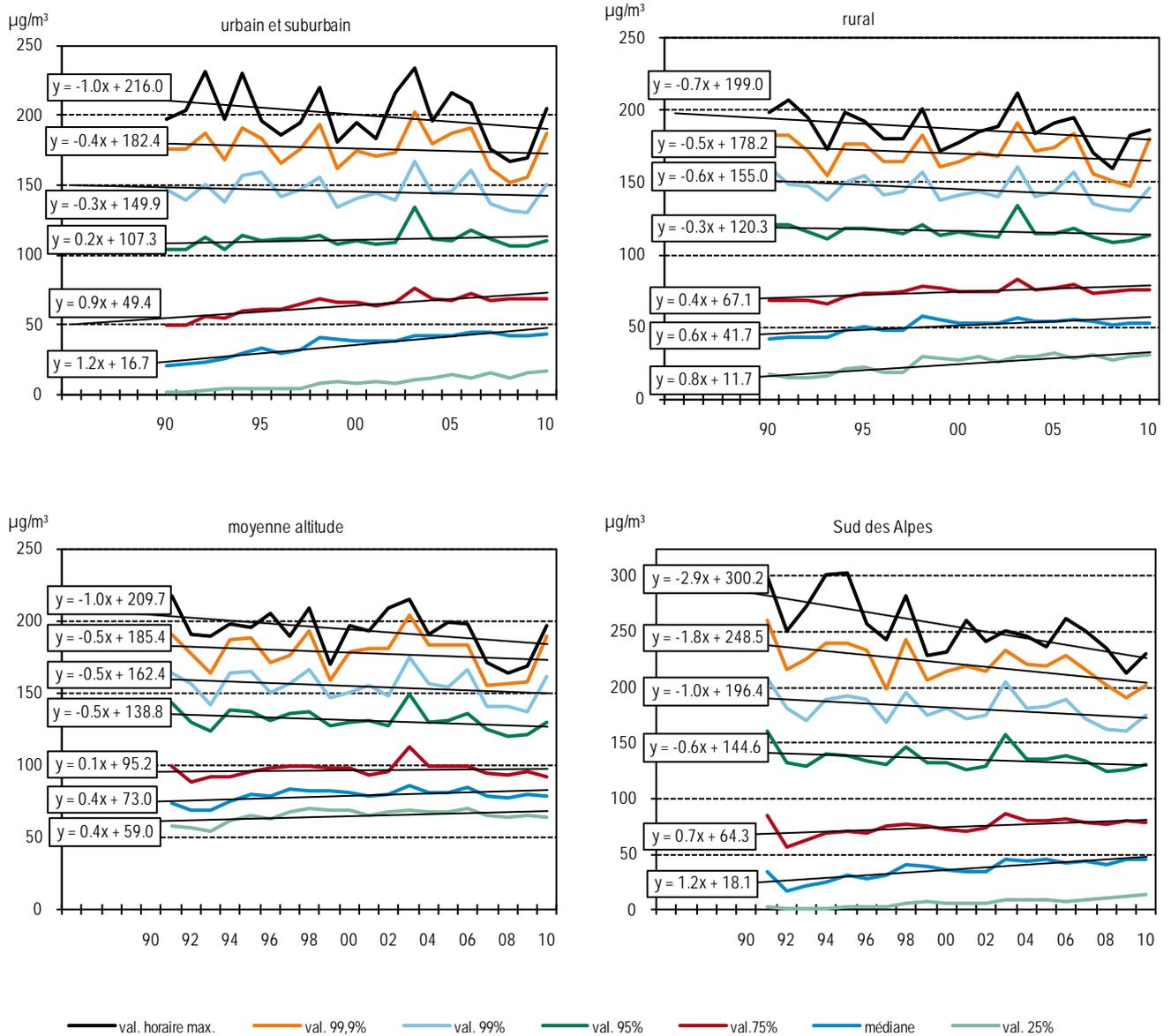


Figure 22 > Ozone, valeur 98 % du mois d'été le plus chargé en ozone, de 1990 à 2010

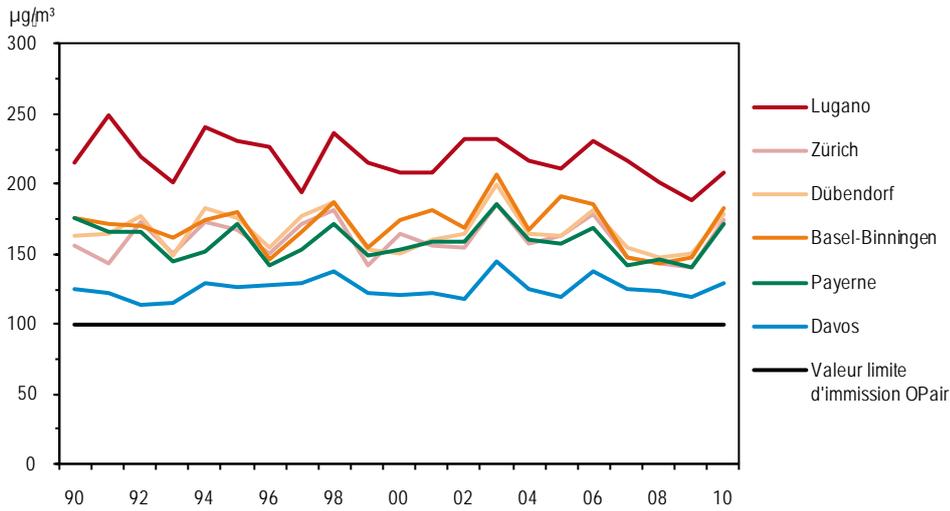
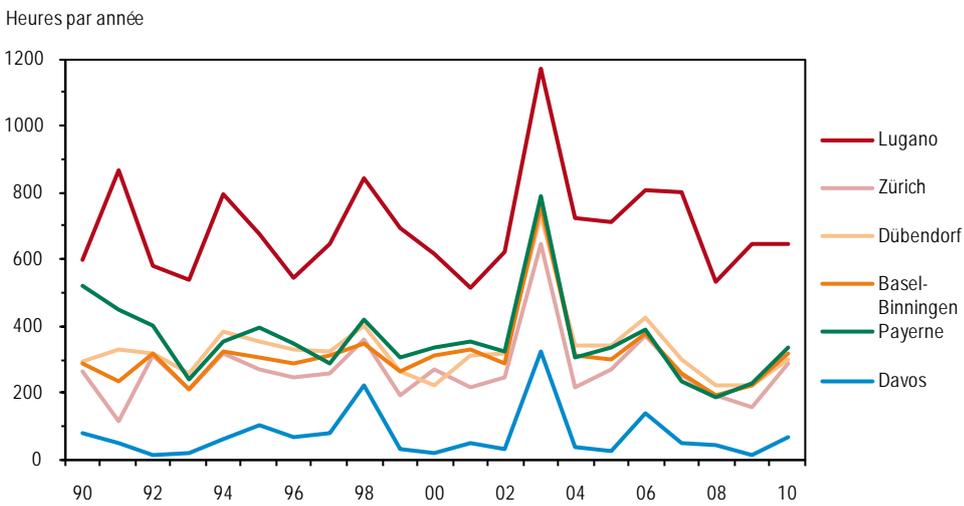


Figure 23 > Ozone, nombre de dépassements de la valeur limite horaire d'immission, de 1990 à 2010



5.3

Situation en 2010

Il ressort de la statistique 2010 (tableau 14) que les valeurs limites d'immission fixées pour l'ozone dans l'ordonnance sur la protection de l'air (moyenne horaire de 120 µg/m³ à ne pas dépasser plus d'une fois par année et 98 % des moyennes semi-horaires devant être inférieures ou égales à 100 µg/m³) ont été franchies dans toutes les stations et parfois très nettement comme déjà les années précédentes. Ces dépassements se sont généralement produits entre mars et septembre et étaient plus fréquents entre mai et juillet.

Dépassement des valeurs dans toutes les stations

Les quatre stations subissant fortement l'influence du trafic (Berne, Härkingen, Lausanne et Sion-Aéroport) n'ont enregistré que peu de dépassements de la valeur limite pour l'ozone (moyenne horaire), ce qui s'explique par la réduction des molécules d'ozone par le monoxyde d'azote, présent en grandes quantités à proximité des routes très fréquentées. Toutefois, un autre polluant est synthétisé au cours de cette réaction: le dioxyde d'azote, lui aussi un précurseur de l'ozone; cette formation secondaire d'ozone ne se produit cependant qu'à des distances assez grandes de la source.

Décomposition de l'ozone aux alentours des routes

Tableau 14 > Ozone (O₃), statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m ³	Val. 98 %-max. µg/m ³	Moyenne horaire max. µg/m ³	Nombre de dépassements de la valeur limite (valeur horaire)	Nombre de jours avec moyenne horaire maximale			Moyenne 8h-max. µg/m ³	Nombre de jours avec moyenne 8h max.	
						> 120 µg/m ³	> 180 µg/m ³	> 240 µg/m ³		> 100 µg/m ³	> 120 µg/m ³
Type de site	Bern-Bollwerk	35	139	168	102	18	0	0	150	33	13
	Lausanne-César-Roux	47	145	165	97	23	0	0	157	39	10
Urbain, trafic	Lugano-Università	54	209	257	647	84	24	1	225	113	63
	Zürich-Kaserne	46	174	201	290	44	3	0	178	61	33
Urbain	Basel-Binningen	49	183	209	320	42	7	0	195	56	35
	Dübendorf-Empa	44	178	206	302	49	5	0	180	59	35
Suburbain	Härkingen-A1	36	168	209	167	32	3	0	192	43	17
	Sion-Aéroport-A9	42	151	177	168	35	0	0	148	63	22
Rural, autoroute Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	50	181	204	525	81	10	0	187	102	59
	Payerne	56	171	188	336	45	3	0	181	66	37
	Tänikon	54	173	186	308	50	2	0	175	64	36
	Lägeren	67	172	192	505	52	2	0	183	80	43
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	81	180	190	666	52	5	0	184	102	47
	Rigi-Seebodenalp	77	180	204	590	45	6	0	189	91	44
	Davos-Seehornwald	67	130	141	70	11	0	0	133	51	6
	Jungfraujoch	74	114	154	13	5	0	0	124	23	3
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>			100	120	1						

1) Stations de Davos-Seehornwald et de la Jungfraujoch: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m³ et en mg/m³ à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A4.

5.4 Variations saisonnières de l'ozone

L'ozone présente des variations saisonnières qui se distinguent fondamentalement de celles de la plupart des autres polluants (figures 24 et 25). On mesure en été des concentrations considérablement plus élevées qu'en hiver. Un examen des graphiques présentant les moyennes mensuelles (figure 24) révèle que les stations subissant directement les conséquences de la circulation routière mesurent les taux les plus faibles (en raison de la réduction de l'ozone par le monoxyde d'azote), tandis que les stations situées à une altitude moyenne (Chaumont, Rigi) enregistrent les concentrations les plus fortes.

Valeurs maximales (en moyenne mensuelle) dans les stations de moyenne altitude

Le mois d'avril a été très ensoleillé, ce qui explique des valeurs d'ozone élevées (figure 24).

Valeurs d'ozone élevées en avril

Figure 24 > Ozone, moyennes mensuelles par type de station, 2010

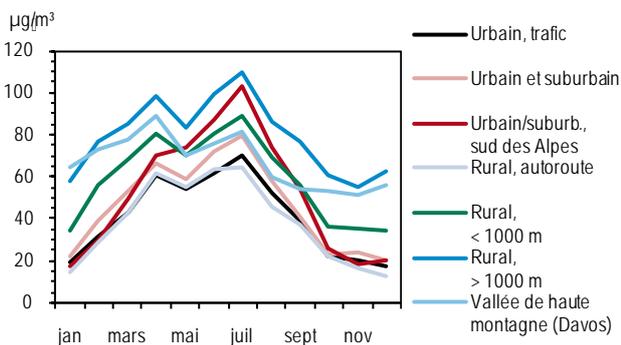
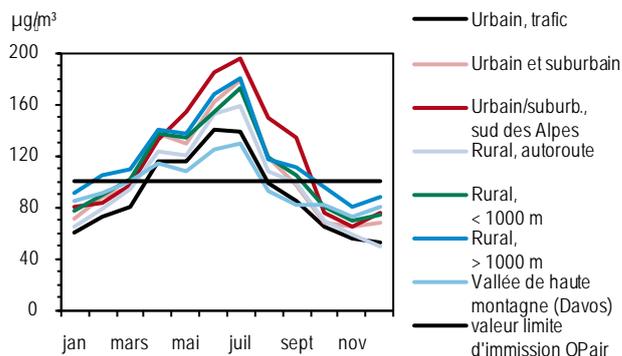


Figure 25 > Ozone, valeurs 98 % mensuelles par type de station, 2010



5.5 Evaluation

Les immissions excessives d'ozone constituent un problème de pollution atmosphérique à grande échelle, avec des répercussions de même ampleur. A l'origine de ces charges excédentaires, il y a la très forte pollution de l'air par les substances anthropiques dites précurseurs, à savoir les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV). Le problème du smog estival ne peut être résolu que par une diminution massive de ces deux précurseurs.

La solution au problème de l'ozone exige une réduction massive des précurseurs

Le problème du smog estival doit être résolu par des mesures qui agissent sur le long terme. Les mesures prises jusqu'ici aux plans national et international contribueront certes à faire régresser les substances qui sont à l'origine de la formation de l'ozone, mais d'autres agissant sur la durée, sont encore nécessaires. Un tel programme a maintenant été prévu dont la réalisation devrait permettre de désamorcer, à moyen terme, le problème du smog hivernal.

Nécessité d'agir à long terme

6 > Composés organiques volatils

6.1 Formation et propriétés

Le groupe des composés organiques volatils (COV) englobe de très nombreuses substances dont le squelette est à base de carbone. Seuls quelques autres éléments chimiques entrent dans leur formation (l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, les halogènes, le soufre, etc.). Les composés organiques volatils qui ne contiennent que des atomes de carbone et d'hydrogène sont appelés hydrocarbure. Parfois, pour simplifier, on utilise le terme «hydrocarbures» pour désigner tout le groupe des COV. Parmi les principaux sous-groupes des COV, citons les composés organiques volatils oxygénés (p.ex. aldéhydes, cétones, alcools), et ceux halogénés (p.ex. chlorofluorocarbones, CFC) ou encore ceux soufrés ou azotés.

Les COV: un groupe de substances très variées
Hydrocarbures

Sont généralement qualifiés de COV les composés organiques dont le point d'ébullition est situé en dessous de 250 °C et qui présentent en conséquence une pression de vapeur suffisamment élevée à température ambiante pour se trouver à l'état gazeux. D'autres composés organiques sont présents dans l'atmosphère sous forme de particules (p.ex. les hydrocarbures peu volatils): ils ne sont pas classés parmi les COV.

Propriétés

L'hydrocarbure le plus simple est le méthane, qui a pour formule CH_4 . Il est présent en assez grande quantité dans l'atmosphère et y produit des effets différents des autres COV. Aussi est-il généralement traité à part des autres hydrocarbures, d'où la distinction «composés organiques volatils non méthaniques» (COVNM).

Méthane

Conjointement aux oxydes d'azote, les composés organiques volatils sont des précurseurs de l'ozone. Cependant, la capacité à former de l'ozone varie fortement d'un COV à l'autre et l'échelle de temps considéré joue également un rôle déterminant. Ainsi, les COV dont la réactivité est très grande sont responsables de l'apparition de pics d'ozone à court terme, dans les environs immédiats des sources; les COV dont la réactivité est plus faible contribuent en revanche à l'élévation du taux d'ozone de fond sur de vastes étendues.

Précurseurs de la formation d'ozone

Plusieurs COV ont des propriétés cancérogènes (p.ex. le benzène), d'autres sont toxiques, la toxicité variant considérablement d'une substance à l'autre. Quant aux COV halogénés (en particulier, les COV totalement halogénés comme le CFC-11, -12, -113, le tétrachlorure de carbone), ils contribuent dans une mesure importante à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique et renforcent l'effet de serre dû au réchauffement global.

Effets

6.2 **Quantité totale de COV**

Trois stations mesurent en continu les taux de composés organiques volatils. Le détecteur à ionisation de flamme (FID) détermine d'une part la totalité des COV présents dans l'air et d'autre part la quantité de méthane. La concentration des COV non méthaniques est obtenue en faisant la différence entre les deux valeurs.

Technique de mesure

L'évolution des immissions depuis 1986 (figure 26) est surtout intéressante pour vérifier l'effet des mesures adoptées. Les deux stations avec de longues séries de mesures enregistrent une baisse d'environ 75 % depuis la fin des années 1980. Le tableau 15 résume les principales valeurs mesurées en 2010.

Réduction des immissions d'environ 75 % ces 20 dernières années

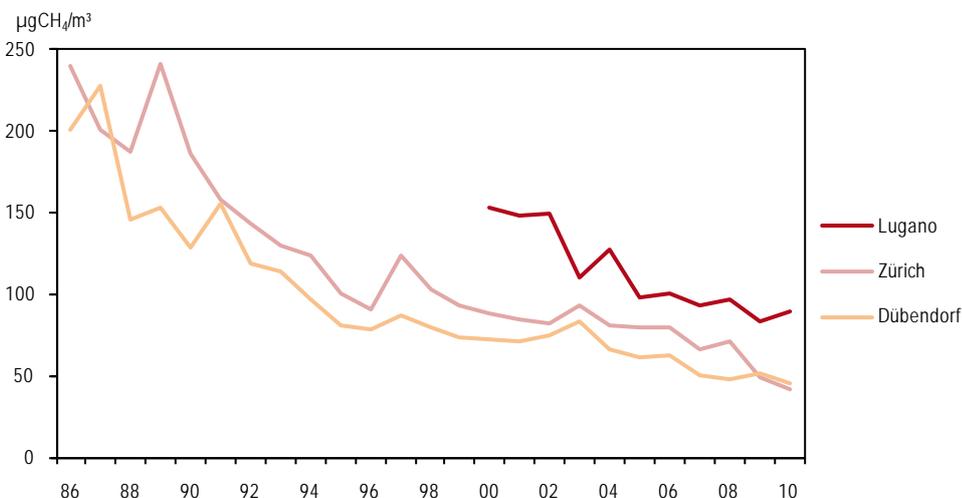
Les mesures effectuées à Lugano indiquent une charge en COVNM nettement plus élevée au sud des Alpes. On ne peut pas déterminer à partir des mesures si cette charge élevée, en particulier en hiver, provient de sources locales ou du transport depuis la vallée du Pô.

Valeurs plus élevées au Tessin

Tableau 15 > COV non méthaniques (exprimés en équivalent méthane), statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle $\mu\text{gCH}_4/\text{m}^3$	Valeur 95 %- $\mu\text{gCH}_4/\text{m}^3$	Moyenne 24h max. $\mu\text{gCH}_4/\text{m}^3$
Urbain	Lugano-Università	89	190	275
	Zürich-Kaserne	42	105	145
Suburbain	Dübendorf-Empa	46	130	174

Figure 26 > COV non méthaniques (exprimés en équivalent méthane), moyennes annuelles de 1986 à 2010



6.3 Composés aromatiques

Les composés aromatiques (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) sont présents dans l'essence pour moteurs. En outre, l'industrie et l'artisanat utilisent le toluène et les xylènes comme solvants. La capacité du benzène à former de l'ozone est faible à moyenne. Si cette substance est indésirable dans l'air que nous respirons, c'est surtout en raison de ses propriétés cancérogènes. Le toluène, l'éthylbenzène et les trois isomères du xylène ont par contre un potentiel considérable pour la synthèse d'ozone. En grandes quantités, ces substances sont des précurseurs importants de l'ozone estival.

Dans les tableaux 16 à 18 figurent les statistiques annuelles des composés aromatiques C₆ à C₈ des stations de Dübendorf, Zurich et Rigi-Seebodenalp. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées dans la région zurichoise alors qu'elles étaient considérablement plus faibles dans la station rurale, située à plus de 1000 m d'altitude.

La mesure des différents composants des COV nécessite une technique nettement plus lourde que pour les autres gaz traces. En conséquence, les données disponibles sont bien moindres. Il est néanmoins possible de faire des calculs fiables des valeurs annuelles, car il y a suffisamment de données sur les différentes saisons.

La concentration de toluène a sensiblement diminué depuis 1994 (figure 27). Les valeurs du benzène n'ont que peu reculé entre 1994 et 1999. En revanche, on a observé un net recul entre 1999 et 2001. Ce comportement a également été observé dans les stations cantonales, qui utilisent pour la plupart des échantillonneurs passifs. Le recul entre 1999 et 2001 a été en moyenne de 30 % sur 9 stations. Le recul le plus important a été observé dans des stations proches des routes. La cause principale en est la baisse de la teneur en benzène de l'essence.

Le benzène, le toluène et le xylène sont les composés aromatiques les plus importants

Diminution sensible de la charge en benzène entre 1999 et 2001

Figure 27 > Composés aromatiques, moyennes annuelles de 1994 à 2010, Dübendorf

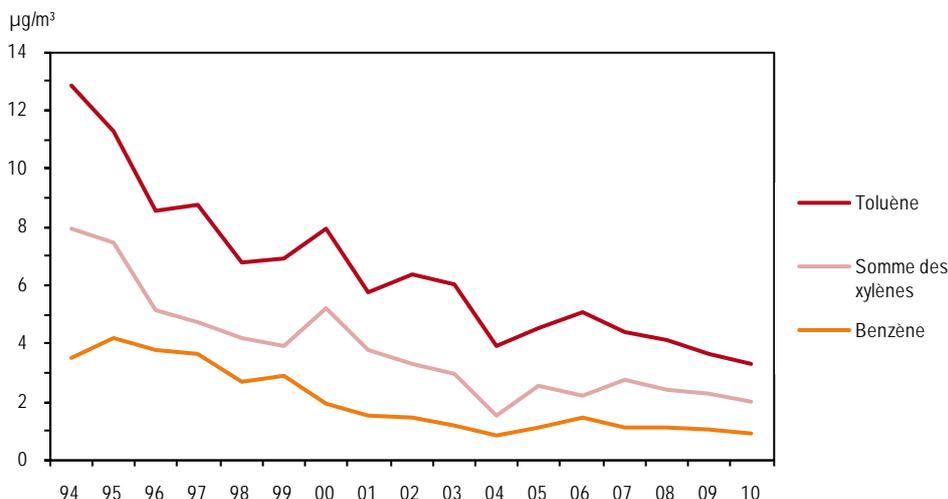


Tableau 16 > Composés aromatiques, statistique annuelle 2010, Dübendorf

		Moyenne annuelle	Valeur 95 %	Valeur 98 %	Nombre des moyennes horaires
Benzène	µg/m ³	0,94	2,50	2,94	7256
Toluène	µg/m ³	3,32	10,02	13,88	7343
Ethylbenzène	µg/m ³	0,46	1,39	1,82	6280
m/p-xylène	µg/m ³	1,54	4,59	5,78	7094
o-xylène	µg/m ³	0,49	1,53	2,03	6063

Tableau 17 > Composés aromatiques, statistique annuelle 2010, Zurich

		Moyenne annuelle	Valeur 95 %	Valeur 98 %	Nombre des moyennes horaires
Benzène	µg/m ³	1,04	2,71	3,22	7423
Toluène	µg/m ³	3,51	8,54	11,45	7417
Ethylbenzène	µg/m ³	0,54	1,33	1,69	7015
m/p-xylène	µg/m ³	1,84	4,93	6,32	7016
o-xylène	µg/m ³	0,67	1,76	2,25	7012

Tableau 18 > Composés aromatiques, statistique annuelle 2010, Rigi-Seebodenalp

		Moyenne annuelle	Valeur 95 %	Valeur 98 %	Nombre des moyennes bihoraires
Benzène	µg/m ³	0,51	1,69	2,47	4252
Toluène	µg/m ³	0,60	1,70	2,12	4228
Ethylbenzène	µg/m ³	0,12	0,31	0,39	3961
m/p-xylène	µg/m ³	0,28	0,78	1,02	3860
o-xylène	µg/m ³	0,11	0,29	0,37	3687

6.4 Hydrocarbures saturés et hydrocarbures insaturés

Les composés organiques volatils sont d'importants précurseurs de la formation d'ozone. Leur dégradation produit des radicaux qui augmentent la capacité d'oxydation de l'atmosphère entraînant ainsi la formation d'ozone. Pour comprendre la photochimie de la troposphère, il est capital de connaître la concentration en COV. Du point de vue toxicologique, c'est le 1,3-butadiène qui est important car il est cancérigène.

Les hydrocarbures insaturés sont importants pour la formation d'ozone

Les COV saturés et insaturés proviennent de sources diverses, par exemple du trafic, de l'évaporation des carburants ou de solvants ainsi que de fuites du réseau de distribution du gaz. L'isoprène, un COV d'origine naturelle émis en grandes quantités par les feuillus, est également relevé.

Emetteurs principaux

Les mesures des COV sont associées à un programme européen qui fournit des données pour le calibrage du modèle européen EMEP. Depuis 2001, divers COV sont relevés à cet effet aux stations de Zurich et de Rigi-Seebodenalp.

Mesures

Tableau 19 > Hydrocarbures saturés et insaturés, statistique annuelle 2010, Zurich

	Moyenne annuelle en µg/m ³	Val. 95% en µg/m ³	Val. 98% en µg/m ³	Nombre des moyennes 1h
Ethane	3,09	6,50	8,00	7424
Propane	2,50	6,03	7,73	7417
n-Butane	2,24	5,59	7,20	7367
n-Pentane	1,20	2,89	3,54	7416
n-Hexane	0,35	0,80	1,00	7399
Heptane	0,56	1,45	1,87	7416
Isobutane	1,26	3,06	4,04	7363
Isopentane	2,68	6,80	8,71	7383
total Isohexane	2,24	5,64	7,19	7426
total Isoheptane	1,71	4,41	5,63	7396
Ethène	1,73	4,86	6,03	7424
Propène	0,57	1,48	1,85	7011
total Butène	0,65	1,64	2,17	6854
total Pentène	0,44	1,26	1,66	6623
Ethyne	0,93	2,43	2,91	7259
Isoprène	0,22	0,57	0,77	7425
1,3-Butadiène	0,12	0,29	0,36	7250

Tableau 20 > Hydrocarbures saturés et insaturés, statistique annuelle 2010, Rigi-Seebodenalp

	Moyenne annuelle en µg/m ³	Val. 95% en µg/m ³	Val. 98% en µg/m ³	Nombre des moyennes 2h
Ethane	2,10	4,20	5,20	4263
Propane	1,23	3,16	4,19	4262
n-Butane	0,63	1,73	2,16	4257
n-Pentane	0,43	1,22	1,60	4245
n-Hexane	0,10	0,25	0,33	4162
Isobutane	0,36	1,00	1,24	4252
Isopentane	0,62	1,49	1,82	4259
total Isohexane	0,52	1,26	1,50	4250
total Isoheptane	0,26	0,77	0,95	3914
Ethène	0,60	2,18	3,41	4263
Propène	0,13	0,39	0,57	4261
total Butène	0,18	0,33	0,40	4246
total Pentène	0,07	0,15	0,18	4217
Ethyne	0,47	1,51	2,36	4257
Isoprène	0,12	0,50	0,85	3440
1,3-Butadiène	0,03	0,07	0,10	4232

6.5 Composés halogénés

Les composés halogénés sont généralement peu actifs et ont une longue durée de vie; dans la chimie de la troposphère, ils ne jouent pas un rôle important dans la formation de l'ozone. Il en est de même de leurs effets sur la santé, au moins pour les concentrations présentes dans l'air extérieur. Cependant, ces composés sont importants sur le plan global, s'agissant par exemple de la destruction de l'ozone dans la stratosphère ou du réchauffement du climat.

Importance dans l'atmosphère

Entre 1994 et 1999, la concentration de plusieurs composés halogénés a été relevée à Dübendorf (rapport annuel 1999; OFEFP, SRU-316). Etant donné que ce sont surtout les concentrations de fond de ces composés qui sont intéressantes, les mesures ont été déplacées à la Jungfraujoch, où l'influence des sources locales est sensiblement plus faible qu'à Dübendorf. Les mesures sont effectuées dans le cadre d'un grand projet (www.empa.ch/plugin/template/empa/*/101463, en allemand).

Mesures dans des stations
NABEL

Les figures 28 et 29 présentent quelques exemples de substances halogénées dont les concentrations sont relevées à la Jungfraujoch. Le composé F134a (CH_2FCF_3) est utilisé comme produit réfrigérant ainsi que pour la production de mousses. Selon les accords internationaux en vigueur, il peut être fabriqué et utilisé, mais il doit entrer dans la statistique des gaz à effet de serre prévue par le Protocole de Kyoto. Le F134a, dont la concentration atmosphérique a nettement augmenté, remplace d'autres substances qui ont été interdites il y a quelque temps. Lorsque l'air provenant de zones de plus basse altitude arrive à la Jungfraujoch, depuis la Suisse ou d'autres pays, on observe une nette hausse des concentrations de F134a (figure 28).

Figure 28 > F134a, moyennes journalières de 2000 à 2010 sur la Jungfraujoch

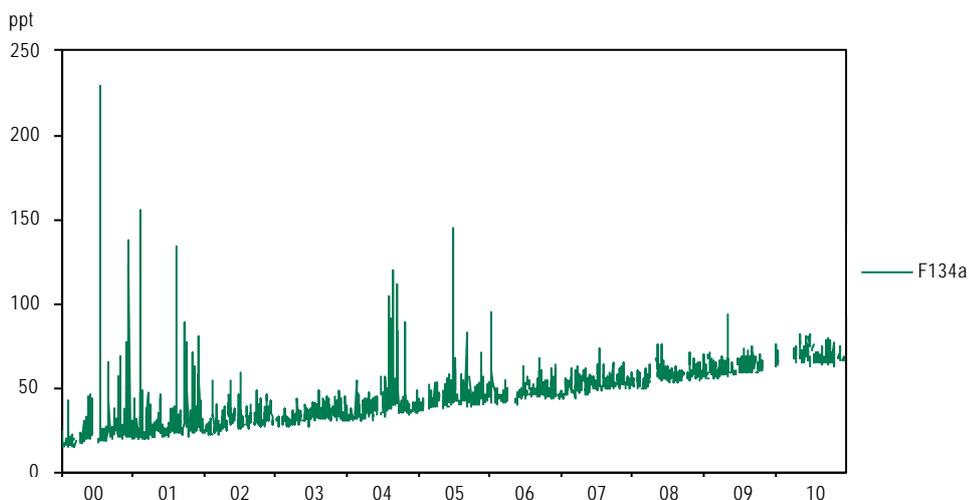
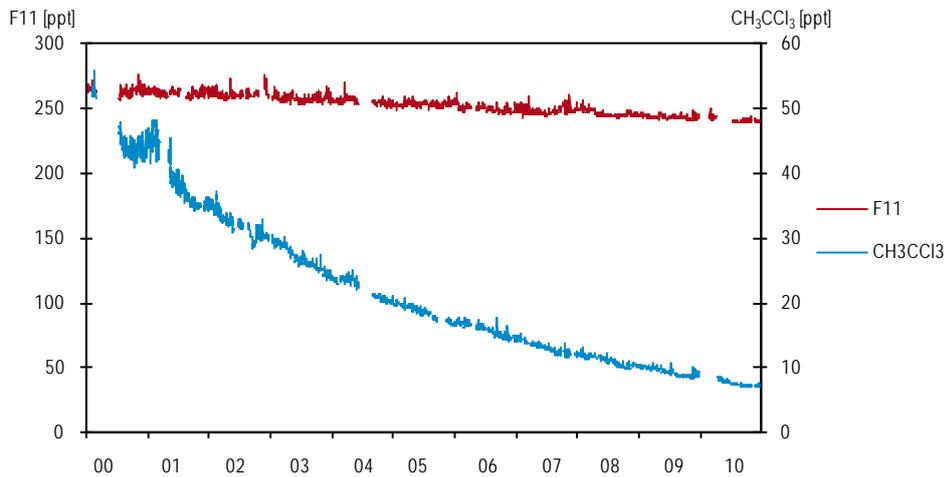


Figure 29 > 1,1,1-Trichloréthane et F11: moyennes journalières de 2000 à 2010 sur la Jungfraujoch



F134a: substance admise

La production et l'utilisation de F11 (CCl_3F), substance entrant dans la composition des mousses et aérosols, sont restreintes au niveau mondial par le Protocole de Montréal. Comme le F11 persiste des dizaines d'années dans l'atmosphère, les concentrations de fond n'ont guère évolué depuis 2000 (figure 29). On n'observe aucun pic de concentration particulier; on peut supposer qu'il n'y a pas de source de F11 en Europe.

F11: substance interdite mais persistante

La production et l'utilisation de 1,1,1-Trichloroéthane (CH_3CCl_3), employé comme solvant, ont aussi été restreintes par le Protocole de Montréal. En raison de la durée de vie limitée de cette substance dans l'atmosphère, on observe déjà un net recul des concentrations mesurées sur les huit dernières années (figure 29).

1,1,1-Trichloroéthane: substance interdite mais à courte durée de vie

6.6 Evaluation

Le groupe des composés organiques volatils (COV) comprend un grand nombre de substances aux propriétés très diverses. Pour la santé humaine les substances cancérigènes présentent le plus grand risque. Concernant les effets dans l'atmosphère, il convient de distinguer deux effets paradoxaux des COV. En effet, certains favorisent la formation d'ozone dans la troposphère et d'autres détruisent la couche d'ozone dans la stratosphère. Depuis le milieu des années 1980, la quantité de précurseurs de l'ozone dans la troposphère a été diminuée avec succès et cela grâce notamment à l'introduction du catalyseur automobile, au renforcement des valeurs limites de l'OPAir dans le domaine industriel et à la généralisation du système de récupération des gaz lors du transport et du transbordement d'essence. En 2000 la taxe d'incitation sur les COV a été mise en application et a permis un recul clair des émissions de COV. Cependant, les mesures prises jusqu'à aujourd'hui ne sont pas encore suffisantes pour atteindre les objectifs fixés en matière d'émissions et d'immissions.

De nouvelles diminutions des émissions sont nécessaires

7 > Dioxyde de soufre

7.1 Formation et propriétés

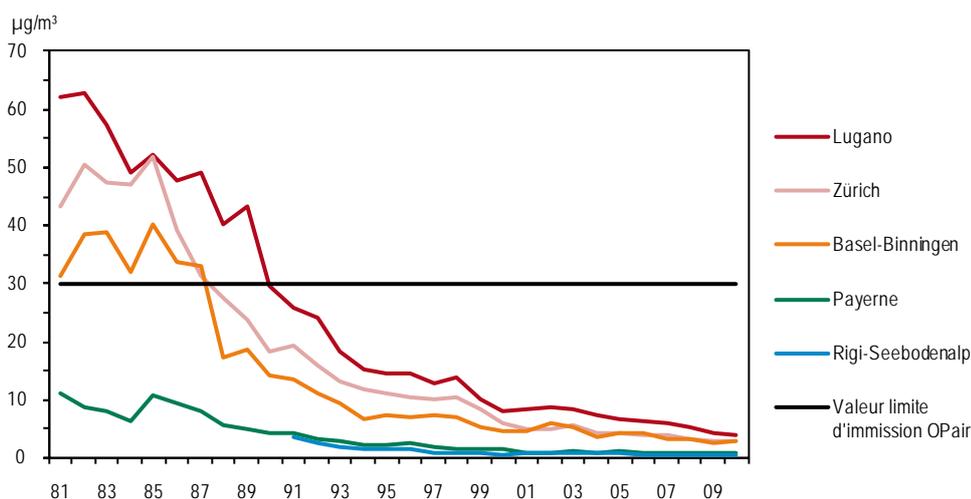
Le dioxyde de soufre est un gaz incolore, irritant et très soluble dans l'eau; lorsqu'il est fortement concentré, son odeur est piquante. Il se forme principalement lors de la combustion de carburants ou de combustibles contenant du soufre. Les émissions de dioxyde de soufre ont atteint leur maximum en 1980; aujourd'hui, elles représentent moins d'un sixième des maxima d'alors.

Depuis 1980, les émissions ont reculé de cinq sixièmes

Au plan de la santé, les charges élevées en dioxyde de soufre touchent surtout les voies respiratoires. Les personnes asthmatiques ou souffrant de maladies chroniques des voies respiratoires sont tout particulièrement affectées. En outre, le SO₂ est très phytotoxique. C'est aussi l'une des principales substances causant les pluies acides.

7.2 Evolution des immissions

Figure 30 > Dioxyde de soufre (SO₂), moyennes annuelles de 1981 à 2010



La charge en dioxyde de soufre a fortement diminué entre 1985 et 1994 (figure 30). Puis la diminution a été moins marquée. La charge en SO₂ est actuellement faible et sensiblement inférieure à la valeur limite d'immission de 30 µg/m³ dans toutes les stations du réseau NABEL. On a également enregistré un net recul des concentrations de cette substance dans les stations installées à la campagne ainsi qu'à la Jungfrauoch (haute montagne). Depuis le milieu des années 80, les charges en SO₂ ont diminué de plus de 90 % dans toutes les stations.

Diminution des immissions de plus de 90 %

7.3 Situation en 2010

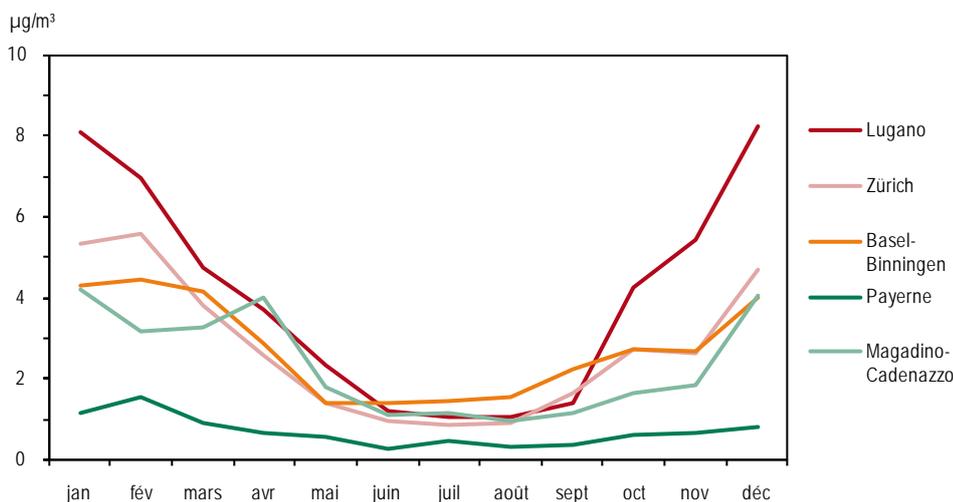
Les résultats des mesures de 2010 portant sur le SO₂ sont réunis dans le tableau 21. Le réseau NABEL n'a enregistré aucun dépassement de la valeur limite annuelle. La valeur 95 %, qui indique les charges pour un laps de temps bref, s'est également située nettement en dessous de la valeur limite (100 µg/m³) dans toutes les stations du réseau. Il en va de même pour les moyennes journalières les plus élevées.

En général, charge basse

Tableau 21 > Dioxyde de soufre (SO₂), statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m ³	Val. 95%- µg/m ³	Moyenne 24h max. µg/m ³	Nombre de dépassements de la moyenne journalière
Urbain	Lugano-Università	4,0	12	15	0
	Zürich-Kaserne	2,8	8	12	0
Suburbain	Basel-Binningen	2,8	10	12	0
	Dübendorf-Empa	2,1	6	9	0
Rural, autoroute	Härkingen-A1	1,2	3	7	0
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	2,4	7	11	0
	Payerne	<1	2	7	0
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	<1	1	4	0
Haute montagne	Jungfrauoch	<1	<1	6	0
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>		30	100	100	1

Etant donné que la charge en SO₂ est depuis des années en dessous des valeurs limites, le programme de mesure du SO₂ dans le réseau NABEL a été réduit. On veillera toutefois à effectuer des mesures à l'avenir aussi bien dans les villes que dans les régions rurales et alpines.

Figure 31 > Dioxyde de soufre (SO₂), moyennes mensuelles 2010

La figure 31 montre les courbes annuelles de 5 stations. Les immissions de dioxyde de soufre présentent de fortes variations saisonnières. En hiver – autrement dit pendant la période où fonctionnent les chauffages et où les conditions atmosphériques peuvent empêcher les échanges de masses d'air (p. ex. situations d'inversion) – les concentrations mesurées sont nettement supérieures à celles enregistrées en été. Ces variations saisonnières sont particulièrement marquées en ville, alors qu'elles sont à peine visibles dans les stations rurales. Le graphique révèle en outre les grands écarts hivernaux entre la ville et la campagne.

7.4 Evaluation

En 2010, aucune des stations NABEL n'a enregistré de dépassement des valeurs limites d'immission pour le dioxyde de soufre, ni à longue échéance, ni à brève échéance.

Le succès confirme que la stratégie de protection de l'air est fondée

Cet état de fait réjouissant est la conséquence directe d'une diminution considérable des émissions de SO₂ dans les années 90. Les mesures adoptées à cet effet (notamment la réduction de la teneur en soufre des huiles de chauffage et l'utilisation accrue de gaz naturel en raison de l'introduction de valeurs limites d'émission plus sévères) ont été couronnées de succès comme l'atteste la nette diminution des charges en dioxyde de soufre. Il est permis d'en conclure que la stratégie choisie par le Conseil fédéral est opportune: grâce à l'application stricte des mesures prônées, les valeurs limites d'immission sont respectées partout en Suisse, même aux emplacements précédemment très pollués.

8 > Monoxyde de carbone

8.1 Formation et propriétés

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore et inodore dégagé par presque tous les processus de combustion, en particulier lorsque celle-ci est incomplète. C'est au milieu des années 70 que les émissions de monoxyde de carbone ont atteint leur plus haut niveau. Depuis lors, elles ont diminué jusqu'à moins d'un tiers de ces valeurs.

Depuis les années 70, émissions réduites des deux tiers

Contrairement au dioxyde de soufre, au dioxyde d'azote et à l'ozone, le monoxyde de carbone n'est pas un gaz irritant. Cependant, il empêche la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang, réduisant ainsi la capacité de transport d'oxygène par le sang. Le monoxyde de carbone constitue en conséquence un toxique respiratoire pour l'homme et pour les animaux à sang chaud.

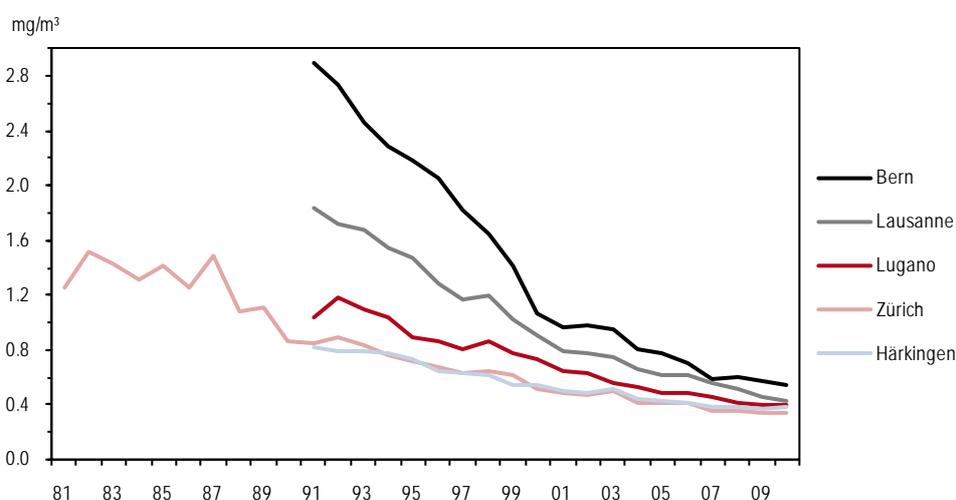
Effets

8.2 Evolution des immissions

Dans toutes les stations fortement polluées, une nette baisse en monoxyde de carbone est intervenue depuis 1990 (figure 32); cette tendance s'est toutefois atténuée ces dernières années. De ces stations situées en bordure de route, ce sont les deux en centre-ville (Berne et Lausanne) qui ont enregistré la plus forte baisse.

Depuis 1992, réduction des immissions d'environ 60 %

Figure 32 > Monoxyde de carbone (CO), moyennes annuelles de 1981 à 2010



8.3 **Situation en 2010**

La pollution de l'air par le monoxyde de carbone est actuellement faible. Dans les zones rurales d'altitude plus élevée, elle se rapproche de la charge de fond globale. La station de Berne enregistre les valeurs les plus élevées avec une moyenne annuelle de 0,54 mg/m³ (tableau 22). Les moyennes annuelles obtenues à Härkingen, station située en bordure d'autoroute, sont du même ordre de grandeur que celles des stations du centre-ville à Lugano et à Zurich, lesquelles ne se trouvent pas directement près d'un axe routier principal.

Les valeurs des stations de plaine non influencées par le trafic routier ainsi que celles des zones d'altitude plus élevée sont notablement plus basses. A la Jungfrauoch, les concentrations de CO sont relativement élevées en comparaison avec d'autres polluants primaires. On peut attribuer cela d'une part à la durée de vie relativement longue du CO (plusieurs semaines) et d'autre part à une charge de fond globale importante.

Forte charge de fond

La valeur limite pour le CO (moyenne journalière de 8 mg/m³) n'est dépassée à aucun des points de mesure. La moyenne journalière la plus forte a été mesurée à Berne: 1,4 mg/m³. Les valeurs des autres stations étaient encore plus basses.

Aucun dépassement de la valeur limite

Tableau 22 > Monoxyde de carbone (CO), statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle mg/m ³	Val. 95 %- mg/m ³	Moyenne 24h max. mg/m ³	Nombre de dépassements de la moyenne journalière
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	0,54	1,0	1,4	0
	Lausanne-César-Roux	0,43	0,8	0,9	0
Urbain	Lugano-Università	0,40	0,9	1,2	0
	Zürich-Kaserne	0,34	0,7	0,9	0
Suburbain	Dübendorf-Empa	0,30	0,7	1,0	0
Rural, autoroute	Härkingen_A1	0,38	0,7	1,0	0
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	0,25	0,5	0,7	0
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	0,21	0,4	0,6	0
Haute montagne	Jungfrauoch	0,11	0,2	0,2	0
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>				8,0	1

Figure 33 > Monoxyde de carbone (CO), moyennes mensuelles, 2010

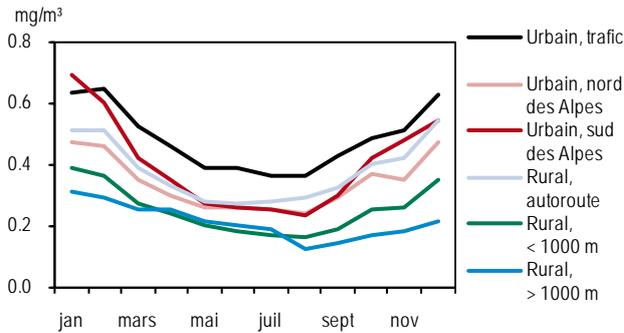
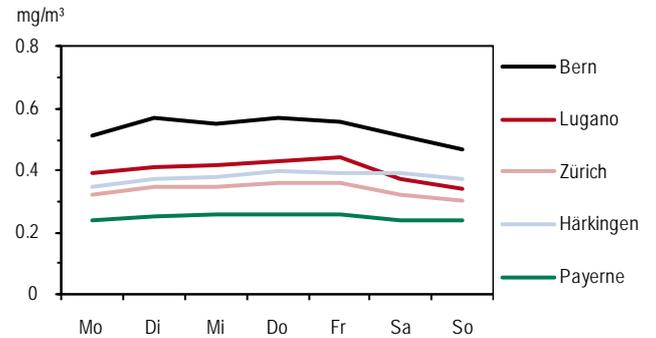


Figure 34 > Fluctuations hebdomadaires (CO), 2010



Les fluctuations annuelles du monoxyde de carbone (figure 33) ne sont que peu marquées. Il en est de même des fluctuations hebdomadaires (figure 34). On n'observe qu'un faible recul de la charge en monoxyde de carbone durant les week-ends; à Härkingen, on remarque même une légère augmentation en fin de semaine. Cette évolution est corrélée au nombre de voitures de tourisme qui passent à proximité des stations. Dans les villes, le trafic des voitures de tourisme a plutôt tendance à baisser en fin de semaine; en revanche, sur les autoroutes, il augmente parfois (à Härkingen par exemple). Les émissions des poids lourds ne jouent pratiquement aucun rôle pour ce polluant, car les facteurs d'émissions de monoxyde de carbone des poids lourds sont nettement plus faibles que ceux des voitures de tourisme.

Les fluctuations hebdomadaires suivent celles du trafic des voitures de tourisme

8.4 Evaluation

Aujourd'hui, la pollution par le monoxyde de carbone ne constitue plus un problème direct pour la santé en Suisse. La réduction massive des émissions depuis le milieu des années 1970 a permis de ramener les concentrations en dessous de la valeur limite d'immission fixée dans l'ordonnance sur la protection de l'air, et cela même dans un goulet routier du centre-ville, où les immissions de CO sont les plus élevées en raison d'une circulation ralentie et d'échanges d'air très faibles.

La pollution par le CO n'est actuellement plus un problème pour la santé

Le monoxyde de carbone est un gaz persistant présent à l'état de traces. Il contribue en tant que précurseur à la formation d'ozone dans la troposphère supérieure. Cet ozone «d'arrière-plan» très répandu ne cesse d'augmenter depuis des années.

Le CO est un précurseur d'ozone

9 > Retombées de poussières

La quantité totale de retombées de poussières, déterminée selon la méthode de Berghoff, ne joue aujourd'hui qu'un rôle secondaire dans la protection de l'air. Les dépôts de poussières mesurés ont diminué au cours des 20 dernières années (figure 35).

Les retombées de poussières sont actuellement insignifiantes

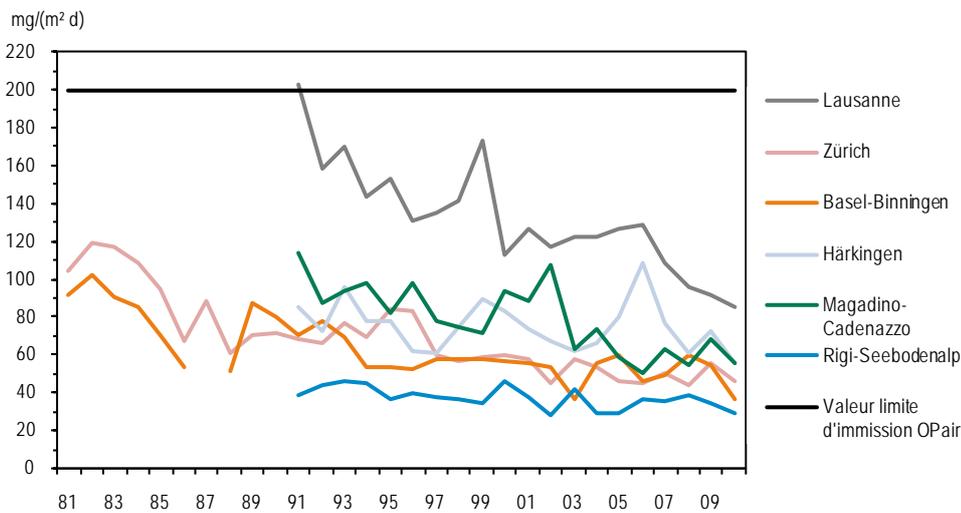
Les valeurs les plus élevées de retombées de poussières ont été mesurées dans des sites urbains exposés au trafic (tableau 23, figure 35). Toutefois, la valeur mesurée la plus élevée (Lausanne: 85 mg/m² d) est nettement plus faible que la valeur limite. A noter aussi, la concentration relativement élevée mesurée à la station de Magadino.

Respect des valeurs limites

Tableau 23 > Retombées de poussières, statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle mg/(m ² d)
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	76
	Lausanne-César-Roux	85
Urbain	Zürich-Kaserne	46
Suburbain	Basel-Binningen	37
Rural, autoroute	Härkingen-A1	56
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	56
	Payerne	25
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	29
<i>Valeur limite d'immission Opair</i>		200

Figure 35 > Retombées de poussières, moyennes annuelles de 1981 à 2010



10 > Métaux lourds dans les poussières en suspension et les retombées de poussières

Dans l'atmosphère, les métaux lourds ne se rencontrent guère que liés à de fines particules de poussières en suspension, à l'exception du mercure, qui est volatil, et de quelques rares composés. Ces particules sont soumises à divers processus de dépôt; selon leur grosseur, elles parviennent dans les sols et les eaux de surface situés dans les environs immédiats de la source ou sont transportés sur de grandes distances.

De fortes concentrations de métaux lourds représentent un risque pour l'homme et pour l'environnement. En effet, nombre de ces éléments sont toxiques, certains d'entre eux sont cancérigènes (par ex. le cadmium). Les métaux lourds sont dangereux pour l'environnement à plusieurs égards:

- > ils ne sont pas dégradables;
- > ils se concentrent et s'accumulent dans l'environnement au cours de processus minéraux et biologiques;
- > ils peuvent être absorbés, directement ou par le biais de la chaîne alimentaire, et entraîner des effets aigus ou chroniques.

Effets des fortes concentrations de métaux lourds

10.1 Plomb

Les émissions de plomb les plus importantes provenaient par le passé du trafic motorisé. Depuis les années 70, les émissions de plomb ont considérablement reculé, grâce à la diminution de la teneur en plomb des essences «super» et «normale». L'introduction en 1985 du carburant «normal» sans plomb a permis de réduire encore plus la pollution de l'environnement par ce métal lourd. Aujourd'hui, les émissions de plomb ne représentent plus que 5 % de ce qu'elles étaient au début des années 70.

20 fois moins d'émissions

Depuis 1988, presque toutes les stations ont enregistré une très forte diminution des concentrations du plomb dans les poussières en suspension (figure 36). Le même constat est fait pour les retombées de poussières (figure 37). La charge en plomb a diminué en moyenne de 3 à 10 fois depuis 1991. La forte augmentation des retombées de plomb des années 97 à 99 à Berne est très probablement due à un effet très localisé à l'emplacement provisoire.

Forte diminution de la charge en plomb

Depuis la révision de l'OPair du 1^{er} mars 1998, les valeurs limites pour les métaux lourds s'appliquent également aux PM10 et non TSP. Depuis cette date, la valeur limite pour le plomb dans les PM10 est de 500 ng/m³ en moyenne annuelle. Les mesures comparatives effectuées entre les TSP et les PM10 montrent que pratiquement tout le plomb est contenu dans la fraction PM10 des poussières en suspension. Les mesures de

plomb effectuées jusqu'ici dans les TSP (figure 36) peuvent donc être considérées, avec une légère correction, comme mesures du plomb dans les PM10.

Figure 36 > Plomb dans les poussières en suspension (PM10, avant 1997, TSP), moyennes annuelles de 1988 à 2010 (valeur limite d'immission OPair: 500 ng/m³)

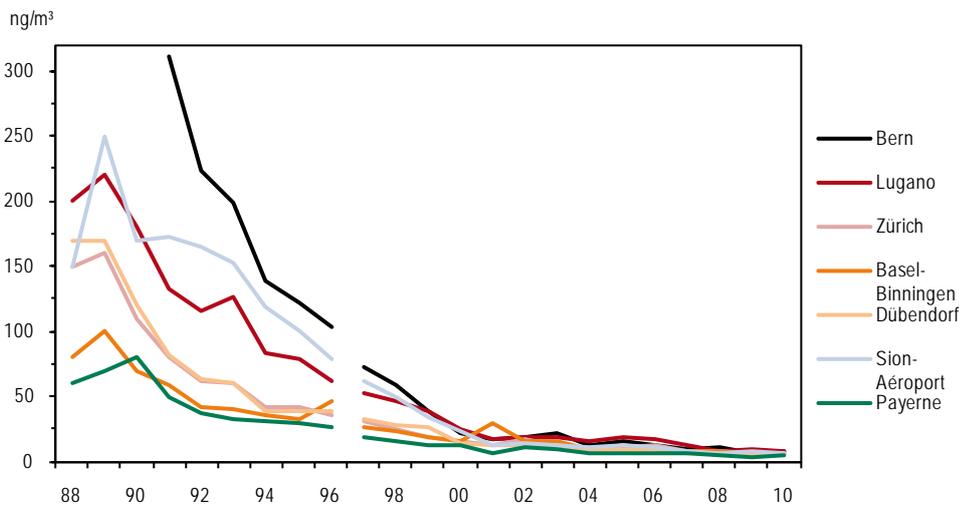
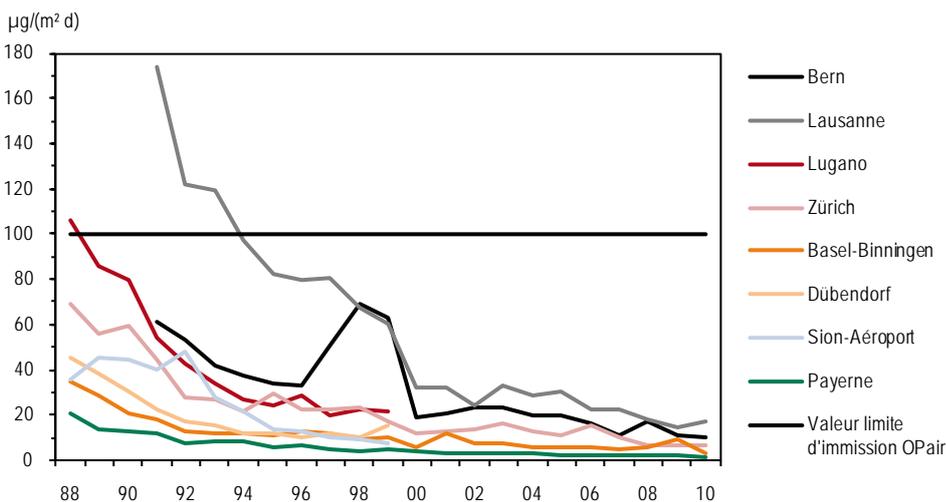


Figure 37 > Plomb dans les retombées de poussières, moyennes annuelles de 1988 à 2010



Comme le montre le tableau 24, la valeur limite de 500 ng/m³ est aujourd'hui largement respectée dans toutes les stations. Les dépôts de plomb dans les retombées de poussières (tableau 25, figure 37) sont les plus élevés aux stations urbaines situées à proximité des routes. Les valeurs les plus élevées mesurées à Berne et à Lausanne

Valeurs limites largement respectées

étaient respectivement de 10 et 17 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ d. Elles se situent nettement en dessous de la valeur limite de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ d.

Tableau 24 > Métaux lourds dans les poussières en suspension (PM10), statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyennes annuelles				
		Plomb ng/m ³	Cadmium ng/m ³	Arsenic ng/m ³	Nickel ng/m ³	Cuivre ng/m ³
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	7,8	0,18	0,42	2,40	66,3
	Lausanne-César-Roux	6,5	0,10	0,40	1,10	31,7
Urbain	Lugano-Università	8,3	0,16	0,41	1,60	14,0
	Zürich-Kaserne	6,3	0,11	0,35	0,90	23,5
Suburbain	Basel-Binningen	6,2	0,16	0,38	1,10	8,1
	Dübendorf-Empa	5,6	0,10	0,33	0,90	19,4
Rural, autoroute	Härkingen-A1	7,2	0,11	0,41	1,30	31,7
	Sion-Aéroport-A9	6,3	0,09	0,34	1,00	23,4
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	6,7	0,13	0,49	1,60	9,4
	Payerne	4,9	0,08	0,47	0,50	4,8
	Tänikon	5,5	0,10	0,28	0,30	5,6
Rural altitude > 1000 m	Chaumont	2,5	0,05	0,16	0,40	1,5
	Rigi-Seebodenalp	3,9	0,05	0,17	0,10	1,9
Haute montagne	Jungfraujoch	<0,5 *	<0,05 **	<0,1 ***	<0,5 *	<0,5*
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>		500	1,5			

* Seuil de mesure: 0,5 ng/m³

** Seuil de mesure: 0,05 ng/m³

*** Seuil de mesure: 0,1 ng/m³

10.2 Cadmium

Le cadmium parvient dans l'atmosphère par divers biais: usines d'incinération des ordures ménagères, entreprises travaillant des métaux (traitement de la ferraille et du zinc), combustion de charbon, entreprises utilisant des produits contenant du cadmium (pigments de peintures, stabilisateurs, accumulateurs, alliages, protection contre la corrosion, etc.). Depuis le début des années 70, les émissions de cadmium ont baissé grâce à la mise en place de dispositifs d'épuration des fumées et à l'élimination de ce métal de nombreux produits. Elles ne se montent plus qu'à environ un tiers du maximum atteint en 1970.

Depuis 1991, les charges en cadmium des poussières en suspension (figure 38) ont diminué de plus de moitié. Les charges en cadmium des retombées de poussières (figure 39) ont également diminué, mais pas dans la même proportion. Les très forts dépôts de cadmium constatés à Lausanne en 1995 et 2001 peuvent être considérés comme des cas isolés, sans doute provoqués par des travaux d'assainissement locaux.

Sources de cadmium

Charge en cadmium diminuée de moitié

Figure 38 > Cadmium dans les poussières en suspension (PM10, avant 1997, TSP), moyennes annuelles de 1988 à 2010

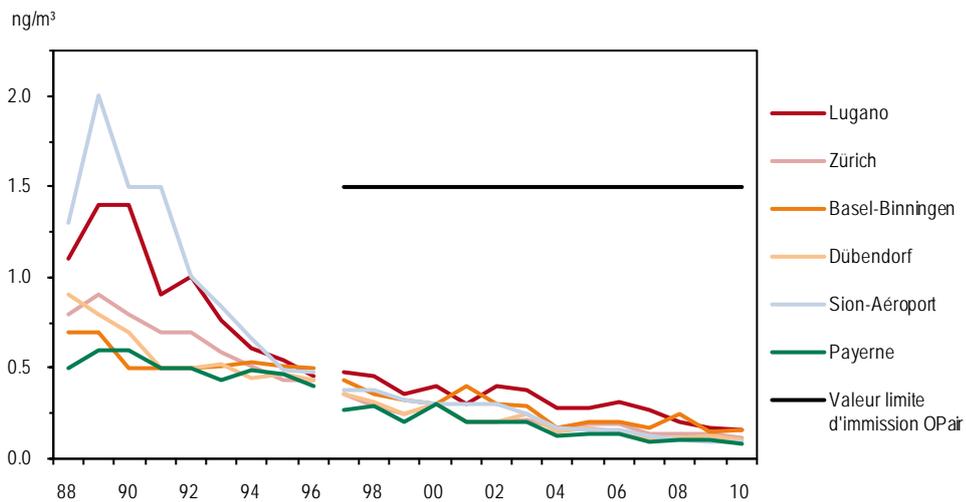
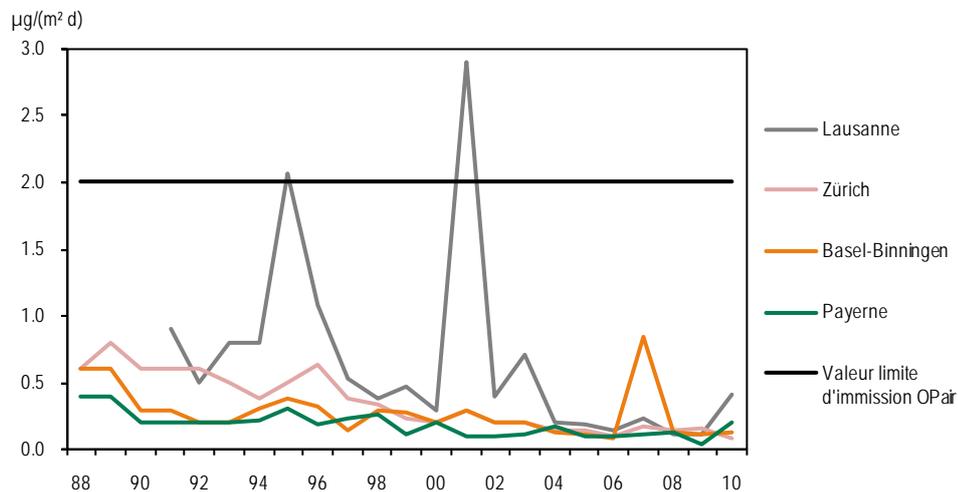


Figure 39 > Cadmium dans les retombées de poussières, moyennes annuelles de 1988 à 2010



Depuis que les valeurs limites s'appliquent aux PM10 et non aux TSP, la valeur limite du cadmium a elle aussi été revue, comme celle du plomb, et se situe désormais à 1,5 ng/m³ en moyenne annuelle. Il ressort des mesures comparatives effectuées entre TSP et PM10 que le cadmium est entièrement contenu dans la fraction PM10 des poussières en suspension. Les mesures effectuées jusqu'à présent dans les TSP (figure 38) peuvent ainsi également être interprétées comme des mesures du cadmium dans les PM10.

Comme le montre le tableau 24, la valeur limite du cadmium dans les poussières en suspension est nettement respectée dans toutes les stations. Les concentrations se situent partout en dessous de 0,2 ng/m³. La valeur limite pour le cadmium dans les retombées de poussières (tableau 25) est aussi respectée dans toutes les stations.

Valeurs limites généralement respectées

Tableau 25 > Métaux lourds dans les retombées de poussières, statistique annuelle 2010

Type de station	Station	Moyenne annuelle						
		Plomb µg/(m ² d)	Cadmium µg/(m ² d)	Zinc µg/(m ² d)	Thallium µg/(m ² d)	Arsenic µg/(m ² d)	Nickel µg/(m ² d)	Cuivre µg/(m ² d)
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	10,1	0,33	150,8	0,012	0,42	4,55	83,4
	Lausanne-César-Roux	16,9	0,42	167,2	0,016	0,54	4,22	79,4
Urbain	Zürich-Kaserne	6,6	0,08	46,3	0,012	0,36	2,13	27,3
Suburbain	Basel-Binningen	3,4	0,13	22,6	0,010	0,26	1,60	9,2
Rural, autoroute	Härkingen-A1	3,9	0,06	55,9	0,011	0,33	2,25	26,3
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	4,6	0,79	24,7	0,019	0,47	2,75	7,9
	Payerne	1,6	0,21	11,9	0,009	0,17	1,08	3,6
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	3,9	0,27	19,9	0,019	0,25	1,00	4,4
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>		<i>100</i>	<i>2</i>	<i>400</i>	<i>2</i>			

10.3

Zinc

Si le zinc est un oligo-élément essentiel pour les plantes, les animaux et pour l'homme, il devient toxique pour les plantes et pour les micro-organismes lorsqu'il est présent en concentrations trop élevées dans les sols.

Le zinc est un métal lourd. Il est utilisé surtout par l'industrie, mais est aussi émis lors de la combustion de carburants fossiles, par les usines d'incinération des ordures ménagères et par le trafic motorisé (usure des pneus et du revêtement des chaussées). Alors que les mesures introduites par l'industrie depuis le début des années 70 ont porté leurs fruits, les émissions de zinc dues au trafic ont, elles, augmenté.

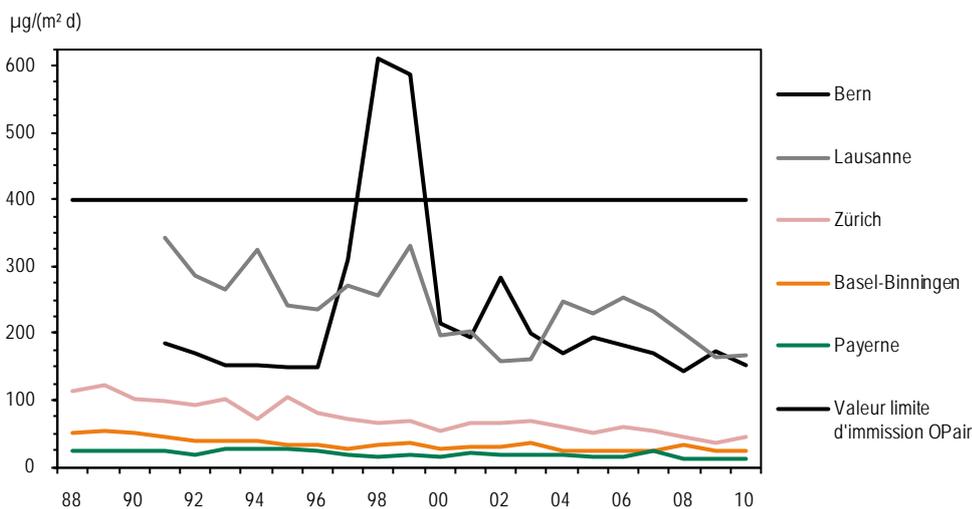
Sources de zinc

Au cours des 20 dernières années, les retombées de zinc ont diminué de 40 à 60 %, sauf à Berne et à Härkingen. En 2010, les valeurs les plus élevées (moyennes annuelles) ont été mesurées aux stations de Berne et de Lausanne (tableau 25 et figure 40). L'usure des pneus et du revêtement routier a certainement joué un rôle déterminant dans les résultats de ces deux stations.

Depuis 1993, diminution des retombées de zinc de 40 à 60 %

La forte augmentation des retombées de zinc constatée entre 1997 à 1999 à Berne est très probablement due à un effet très localisé de l'emplacement provisoire (eau giclant d'une balustrade en acier zingué).

Figure 40 > Zinc dans les retombées de poussières, moyennes annuelles de 1988 à 2010



10.4 **Thallium**

Les immissions de thallium proviennent principalement de l'industrie du ciment. Elément très persistant dans les sols, le thallium peut être absorbé par les plantes, les animaux et l'homme, par le biais de la chaîne alimentaire. Or, de très petites quantités suffisent déjà à entraîner des effets néfastes. Les concentrations de Thallium mesurées dans les stations NABEL sont largement en dessous de la valeur limite (tableau 25).

Pas de problème d'immissions de thallium

10.5 **Evaluation**

Les charges en métaux lourds parvenant dans l'environnement par l'intermédiaire des rejets de polluants dans l'air ont considérablement diminué au cours des dernières années. En général, les valeurs mesurées sont nettement inférieures aux valeurs limites fixées par l'ordonnance sur la protection de l'air. Les quelques dépassements des valeurs limites observés sont le fait d'événements particuliers, comme les pics de cadmium à Lausanne en 1995 et 2001.

Généralement largement au-dessous des valeurs limites

10.6 **Autres métaux**

La directive 2004/107/CE de l'Union européenne définit des valeurs cibles pour la teneur en arsenic et en nickel dans les PM10. Les concentrations maximales mesurées dans les stations NABEL en 2010 étaient de 0,5 ng/m³ pour l'arsenic et de 2,4 ng/m³ pour le nickel, soit nettement en dessous des valeurs cibles européennes (6 ng/m³ pour l'arsenic et de 20 ng/m³ pour le nickel). On peut donc qualifier la pollution par ces deux éléments comme généralement faible en Suisse.

11 > Substances contenues dans les précipitations

11.1 Formation et propriétés

Les polluants primaires émis dans l'air, de même que les polluants secondaires issus de la transformation de ces substances, sont ensuite éliminés de l'atmosphère par une série de processus. Les dépôts humides représentent un processus d'élimination important. Cependant, les polluants parviennent également dans le sol par un processus de dépôt sec (sédimentation de particules, dépôts de gaz) et d'interception (dépôt inerte du brouillard et des poussières en suspension sur la surface de la végétation, appelé également «dépôt occulte»). L'importance relative des différents processus de dépôt dépend de plusieurs facteurs, des composants considérés, des facteurs météorologiques, chimio-atmosphériques et topographiques, ainsi que de la nature de la surface de dépôt (p. ex. la végétation).

Retombées humides

L'analyse des eaux de pluie permet d'obtenir des informations sur une partie des polluants atmosphériques qui parviennent dans le sol et dans les eaux. A ce sujet, l'apport direct ou indirect d'acides, responsable de l'acidification, et l'apport de substances azotées, responsable de l'eutrophisation des écosystèmes sensibles, jouent un rôle particulièrement important.

Les mesures effectuées dans les stations du réseau NABEL sont intégrées au Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance de polluants atmosphériques en Europe (EMEP) dans le cadre de la convention CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CLRTAP). Les valeurs journalières ou hebdomadaires cumulées du pH, de la conductibilité (COND) et de divers ions sont évaluées.

L'ion sulfate (SO_4^{2-}) est l'anion de l'acide sulfurique, il est issu en grande partie de la transformation du dioxyde de soufre. Le nitrate (NO_3^-) est l'anion de l'acide nitrique, il se forme à partir d'oxydes d'azote. L'ammonium (NH_4^+) est un dérivé des émissions d'ammoniac, et le chlorure (Cl) est produit principalement par l'émission d'acide chlorhydrique et de suspension de sel de déneigement. Ces composants sont en grande partie d'origine anthropique. Le chlorure et, dans une moindre proportion, le sulfate, parviennent également dans l'atmosphère, par le biais de l'écume des mers.

Sources des ions mesurés

Afin de compléter le bilan ionique, on évalue les substances cationiques: sodium (Na^+), potassium (K^+), magnésium (Mg^{2+}) et calcium (Ca^{2+}). On considère que la source principale de Ca et de Mg est constituée par les particules du sol. Ces composants sont donc en grande partie d'origine naturelle. Les principales sources de sodium sont la

suspension de sel de déneigement, le sol et l'écume des mers. Le potassium provient en grande partie de la combustion de la biomasse (surtout du bois).

Le pH est une mesure de la concentration des ions hydrogène (H^+) et indique quelle est l'acidité de la pluie. Plus le pH est bas, plus la pluie est acide: un pH de 4 correspond à une concentration en H^+ de 0,1 mg/l, un pH de 5 à une concentration en H^+ de 0,01 mg/l. La valeur du pH résulte de la réaction des composés acides et basiques absorbés par la pluie.

Valeur du pH

11.2 Evolution des immissions

Les figures 41 à 46 présentent l'évolution des concentrations des principaux composants. Lors de l'analyse, il faut tenir compte du fait que les concentrations décelées dans les eaux de pluie ne résultent pas seulement d'émissions locales, mais également d'émissions à grande échelle. L'évolution des substances contenues dans les eaux de pluie doit, par conséquent, être analysée en rapport avec les émissions des substances produites dans l'ensemble de l'Europe centrale pendant la période concernée.

Les concentrations moyennes (pondérées avec le taux de précipitations) des substances contenues dans les eaux de pluie, ainsi que les charges, qui dépendent en grande partie du volume des précipitations, varient nettement d'une année sur l'autre. Seules des séries de mesures effectuées sur plusieurs années permettent de définir clairement des tendances quant à la composition des dépôts humides.

La courbe ascendante présentée par la valeur du pH des eaux de pluie ces 20 dernières années (figure 41) indique une diminution des précipitations acides. Ce phénomène résulte notamment de la baisse de la proportion de sulfate et, dans une moindre mesure, de la baisse de la proportion de chlorure. La concentration de sulfate mesurée dans les eaux de pluie a diminué en Suisse (figure 42) comme dans toute l'Europe grâce aux dispositions prises par les pays européens pour réduire les émissions de dioxyde de soufre. La proportion de nitrate (figure 43) contenue dans les eaux de pluie a peu ou pas augmenté jusqu'à la fin des années 1980, puis diminué légèrement. Les proportions d'ammonium et de sodium (figures 45 et 46) ont peu varié, de même que celles de calcium, de magnésium et de potassium, ces dernières n'étant pas présentées ici.

Diminution des précipitations acides

Les quantités de précipitations ont augmenté au cours des 20 dernières années au nord des Alpes (figure 47). La charge en sulfate a baissé ces 20 dernières années (figure 48), alors que les charges d'autres ions, comme le nitrate (figure 49) ou l'ammonium (figure 50), par exemple, sont restées pratiquement inchangées.

Charge ionique inchangée

Figure 41 > Valeur de pH des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2010

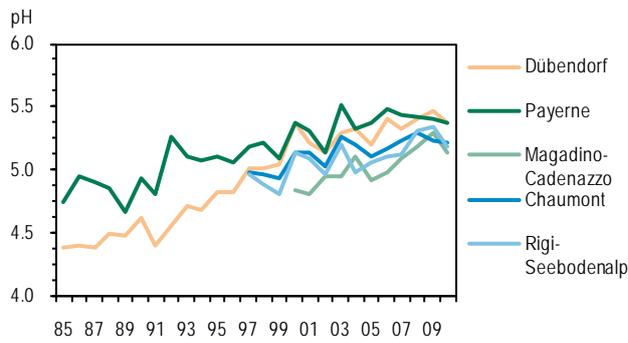


Figure 42 > Sulfate ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2010

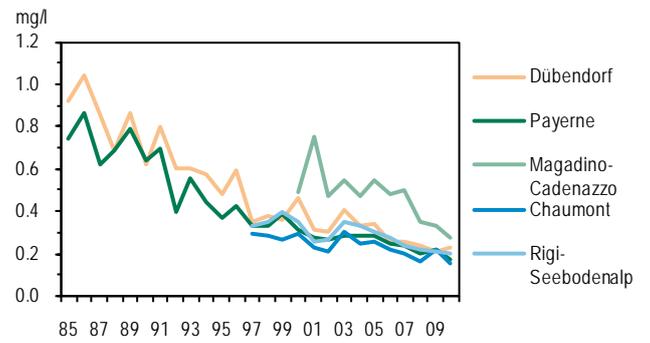


Figure 43 > Nitrate ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2010

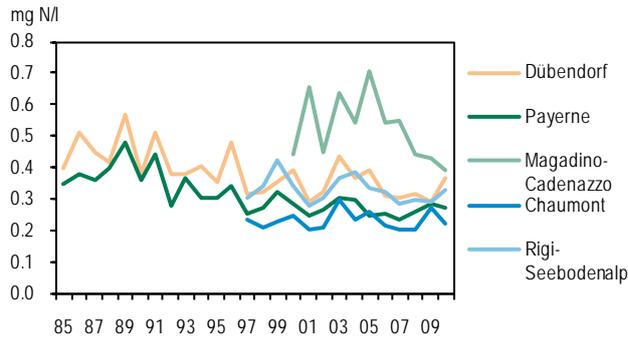


Figure 44 > Chlorure (Cl^-) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2010

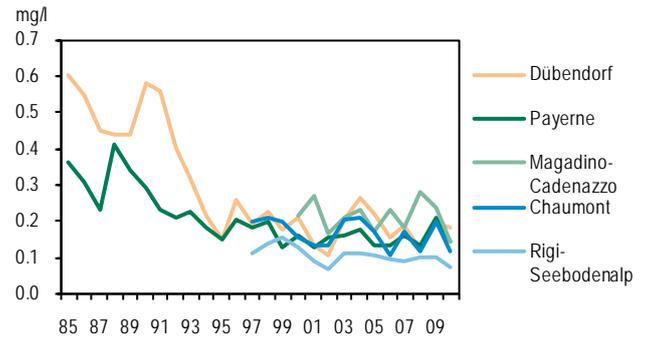


Figure 45 > Ammonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2010

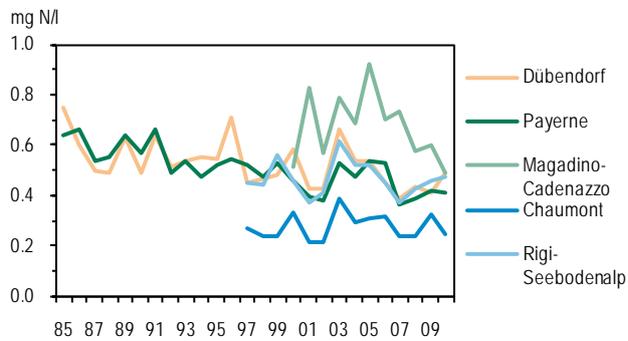


Figure 46 > Sodium (Na^+) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2010

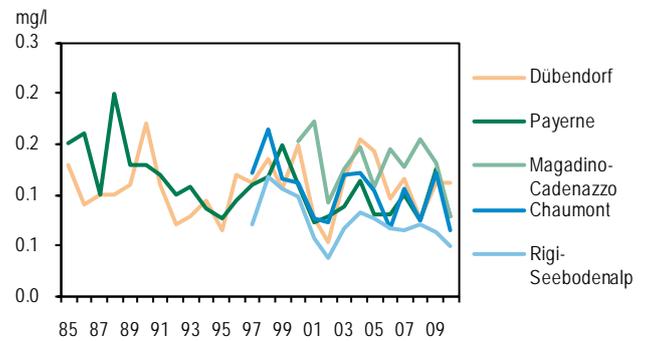


Figure 47 > Taux de précipitations analysé, somme des années 1985 à 2010

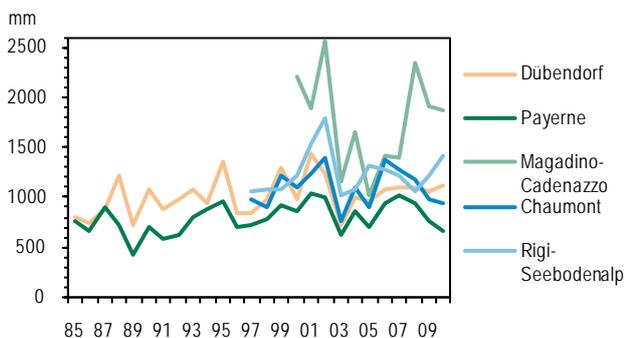


Figure 48 > Sulfate (SO₄²⁻-S), moyennes annuelles des charges de 1985 à 2010

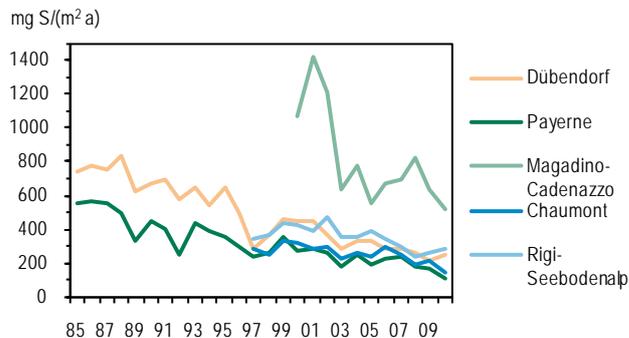


Figure 49 > Nitrate (NO₃⁻-N), moyennes annuelles des charges de 1985 à 2010

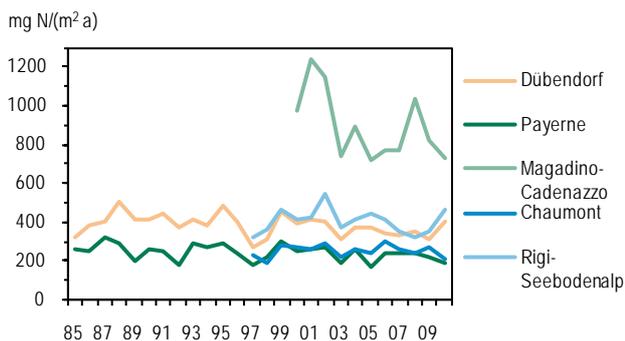
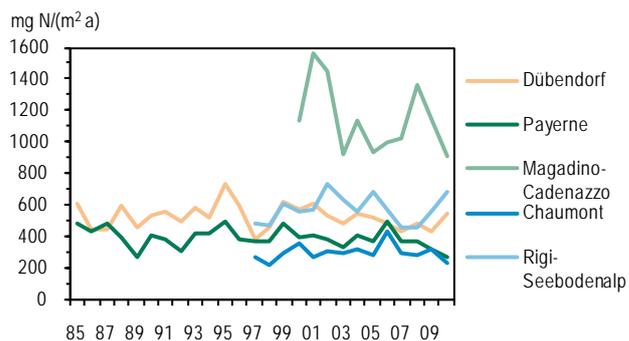


Figure 50 > Ammonium (NH₄⁺-N), moyennes annuelles des charges de 1985 à 2010



11.3 Situation en 2010

La statistique annuelle des substances contenues dans les eaux de pluie est présentée dans les tableaux 26 et 27. Les moyennes annuelles des concentrations (tableau 26) sont en principe évaluées d'un point de vue quantitatif. On prend comme base de calcul la quantité de pluie des différentes précipitations. Pour calculer la valeur moyenne de pH, on détermine la moyenne quantitative des concentrations de H⁺ (pH = -log[H⁺]).

Les moyennes annuelles des concentrations doivent servir notamment pour l'analyse des tendances. En revanche, pour l'environnement, ce sont principalement les charges (tableau 27) qui sont importantes. Elles dépendent du volume des précipitations. Pour une même concentration des substances contenues dans les eaux de pluie, les régions où les précipitations ont été plus importantes reçoivent des charges plus fortes. Lors de l'évaluation des charges annuelles, toutes les mesures journalières doivent être prises en compte dès lors qu'elles ont été enregistrées par un pluviomètre «wet-only».

Les charges annuelles déterminent l'apport de polluant

Pour les bilans ioniques, les anions et cations soumis à l'analyse doivent représenter un échantillon des principaux composants des eaux de pluie. En évaluant le bilan ionique, pour chacune des différentes mesures journalières, on obtient en général pour les valeurs de pH < 5 des proportions à peu près aussi élevées pour les anions que pour les cations. Avec les taux de pH élevés > 5 enregistrés de plus en plus souvent ces derniers temps dans les eaux de pluie, on constate la plupart du temps, avec l'augmentation de pH, un excédent plus fort en cations, ce qui indique également la présence d'un ou de plusieurs anions (basiques) échappant à l'analyse. A côté du bicarbonate, des composants d'origine minérale peuvent jouer un rôle. A Payerne, de tels apports sont facilement concevables, du fait que de vastes terres cultivées sont exploitées dans les environs immédiats des stations de mesure. L'anion phosphate ne semble pas entrer en ligne de compte, sinon sa présence éventuelle apparaîtrait sur le chromatogramme ionique.

Bilans ioniques

Pour pouvoir saisir les différences spatiales des retombées humides, les composants des eaux de pluie sont déterminés dans les stations NABEL de Chaumont, Rigi-Seebodenalp et Magadino-Cadenazzo, en plus de celles de Payerne et Dübendorf. Tous les composants ont des concentrations qui varient plus ou moins nettement selon les stations (tableau 26). On ne peut cependant pas déceler de tendance générale. La station de Magadino-Cadenazzo présente les valeurs les plus élevées de nitrate, sulfate et ammonium.

La différence spatiale n'est pas très significative

Tableau 26 > Concentrations des substances contenues dans les eaux de pluie, statistique annuelle 2010

Station	Moyennes annuelles									
	pH	COND µS/cm	Cl mg/l	NO ₃ mg N/l	SO ₄ mg S/l	Na mg/l	NH ₄ mg N/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l
Dübendorf	5,38	9,40	0,19	0,37	0,23	0,11	0,49	0,03	0,02	0,26
Magadino-Cadenazzo	5,14	10,51	0,14	0,39	0,28	0,08	0,49	0,03	0,02	0,24
Payerne	5,37	7,91	0,15	0,27	0,17	0,08	0,41	0,04	0,02	0,20
Chaumont	5,22	6,76	0,12	0,22	0,15	0,07	0,25	0,03	0,02	0,16
Rigi-Seebodenalp	5,18	9,16	0,08	0,33	0,20	0,05	0,48	0,03	0,01	0,16

Tableau 27 > Charges en substances contenues dans les eaux de pluie, statistique annuelle 2010

Station	Moyennes annuelles									
	Quant. mm	Cl mg/(m ² a)	NO ₃ mg N/(m ² a)	SO ₄ mg S/(m ² a)	Na mg/(m ² a)	NH ₄ mg N/(m ² a)	K mg/(m ² a)	Mg mg/(m ² a)	Ca mg/(m ² a)	
Dübendorf	1108	205	406	250	124	544	38	24	291	
Magadino-Cadenazzo	1865	269	731	518	147	908	56	45	448	
Payerne	671	97	183	115	52	275	28	13	136	
Chaumont	948	111	212	144	62	232	27	14	155	
Rigi-Seebodenalp	1419	108	468	289	70	678	40	18	224	

11.4 **Evaluation**

Les polluants atmosphériques qui parviennent dans le sol prennent une importance particulière pour les écosystèmes sensibles. L'apport total de ces polluants comprend, outre les dépôts humides, également les dépôts secs et occultes qui donnent lieu à un apport important, notamment dans les forêts. Les charges en substances contenues dans les eaux de pluie décrites dans ce chapitre ne représentent qu'une partie de l'apport total de polluants. Bien que les transports de polluants sur de grandes distances jouent un rôle considérable pour les dépôts humides, on constate – si l'on compare les stations de Dübendorf et de Payerne sur de grandes périodes – que les concentrations de NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- et Na^+ mesurées dans la zone suburbaine sont plus élevées que celles mesurées dans la zone rurale. Par rapport à l'ensemble de l'Europe, ces stations sont situées dans des régions moyennement polluées.

Retombées humides comme partie de l'ensemble des apports

Une évaluation de l'apport en polluants atmosphériques est effectuée conformément au programme des limites de charges critiques (critical load). Ce programme a été lancé dans le cadre des travaux mis en œuvre par la Convention de Genève de la CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. Les seuils d'exposition critiques ont été déterminés pour différents écosystèmes. Ils ne dépendent pas seulement du type d'écosystème, mais également de nombreux autres facteurs, tels que la composition du sol, par exemple. Les seuils d'exposition critiques ont été établis pour l'apport d'acides, de substances soufrées et de substances azotées. En 1989, un programme de cartographie a été introduit au niveau européen; régulièrement complété, il compare les apports actuels avec les apports critiques. La Suisse a participé activement à ces travaux. Les résultats de ces travaux révèlent qu'en Suisse, les niveaux critiques de l'apport de polluants sont toujours dépassés (et parfois largement) dans les écosystèmes sensibles (p. ex. les tourbières et les forêts). Cette constatation vaut pour une grande partie de l'Europe.

Limites des charges critiques

Cela signifie en particulier que davantage d'efforts doivent être faits en Europe afin de réduire encore les émissions de composés azotés et de composés soufrés. Les protocoles internationaux de la Convention CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance en ont fixé le cadre. En 1999 a été signé à Göteborg le nouveau protocole de cette Convention. Les Etats signataires s'engagent à réduire d'ici à 2010 les émissions de soufre, d'oxydes d'azote, d'ammoniac et de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). Entre 1990 et 2010, les décisions ainsi prises doivent conduire à des réductions des émissions en Europe de 63 % pour le dioxyde de soufre, 41 % pour les oxydes d'azote, 40 % pour les COV et de 17 % pour l'ammoniac. Si ces réductions sont réalisées, on peut s'attendre à une réduction importante de la pollution des systèmes écologiques sensibles. Des calculs effectués sur des modèles montrent toutefois que, même avec ces importantes réductions, les limites critiques de la pollution ne pourront pas encore être respectées partout. Une révision du protocole de Göteborg est actuellement en cours de négociation dans le but de fixer des réductions supplémentaires pour l'après 2010.

Objectifs de réduction du protocole de Göteborg

12 > Composés azotés (particules ou gaz)

12.1 Quantité totale de composés azotés

Depuis avril 1993, dans le cadre du programme EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), le réseau NABEL mesure des composés azotés (particules ou gaz). La mesure comprend la somme de l'ammoniac gazeux et de l'ammonium sous forme de particules ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) ainsi que la somme de l'acide nitrique gazeux et des nitrates sous forme de particules ($\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$). La méthode de mesure est prescrite par l'EMEP. On prend un échantillon journalier sur des filtres imprégnés de base et sur des filtres imprégnés d'acide. Ces mesures ont été effectuées à Payerne entre 1993 et 1999. On les a ensuite déplacées à la station du Rigi-Seebodenalp, afin de mieux satisfaire la demande de l'EMEP concernant une station d'arrière-plan. Depuis mars 2004, la station de Payerne effectue à nouveau ces mesures. On utilise ces mesures pour les calculs de modèles européens de détermination de la pollution des écosystèmes par l'azote. Les composants azotés mesurés sont importants pour le calcul des retombées sèches d'azote.

Contribution à l'apport d'azote

Tableau 28 > Quantité totale de composés azotés, statistique annuelle 2010

Type de site	Station	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$		$\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$	
		Moyenne ann. $\mu\text{g N/m}^3$	Moyennes journ. maximales $\mu\text{g N/m}^3$	Moyenne ann. $\mu\text{g N/m}^3$	Moyenne journ. maximales $\mu\text{g N/m}^3$
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	3,8	14,9	1,2	9,1
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	1,9	9,3	0,9	6,1

La figure 51 présente les valeurs moyennes annuelles des mesures effectuées jusqu'ici. Dans la série de mesures effectuées à Payerne et Rigi-Seebodenalp, on ne relève aucune tendance nette. L'évolution est comparable à celle des composés correspondants dans les substances contenues dans les eaux de pluie (figure 43 et figure 45). A Payerne, les concentrations de composés azotés réduits ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) sont environ trois fois plus élevées que celles des composés azotés oxydés ($\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$). A Rigi-Seebodenalp, la quantité de composés azotés réduits est environ deux fois plus élevée que la quantité de composés azotés oxydés, en raison des différentes durées de vie de ces substances. Par exemple, l'ammoniac (NH_3) se dépose rapidement et présente des valeurs élevées à proximité de la source.

Pollution inchangée

Figure 51 > Quantité totale de composés azotés, moyennes annuelles de 1994 à 1999 et de 2004 à 2010 (Payerne) et de 2000 à 2010 (Rigi-Seebodenalp)

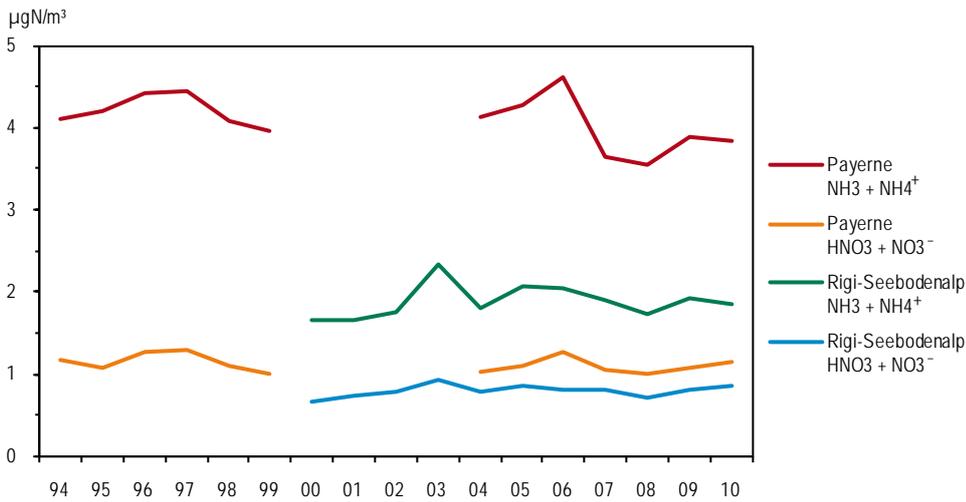
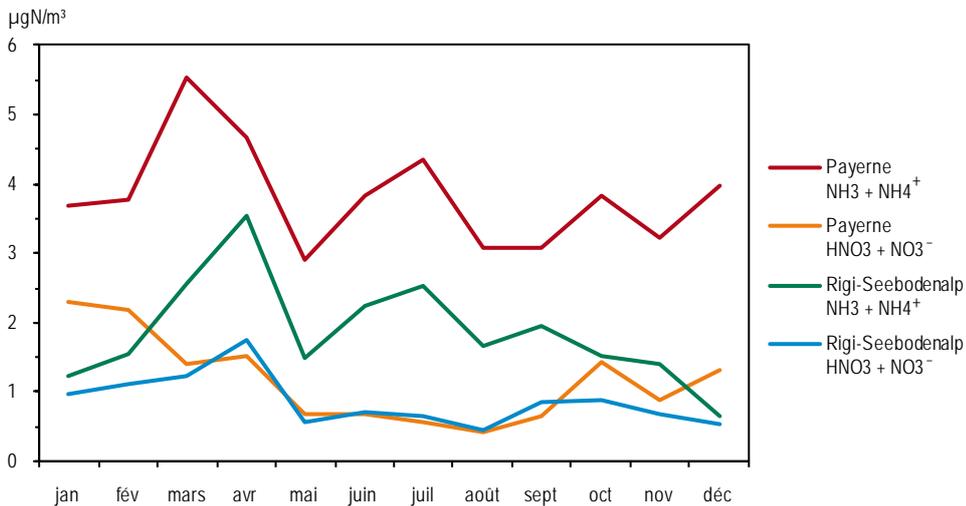


Figure 52 > Quantité totale de composés azotés, moyennes mensuelles 2010 (Payerne et Rigi-Seebodenalp)



Les valeurs mesurées à Rigi-Seebodenalp sont en général plus basses qu'à Payerne, en particulier en ce qui concerne la somme des composés azotés réduits (NH₃ + NH₄⁺). On voit sur la figure 52 (Rigi-Seebodenalp) que ces composés accusent un maximum au printemps et des valeurs élevées en hiver et en été. En revanche, les composés azotés oxydés (HNO₃ + NO₃⁻) présentent à Payerne des valeurs plus élevées en hiver.

Composés azotés réduits au Rigi-Seebodenalp plus bas qu'à Payerne

12.2 Phase gazeuse et phase particulaire des composés azotés

Dans le cadre du programme de surveillance EMEP, doivent être mesurées non seulement la teneur totale des composés azotés réduits et oxydés mais également les teneurs spécifiques d'acide nitrique (HNO_3), de nitrate (NO_3^-), d'ammoniac (NH_3) et d'ammonium (NH_4^+) dans les phases gazeuse et particulaire. En 2007, ces concentrations ont donc été mesurées toutes les deux semaines aux stations de Payerne et de Rigi-Seebodenalp, conformément à la méthode utilisant des minidenuder proposée par le CEH Edinburgh et développée à l'Empa. Depuis 2010, des mesures correspondantes ont également été effectuées sur le versant sud des Alpes, à Magadino-Cadenazzo. En moyenne annuelle, les teneurs relevées à basse altitude (Tab. 29) pour les quatre composés azotés sont à peu près les mêmes sur les deux versants des Alpes. Par contre, la proportion d'azote en phase gazeuse est plus élevée au sud des Alpes qu'au nord. La concentration absolue diminue avec l'altitude tout comme la part relative de composés azotés en phase gazeuse.

Tab. 29 > Composés azotés réactifs, moyennes annuelles 2010.

Type de site	Station	NH ₃ Moy. annuelle µg N m ³	NH ₄ ⁺ Moy. annuelle µg N m ³	HNO ₃ Moy. annuelle µg N m ³	NO ₃ ⁻ Moy. annuelle µg N m ³	Total	% de N dans la phase gazeuse	% de N dans la phase particulaire
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	2,25	1,43	0,28	0,86	4,83	52%	48%
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	2,71	1,11	0,53	0,68	5,03	64%	36%
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	0,83	1,05	0,20	0,61	2,69	38%	62%

12.3 Ammoniac

Courant 2005, la quantité d'ammoniac a été mesurée en continu à Payerne et à Härkingen. Les concentrations de NH_3 mesurées en continu sont généralement moins élevées que les valeurs obtenues avec des capteurs passifs ou des denuder, peut-être à cause de pertes d'ammoniac dans le conduit d'aspiration. La teneur en ammoniac mesurée dans les deux stations est élevée (tableau 29) par rapport aux valeurs limites recommandées par la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière (moyenne annuelle selon le type de végétation entre 1 et 3 µg/m³ d'ammoniac). Dans les régions avec de nombreux centres d'élevage intensif, comme à Tänikon, les valeurs d'ammoniac mesurées sont encore plus élevées (Rapport sur les mesures d'ammoniac avec capteurs passifs, www.bafu.admin.ch/luft/00649/01960/index.html?lang=fr).

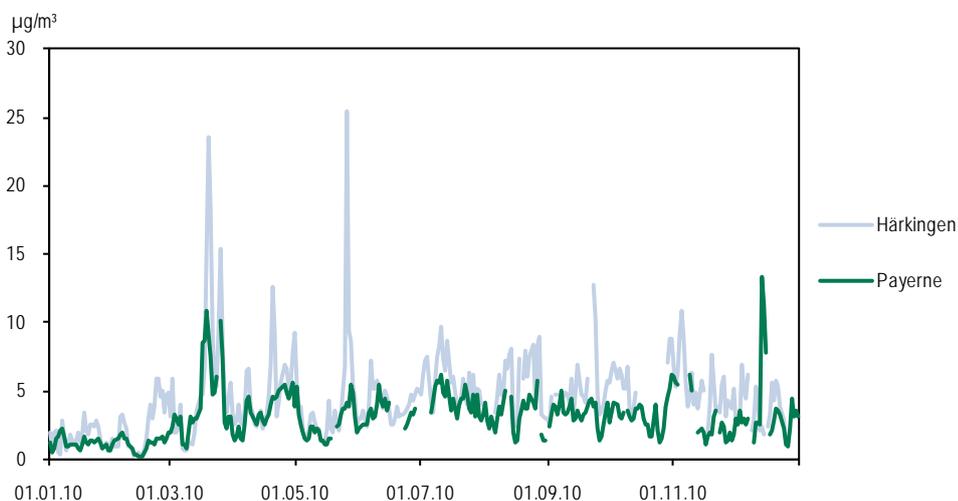
Mesures d'ammoniac en continu

Tableau 30 > Ammoniac, statistique annuelle 2010

Type de site	Station	Moyenne annuelle $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne 24h max. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne horaire max. $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Rural, autoroute	Härkingen-A1	4,5	26	107
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	3,1	13	41
	Tänikon	5,0	21	81
	Magadino-Cadenazzo	2,3*	13*	57*

*) série incomplète (cf. annexe A4)

La profil annuel (figure 53) montre, aux deux stations, une évolution parallèle sur de longues périodes, ce qui indique que les conditions météorologiques exercent une forte influence sur les concentrations d'ammoniac. Certaines valeurs très élevées s'expliquent par l'épandage de lisier à proximité directe des stations. Quelques heures plus tard, la charge en ammoniac retrouve le niveau de pollution de fond habituelle pour le site en question, ce qui montre que l'épandage de lisier contribue à cette pollution de fond, mais qu'il faut également tenir compte des sources d'émission continue.

Figure 53 > Valeurs moyennes journalières des concentrations d'ammoniac, 2010

13 > Conditions météorologiques

13.1 Situation en 2010

Le bilan des conditions météorologiques se fonde sur le bulletin de MétéoSuisse.

En 2010, la Suisse a connu le mois de janvier le plus froid des 23 dernières années. Il a neigé sur le Plateau à de nombreuses reprises mais généralement en petite quantité. Les premiers jours de février ont été glacials. Dans la commune de La Brévine, les températures sont descendues jusqu'à $-35,6^{\circ}\text{C}$. Jusqu'à mi-février, les journées ont été froides avec de la neige jusque sur le Plateau. Les stations situées au sommet des montagnes ont enregistré les températures les plus froides depuis près de 30 ans.

Hiver marqué sur le Plateau

La première moitié de mars a été marquée par de fortes chutes de neige, particulièrement sur le Plateau central, ainsi que par une bise glaciale persistante. Avec une alternance de températures chaudes et froides, les conditions météorologiques de la deuxième moitié du mois ont été instables. Début avril, les températures ont été fraîches et les averses fréquentes, la seconde partie du mois a été plus printanière. Vers fin avril, on a pu profiter de la première journée estivale dans une grande partie du pays, les températures ont parfois dépassé 25°C . L'éruption du volcan islandais Eyjafjöll s'est produite pendant cette période ensoleillée et stable. Le nuage de cendres a atteint la Suisse le 17 avril, le trafic aérien a dû être suspendu pendant trois jours dans le pays. (www.empa.ch/plugin/template/empa/*/102775)

Timide début de printemps

Le mois de mai a été en grande partie pluvieux, frais et très peu ensoleillé. Les conditions météorologiques ont été les mêmes jusqu'au 5 juin ainsi qu'entre le 12 et le 20 juin. Des situations de foehn ont mis fin à ce temps gris et pluvieux et l'été s'est installé au nord des Alpes les dix derniers jours de juin. Du 8 au 21 juillet, les journées ont été très chaudes, les températures ont été quasiment quotidiennement supérieures à 30°C . La chaleur a entraîné une importante sécheresse qui a surtout touché la Suisse romande, la région de Bâle et celle du Seeland car les orages se sont principalement concentrés sur les montagnes et la Suisse orientale. Au nord des Alpes, l'été n'a duré qu'un mois, le dernier tiers du mois de juillet a marqué la fin de la saison. Poussé par des vents de Nord-Ouest, l'air frais et humide venu de l'Atlantique gagne de nouveau la Suisse.

Début d'été pluvieux et peu ensoleillé suivi d'une vague de chaleur

Après un doux début d'automne, les conditions météorologiques ont changé à la fin du mois de septembre: l'hiver a fait son apparition en montagne et le temps est devenu frais et humide sur le Plateau. Le même scénario s'est reproduit en octobre: après des journées d'automne ensoleillées en altitude, il a neigé le 25 jusqu'à 700 m. Fin novembre la masse d'air polaire fait chuter les températures suisses. Ce sont les plus basses enregistrées pour un mois de novembre à certains endroits du Jura et du Plateau situé au nord des Alpes. En décembre, il a neigé à de multiples reprises.

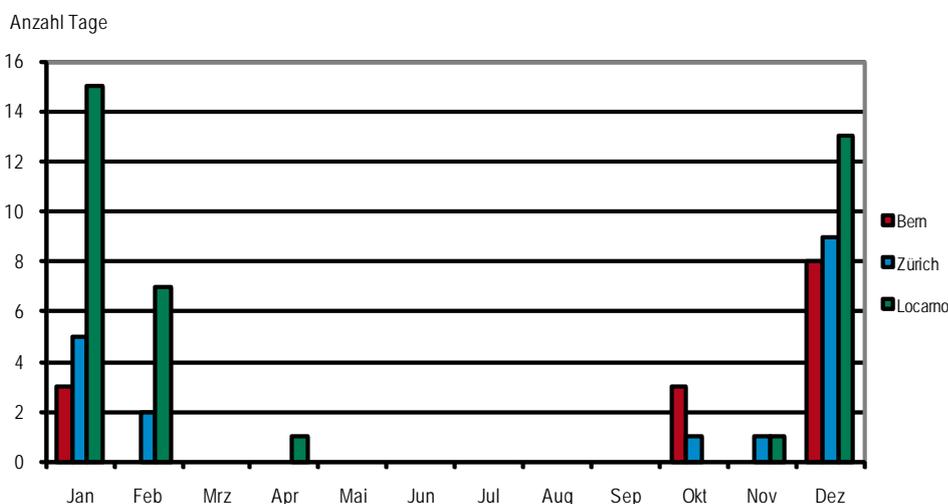
Arrivées d'air froid régulières et chutes de neige ponctuelles sur le Plateau au début de l'hiver

13.2 Inversions

Les inversions empêchent la dispersion verticale des polluants. Ce sont surtout celles qui se situent à basse altitude, entre 800 et 1000 mètres, qui provoquent des concentrations élevées de polluants. Des situations d'inversion ont fréquemment été enregistrées aux alentours de midi (entre 12h et 14h HEC) sur le Plateau, à savoir dans les stations de Zurich et de Berne, et au sud, à Locarno. La station de Zurich, située sur le Üetli-berg (dénivelé de 490 m), est représentative. En 2010, pour Berne, la station de Plaf-feien Oberschrot a été utilisée pour calculer les situations d'inversion vu le nombre d'erreurs de mesures constatées à la station de Bantiger.

La figure 54 montre, que les mois de janvier et de décembre présentent la fréquence d'inversion la plus élevée, confirmant ainsi les projections selon lesquelles celle-ci est plus élevée en hiver. L'insolation, forte de mars à septembre, ne permet plus de situations d'inversion ou de stratus. Les deux stations du Plateau présentent un profil semblable bien que la région de Zurich (représentative des sites de basse altitude du Plateau) soit dans l'ensemble un peu plus souvent touchée par des situations d'inversion que celle de Berne. La plupart des situations d'inversion et de stratus se produisent en décembre. Au sud des Alpes, les stations de Locarno-Magadino et de Locarno-Monti, avec un dénivelé de 169 mètres seulement, enregistrent un nombre de jours présentant une situation d'inversion sensiblement plus élevé. Ce couple de stations ne permet pas de déterminer avec précision la fréquence des inversions, car les températures plus élevées qui y sont enregistrées ne résultent pas des inversions, mais de la situation particulière des stations, sur un versant sud, au-dessus de la ville. Toutefois, ces stations présentent la même tendance annuelle, la plupart des inversions se produisent durant les mois de janvier et de décembre alors qu'en automne elles sont encore rares.

Figure 54 > Nombre de jours par mois avec inversion de la température entre 12 et 14 h. HEC (soit au minimum une isothermie, c'est-à-dire la même température à la station de montagne et à celle de plaine)



Source : MétéoSuisse, statistique annuelle 2010

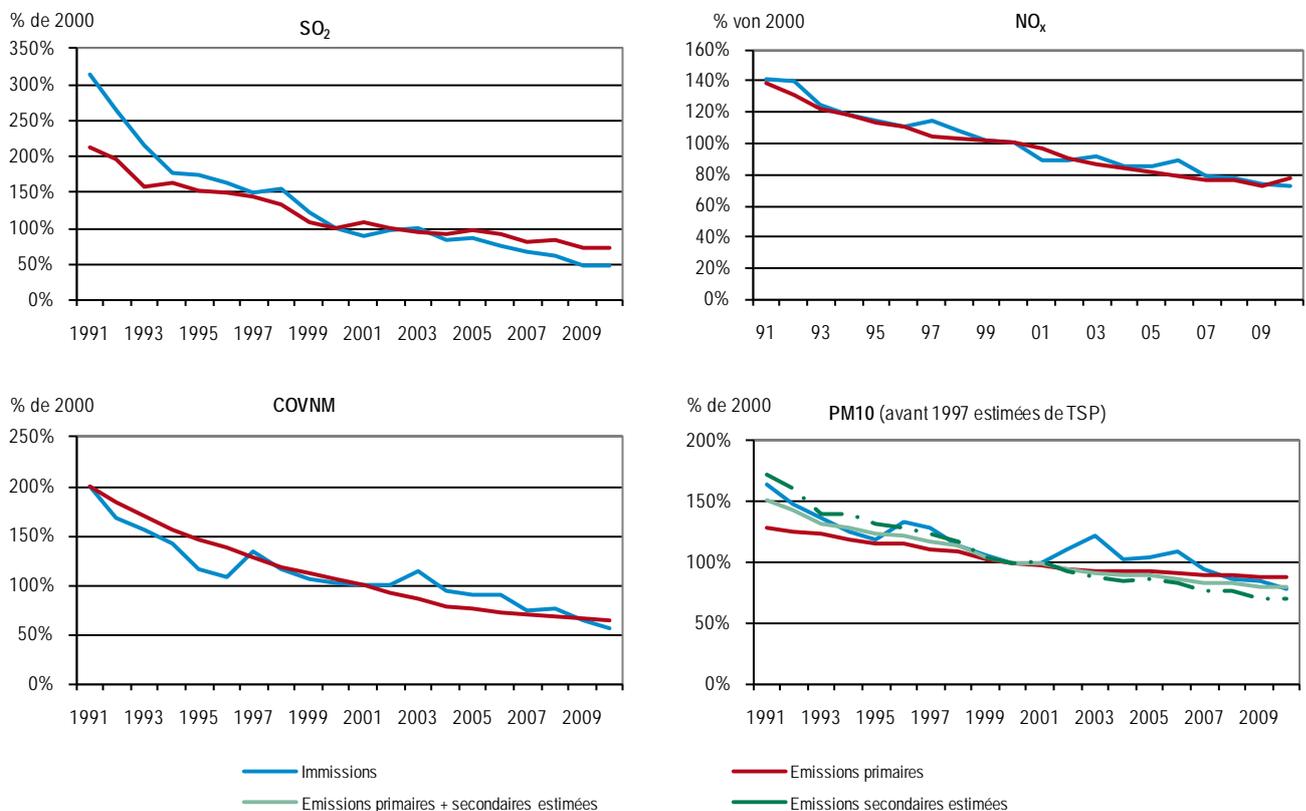
14 > Perspectives

La pollution de l'air en Suisse a pu être considérablement réduite depuis le milieu des années 1980. Cette réduction est le résultat de mesures de réduction des émissions prises en Suisse et dans d'autres pays d'Europe. Grâce à des dispositions plus sévères en matière d'émissions, applicables aux installations stationnaires et aux véhicules, et à des incitations économiques (p. ex. les taxes d'incitation sur les COV ou sur les combustibles et carburants désulfurés), les rejets de nombreux polluants ont pu être réduits (voir le rapport Stratégie fédérale de protection de l'air, 11 septembre 2009, Feuille fédérale n°40, page 6585, <http://www.admin.ch/ch/f/ff/2009/5941.pdf>). Parallèlement, les concentrations de polluants dans l'atmosphère ont également diminué (figure 55).

Diminution des émissions et des immissions

Figure 55 > Concentration de polluants calculée par les stations NABEL et évolution des émissions en Suisse, calculées selon le principe de la territorialité

Tous les chiffres se basent sur l'année de référence 2000. Les immissions primaires de PM10 et les particules secondaires qui se forment dans l'air constituent chacune une moitié environ des émissions de PM10.



Des progrès ont été réalisés pour les polluants comme le dioxyde de soufre ou le monoxyde de carbone et pour les métaux lourds comme le plomb, le cadmium ou le zinc. En effet, les concentrations mesurées se situent en général nettement au-dessous des valeurs limites d'immission. Pour les polluants comme le dioxyde d'azote, les poussières fines et l'ozone, les immissions ont certes pu être diminuées, mais les concentrations mesurées se situent souvent et en maints endroits au-dessus des valeurs limites. De même, les dépôts d'azote et les précipitations acides sont encore trop élevés dans l'écosystème. L'objectif d'une bonne qualité de l'air n'est pas encore atteint, malgré les succès notables remportés par la politique suisse en matière de lutte contre la pollution atmosphérique. Des mesures visant à réduire les émissions doivent donc continuer à être prises.

Progrès réalisés concernant les polluants néfastes

La législation suisse prévoit un processus en deux étapes pour lutter contre la pollution de l'air. La première étape veut que toutes les émissions de polluants atmosphériques soient limitées à titre préventif, dans la mesure où le permettent l'état de la technique et de l'exploitation et pour autant que cela soit économiquement possible, quelle que soit la pollution de l'environnement. Quant à la deuxième étape, elle consiste à limiter plus sévèrement les émissions que dans la première, s'il apparaît ou s'il y a lieu de présumer que les atteintes (immissions) eu égard à la charge actuelle de l'environnement seront nuisibles ou (extrêmement) incommodes.

Principe de prévention et limitation plus sévère des émissions

NABEL est un instrument important de l'OPair, parce qu'il offre aux autorités et au public la possibilité d'avoir un aperçu de la qualité de l'air en Suisse et des tendances qu'elle suit. Le rapport NABEL permet aussi une évaluation au moyen des valeurs limites d'immission (VLI). Une autre tâche importante est le contrôle des résultats concernant les mesures prises pour lutter contre la pollution de l'air. Il est important que le contrôle des immissions permette de surveiller l'évolution des atteintes dues aux polluants quels que soient les relevés d'émissions. La mesure des immissions est indispensable pour évaluer les atteintes à l'homme et à l'environnement.

Contrôle de la qualité de l'air

> **Annexe A**

Annexe A1: description des emplacements

Annexe A2: programme de mesure

Annexe A3: méthodes de mesure

Annexe A4: unités de mesure et grandeurs statistiques

Annexe A5 : homogénéisation des séries de mesures de la station de Berne

Annexe A1: description des emplacements

Les coordonnées et l'altitude des stations correspondent aux emplacements actuels. Au cours des dernières années, l'emplacement de certaines stations comme celles de Berne, Lugano ou Zurich a été légèrement modifié. Ces changements sont documentés dans le rapport technique 2010 (www.empa.ch/nabel) sur le réseau NABEL.

Tableau A1 > Emplacements des stations NABEL

Lieu; coordonnées; altitude	Type de site	Description détaillée
Basel-Binningen 316 m 610 890/265 605; 47°32'28"/7°35'00"	Suburbain	Terrain de l'ancien Institut astronomique de l'université; jardin public, peu de constructions et de trafic à proximité, centre ville à 2 km, centre industriel à 4–6 km.
Bern-Bollwerk 536 m 600 170/199 990; 46°57'04"/7°26'27"	Urbain, trafic	Secteur de la gare; mesures dans une rue bordée de bâtiments d'un côté avec un trafic intense. Quartier où la proportion de bureaux est élevée. Les appareils de mesure des poussières fines sont situés à environ 80 m des appareils mesurant les polluants gazeux, de l'autre côté de la rue (coordonnées: 600 135/199 910)
Chaumont 1136 m 565 090/211 040; 47°02'58"/6°58'45"	Rural, altitude > 1000 m	Zone à agriculture extensive, terrain ouvert, à 700 m au-dessus des lacs de Neuchâtel et de Bière; à 4,5 km de Cressier et à 7 km de Neuchâtel.
Davos-Seehornwald 1637 m 784 450/187 735; 46°48'55"/9°51'21"	Rural, altitude > 1000 m	Au sud est du lac et à 70 m au-dessus de son niveau; sonde de prélèvement sur une tour de 35 m; dans la forêt à 3 km de Davos.
Dübendorf-Empa 432 m 688 675/250 900; 47°24'11"/8°36'48"	Suburbain	Terrain ouvert de l'Empa, région très habitée, avec industrie, réseau routier important et autoroute, distance par rapport à la route la plus proche: 150 m.
Härkingen-A1 431 m 628 875/240 185; 47°18'43"/7°49'14"	Rural, autoroute	Zone agricole, terrain ouvert, à 10 m du bord de l'autoroute A1, côté Nord, et à env. 1 km à l'Est de l'échangeur A1/A2.
Jungfraujoch 3580 641 910/155 280; 46°32'51"/7°59'06"	Haute montagne	Dans le bâtiment du Sphinx, observatoire de la Station de recherches de haute montagne de la Jungfraujoch, (recensement de la pollution de fond dans la troposphère).
Lägeren 689 m 669 780/259 020; 47°28'42"/8°21'52"	Rural, altitude < 1000 m	Sur le flanc sud du Lägeren, à 300 m au-dessus de la vallée de la Limmat, une zone très peuplée et avec beaucoup de trafic: 3–4 km jusqu'à la A1; sonde de prélèvement sur une tour de 45 m. Arrêt prolongé en 2000 pour cause de dégâts de tempête.
Lausanne-César-Roux 530 m 538 695/152 615; 46°31'19"/6°38'23"	Urbain, trafic	Près de la bibliothèque Pour Tous, rue César-Roux. Bâtiments dispersés des deux côtés de la rue. Quartier d'immeubles, école, entreprises de services et beaucoup de trafic.
Lugano-Università 280 m 717 615/96 645; 46°00'40"/8°57'26"	Urbain	Sur le campus de l'Université de la Suisse italienne / USI, au centre ville; quartier d'habitations et de commerces; pas directement au bord de la route mais avec un trafic important sur les routes environnantes. Chantier à proximité immédiate.
Magadino-Cadenazzo 203 m 715 500/113 200; 46°09'37"/8°56'02"	Rural, altitude < 1000 m	Sur le territoire de l'Institut de recherches agricoles de Cadenazzo, zone à agriculture intensive, terrain ouvert; la route la plus proche est à 1 km environ.
Payerne 489 m 562 285/184 775; 46°48'47"/6°56'40"	Rural, altitude < 1000 m	Station aérologique de MétéoSuisse; terrain ouvert, région rurale, à 1 km de Payerne.
Rigi-Seebodenalp 1031 m 677 835/213 440; 47°04'03"/8°27'48"	Rural, altitude > 1000 m	Flanc nord du Rigi, zone à agriculture extensive, terrain ouvert, à 600 m au-dessus du lac des Quatre Cantons; à 12 km de Lucerne et de Zoug.
Sion-Aéroport-A9 483 m 592 540/118 755; 46°13'13"/7°20'31"	Rural, autoroute	Terrain d'aviation, large plaine alpine; bâtiments de faible hauteur et cultures fruitières; centre de Sion à 2 km; autoroute à 30 m depuis 1989.
Tänikon 538 m 710 500/259 810; 47°28'47"/8°54'17"	Rural, altitude < 1000 m	Station de recherches agricoles, terrain ouvert; région rurale, peu urbanisée. A 1 km d'Aadorf.
Zürich-Kaserne 409 m 682 450/247 990; 47°22'39"/8°31'50"	Urbain	Cour de l'arsenal de la caserne, arrière-cour au centre ville; quartier d'habitation important, petits commerces et magasins, pas d'artère à grand trafic à proximité.

Annexe A2: programme de mesure NABEL

Tableau A2 > Programme de mesure NABEL (état au 1^{er} janvier 2010)

Mesurage	BAS	BER	CHA	DAV	DUE	HAE	JUN	LAE	LAU	LUG	MAG	PAY	RIG	SIO	TAE	ZUE
Dioxyde de soufre	X				X	X	X			X	X	X	X			X
Oxydes d'azote (NO _x , NO ₂ , NO)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Protoxyde d'azote (N ₂ O)							S									
Ozone	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monoxyde de carbone (CO)		X			X	X	X,S		X	X		X	X			X
Méthane (CH ₄)					X		S			X						X
Composés organiques volatils (non méthanique) (COVNM)					X					X						X
BTX (Benzène, Toluène, Xylène)					S								2S			S
Composés organiques volatils ¹⁾							2S						2S			S
Composés halogénés ¹⁾							2S									
Ammoniac						X					X	X			X	
Poussières fines PM10, HiVol	T	T	T		T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T
Poussières fines PM10, kont.	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Poussières fines PM2.5, HiVol	T	T										T	T			T
Poussières fines PM1, HiVol	T	T				T				T		T	T			
Poussières fines PM1, kont.						X										
Nombre de particules	X	X				X				X			X			
Aérosol, distribution de grandeur						X										X
EC/OC												3S	3S			
Pb, Cd PM10	J	J	J		J	J	J		J	J	J	J	J	J	J	J
Soufre dans PM10							T			T		T	T			
Retombées de poussières (RP)	M	M				M			M		M	M	M			M
Pb, Cd, Zn, Tl, As, Cu dans RP	J	J				J			J		J	J	J			J
Valeur pH, Conductibilité (Pluie)			W		W						W	T	T			
Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ (Pluie)			W		W						W	T	T			
Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ (Pluie)			W		W						W	T	T			
Σ (NH ₃ + NH ₄); Σ (HNO ₃ + NO ₃)												T	T			
NH ₃ , NH ₄ ; HNO ₃ , NO ₃											2W	2W	2W			
Météo	XA	X	X	X	X	X	XA	X	X	XA	X	XA	X	XA	XA	X
Bilan de rayonnement	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X
Précipitation (automatique)	XA	X	X	X	X	X		X	X	XA	X	XA	X	XA	XA	X
Compteur de trafic		S				S			S					S		

X = Moyennes de 10 minutes S = Moyennes horaires 2S = Moyennes sur 2h T = Moyennes journalières
W = Moyennes hebdomadaires 2W = Moyennes sur 2 sem. M = Moyennes mensuelles J = Moyennes annuelles

XA = Moyennes de 10 minutes (relevées par MétéoSuisse)

¹⁾ composantes uniques

Annexe A3: méthodes de mesure

Tableau A3 > Méthodes et appareils de mesure (état 2010)

Polluant	Prélèvements	Méthode / appareils	Remarques
Oxydes d'azote (NO et NO ₂)	en continu / moyennes de 10 minutes	chimiluminescence (Horiba APNA 360; TEI C42 TL, CRANOX avec PLC760 et CLD 89p)	étalonnage avec du NO (gaz de référence), degré d'efficacité du convertisseur: titrage en phase gazeuse
Ozone (O ₃)	en continu / moyennes de 10 minutes	absorption UV (Thermo Environmental Inst. 49C)	contrôle de fonctionnement avec générateur de O ₃ ; étalonnage: photomètre UV (photomètre de référence standard NIST), TEI 49C PS (standard de transfert)
Composés organiques volatils (non méthaniques)	en continu / moyennes de 10 minutes	détecteur FID mono canal (Horiba APHA 360)	étalonnage avec du méthane, vérification du cutter avec du propane
Composés organiques volatils (Composantes uniques)	Pour ainsi dire en continu / moyennes semi-horaires	GC (Syntech, Varian) avec piège (unité de concentration, refroidie), FID, PID	étalonnage avec du pentane et du benzène (NIST) ou un étalon de composants NPL30
Dioxyde de soufre (SO ₂)	en continu / moyennes de 10 minutes	fluorescence UV (Thermo Environmental Inst. TEI 43C TL)	étalonnage au moyen de gaz de référence (SO ₂) sous pression
	moyennes journalières (Jungfraujoch uniquement)	méth. chimique humide, absorpt. dans sol. H ₂ O ₂ , détermination du sulfate par chromatographie échangeuse d'ions (échantillonneur Digitel 14; Dionex ICS3000 avec colonne anionique FAST)	
Monoxyde de carbone (CO)	en continu / moyennes de 10 minutes	absorption infrarouge, (Horiba APMA 360)	étalonnage au moyen de gaz de référence (CO)
Poussière en suspension (TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5})	moyennes journalières	gravimétrie sur filtres en fibre de verre (Digitel High Volume Sampler DHA-80H)	résultats comparables avec le procédé de référence selon la norme CEN 12341
	en continu / moyennes de 10 minutes	absorption du rayonnement bêta (appareil de mesure des poussières Thermo ESM Andersen FH 62-IR) et TEOM (Thermo Environmental Instr. TEOM 1400ab avec FDMS 8500)	
Soufre dans les poussières en suspension	moyennes journalières	dépôt sur filtre à masse de cellulose (échantillonneur Digitel 14) analyse par fluorescence X (Breitfuss MPN 16K; Philips PW 1404)	Manuel EMEP
Pb, Cd dans les poussières en suspension	échantillon semestriel / moyenne annuelle	échantillon semestriel séparation dans des récipients sous semi-pression en fours à microondes, analyse par ICP-MS (MLS 1200, MDR 300; Perkin Elmer/Sciex ELAN 6000)	résultats comparables à ceux du procédé VDI 2267, Bl. 3 (Pb) et Bl. 6 (Cd)
Retombées de poussières	moyennes mensuelles	gravimétrie d'après la méthode Bergerhoff	selon la norme VDI 2119, Bl. 2, récipients en matière plastique
Pb, Cd, Zn, Cu, As, Tl dans les retombées de poussière	échantillon trimestriel / moyenne annuelle	échantillon trimestriel hydrolyse acide, analyses avec ICP-MS (Digestion System 20; Perkin Elmer/Sciex ELAN 6000)	sur la base du même échantillon liquide selon la norme VDI 2267, Bl. 4 (Cd, Pb), Zn, Cu, Tl et As
Substances dans les précipitations	moyennes journalières moyennes hebdomadaires	pluviomètre «Wet-only» analyses: pH par électrodes en verre, conductivité par cellules de mesure et chromatographie à ions (Digitel DRA 92 HK; radiomètre SAC 90, PHM 220 avec pHC 2401, CDM 230 avec CDC 741M3; Dionex ICS 3000 avec colonnes AS12 et CS12)	Manuel EMEP
Aérosols à base d'azote	moyennes journalières	séparation sur filtres imprégnés. Analyse avec le Dionex DX 500, avec des colonnes AS12 et CS12A dans un éluat aqueux	Manuel EMEP
Ammoniac	en continu / moyennes de 10 minutes	photoacoustique (Omnisens TGA 310)	Etalonnage au moyen d'ammoniac (perméation)
Nombre de particules	en continu / moyennes de 10 minutes	compteur de particules de condensation (TSI CPC 3022A et TSI CPC 3775)	Instruments utilisés en mode de comptage un par un grâce à une dilution prédéterminée

Annexe A4: unités de mesure et grandeur statistique

Les appareils utilisés pour mesurer les concentrations des immissions expriment généralement la teneur en polluants gazeux dans l'air ambiant sous forme volumétrique, c'est-à-dire en ppm (10^{-6} , parties par million), en ppb (10^{-9} , parties par milliard) ou en ppt (10^{-12} , parties par trillion). Dans le présent rapport, les taux mesurés sont en principe indiqués en terme de masse de polluant par unité de volume d'air (sauf pour le NO_x : part volumétrique de NO_x dans l'air ambiant).

Les unités utilisées sont:

- > ng/m^3 = concentration de polluant en nanogrammes par mètre cube d'air;
- > $\mu\text{g/m}^3$ = concentration de polluant en microgrammes par mètre cube d'air,
- > mg/m^3 = concentration de polluant en milligrammes par mètre cube d'air.

Le passage d'une unité de mesure à l'autre se fait à l'aide de constantes, en se rapportant à une pression de l'air de 1013,25 hPa et à une température de 20 °C. Seules exceptions, les stations de la Jungfraujoeh (653 hPa, -8 °C) et de Davos (831 hPa, 3 °C).

Tableau A4 >Facteurs de conversion pour transformer en $\mu\text{g/m}^3$ les concentrations exprimées en ppb

Polluant de l'air	Facteurs de conversion		
	Stations au-dessous de 1500 m	Davos (altitude 1650 m)	Jungfraujoeh (altitude 3580 m)
Monoxyde d'azote	1,25	1,09	0,89
Dioxyde d'azote	1,91	1,67	1,36
Ozone	2,00	1,74	1,42
Hydrocarbures (sans le méthane)	0,67	0,58	0,48
Dioxyde de soufre	2,66	2,32	1,90
Monoxyde de carbone	1,16	1,01	0,83

Le tableau A4 contient les facteurs de conversion utilisés pour passer des ppb aux $\mu\text{g/m}^3$. (Exemple: pour les stations situées à moins de 1500 m d'altitude, 1 ppb de dioxyde de soufre = 2,66 μg de dioxyde de soufre par m^3).

Les concentrations de la masse des particules et du nombre de particules sont indiquées à des conditions ambiantes.

Pour déterminer les dépôts de polluants, on mesure la quantité de matière sèche ou de matière humide ou la quantité totale de substance qui se dépose (précipitation) par unité de surface (du sol) en un laps de temps donné. Les unités utilisées sont:

- > $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ d})$ = dépôt de polluant en microgrammes par mètre carré et par jour
- > $\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ d})$ = dépôt de polluant en milligrammes par mètre carré et par jour

Les principales grandeurs statistiques utilisées dans le présent rapport sont définies comme suit:

- > moyenne mensuelle = moyenne arithmétique de toutes les valeurs d'un mois
- > moyenne annuelle = moyenne arithmétique de toutes les valeurs d'une année
- > valeur 95 % = fréquence cumulée de 95 % de toutes les moyennes semi-horaires d'une station durant l'année de mesure; (donc 95 % des valeurs sont inférieures et 5 % supérieures à cette valeur)
- > valeur 98 % (ozone) = fréquence cumulée de 98 % de toutes les moyennes semi-horaires d'un mois; (donc 98 % des valeurs sont inférieures et 2 % [env. 15 heures par mois] supérieures à cette valeur)
- > série incomplète = une série est considérée comme incomplète lorsqu'elle ne satisfait pas aux critères énoncés dans les recommandations sur la mesure des immissions de polluants atmosphériques (OFEFP, 2004). Il faut disposer d'au moins 80 % des moyennes des plus petites résolutions temporelles. Pour la moyenne annuelle, 90 % des données doivent être disponibles et il ne faut pas que les valeurs manquent pour plus de 10 jours consécutifs.

Annexe A5: homogénéisation des séries de mesures de la station de Berne

La station de Berne-Bollwerk est en fonction depuis le 1er février 1991. Elle a été déplacée le 22 juillet 1997 sur un site provisoire environ 100 m plus au nord, du même côté de la route. A partir du 6 décembre 1999, les mesures ont été effectuées depuis la nouvelle station (côté opposé de la route par rapport à la station provisoire; de plus amples informations sont disponibles dans le rapport technique publié par l'Empa («*Technischer Bericht zum National Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe*», en allemand uniquement). Depuis le 9 avril 1991, les mesures de poussières fines (PM10) ont toujours été effectuées sur le même site.

Le second changement de site en décembre 1999 n'a pas engendré de discontinuités notables dans les séries de mesures; alors que le premier changement en juillet 1997 avait provoqué des écarts importants. Ces irrégularités ont été corrigées de la manière suivante: on a ajusté aux moyennes journalières une fonction exponentielle décrivant la diminution des valeurs sur plusieurs années, ce avant et après le déplacement de la station de mesures du 22 juillet 1997. Le rapport des deux fonctions le jour du changement de site a été utilisé comme facteur de correction pour homogénéiser les anciennes données avec celles du nouveau site. Les facteurs suivants ont été obtenus:

- > NO_x: 0,71 (période considérée: du 23.07.1991 au 22.07.2003)
- > NO₂: 0,87 (période considérée: du 23.07.1991 au 22.07.2003)
- > O₃: 1,2 (période considérée: du 23.07.1992 au 22.07.2002)

Le monoxyde d'azote (NO) a été calculé comme différence entre les valeurs corrigées pour les oxydes d'azote NO_x et NO₂. Pour le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de soufre (SO₂), le facteur était très proche de 1, c'est pourquoi aucune correction n'a été effectuée pour ces deux valeurs.

> Annexe B

Annexe B1: Résultats des mesures effectuées dans les 16 stations du réseau national d'observation des polluants atmosphériques NABEL en 2010

D'autres tableaux et graphiques peuvent être consultés sur le site internet de l'OFEV:
www.bafu.admin.ch/air > pollution atmosphérique.

L'année 2010 en chiffres	Basel-Binningen		Coordonnées: 610 890 / 265 605 Altitude: 316 m
	Suburbain		

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	4,3	4,5	4,2	2,9	1,4	1,4	1,5	1,5	2,3	2,7	2,7	4,0	2,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	9,2	11,1	10,2	10,8	4,6	4,7	3,9	11,8	6,3	7,3	6,8	8,7	11,8
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	36,4	32,4	26,7	20,2	14,7	14,9	13,1	12,2	18,7	28,3	25,1	40,2	23,5
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	55,5	76,5	47,3	33,5	27,2	28,3	23,6	25,5	35,4	48,0	55,2	68,1	76,5
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	10,5	7,0	4,3	2,0	1,4	1,4	1,1	2,1	4,9	8,8	8,2	17,9	5,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	32,0	48,0	11,2	4,5	5,1	3,7	4,5	7,8	22,8	44,7	51,2	75,3	75,3
NO _x	Moyennes	ppb	27,5	22,6	17,4	12,2	8,8	9,0	7,8	8,0	13,7	21,8	19,7	35,4	17,0
	Moyenne journal. max.	ppb	53,6	76,5	32,9	21,0	16,9	16,2	14,3	18,2	36,9	60,4	60,4	93,1	93,1
O ₃	Moyennes	µg/m ³	24	43	55	69	59	77	84	60	46	23	28	22	49
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	76	90	97	141	127	177	183	111	100	68	69	74	183
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	83	97	106	168	142	209	195	138	109	78	82	82	209
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	53	24	110	128	5	0	0	0	0	320
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	10	16	0	0	0	0	0	26
PM10	Moyennes	µg/m ³	30	25	20	22	13	16	15	10	11	19	13	22	18
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	57	66	49	56	28	26	25	22	20	59	34	55	66
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	2	4	0	2	0	0	0	0	0	1	0	2	11
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	16	22	33	90	84	42	44	40	25	19	12	11	37

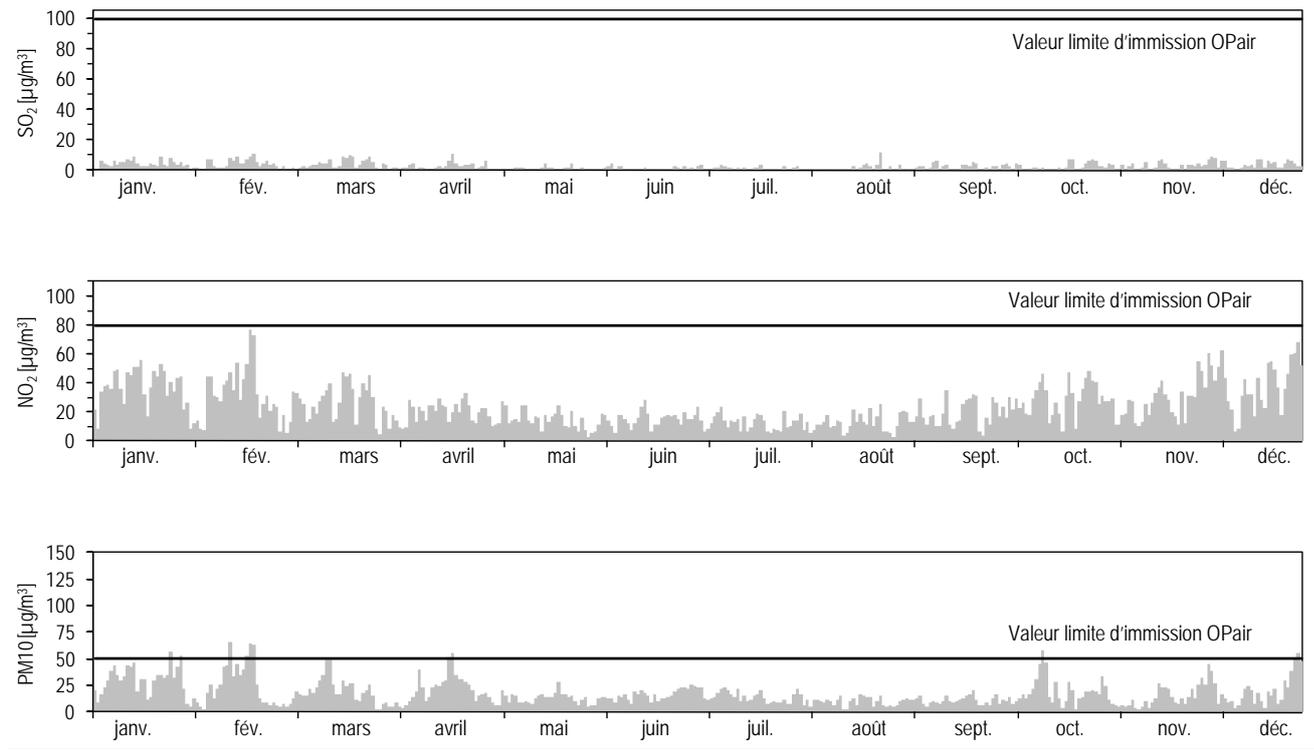
Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-0,7	2,4	5,9	11,1	12,5	18,0	21,6	18,3	14,1	9,7	6,3	-0,2	9,9
	Degrés-jours chauf.1)	(°C*d)	641	492	409	203	179	8	0	0	66	277	374	625	3275
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	35	60	122	194	156	219	253	186	160	90	38	28	128
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	84	75	67	62	77	72	66	74	76	81	83	88	76
Précipitation	Total	mm	40	54	45	20	141	65	44	141	54	31	72	128	835
Pression	Moyennes	hPa	977	969	980	981	977	978	981	979	979	976	971	975	977

1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

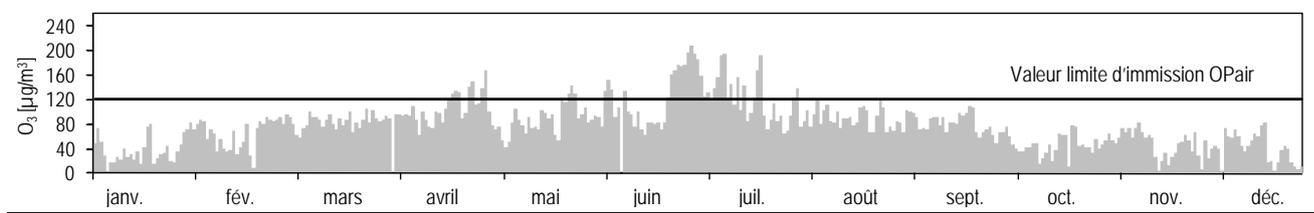
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

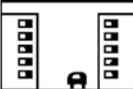
L'année 2010 en chiffres	Basel-Binningen		Coordonnées: 610 890 / 265 605 Altitude: 316 m
	Suburbain		

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 en chiffres	Bern-Bollwerk		Coordonnées: 600 170 / 199 990 Altitude: 536 m
	Urbain, trafic		

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	54	63	52	42	36	41	37	34	40	41	45	59	45
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	72	100	77	57	54	61	70	49	54	61	70	97	100
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NO	Moyennes	µg/m ³	42	41	32	21	20	21	16	19	27	40	44	64	32
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	86	106	54	36	37	33	30	37	41	107	108	195	195
NO _x	Moyennes	ppb	62	66	53	39	35	38	32	34	43	53	59	82	50
	Moyenne journal. max.	ppb	101	133	84	57	57	58	54	53	62	118	119	207	207
O ₃	Moyennes	µg/m ³	16	27	38	57	48	54	63	46	32	17	15	12	35
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	60	73	79	118	115	134	139	98	81	62	53	48	139
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	73	83	86	133	122	168	160	116	88	77	63	67	168
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	9	6	34	53	0	0	0	0	0	102
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Moyennes	mg/m ³	0,71	0,71	0,57	0,48	0,44	0,44	0,38	0,38	0,45	0,55	0,57	0,76	0,54
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	1,00	1,14	0,75	0,94	0,56	0,58	0,54	0,55	0,62	0,92	1,08	1,36	1,36
	Moy. jour. > 8 mg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m ³	40	46	34	29	18	21	21	18	19	25	22	30	27
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	70	117	67	54	30	30	34	33	31	49	40	50	117
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	7	9	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	21
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	48	90	90	88	97	72	89	82	65	76	67	49	76

Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-1,1	1,3	5,2	10,9	12,6	17,6	21,4	18,1	14,0	9,1	5,5	-0,7	9,5
	Degrés-jours chauf.1)	(°C*d)	655	524	453	218	162	18	0	0	67	284	415	641	3437
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	40	75	132	212	174	227	257	189	173	86	52	39	138
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	80	72	64	59	70	68	62	70	72	80	81	82	72
Précipitation	Total	mm	17	39	23	14	100	72	58	153	26	34	56	81	672
Pression	Moyennes	hPa	950	943	954	955	951	953	956	955	954	952	946	949	951

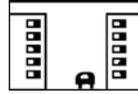
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Trafic		Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour	20200	21310	23429	22763	22676	22971*	21334	22530	22721	21920	23363	21361	22182

*) série incomplète, cf. Annexe A4, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

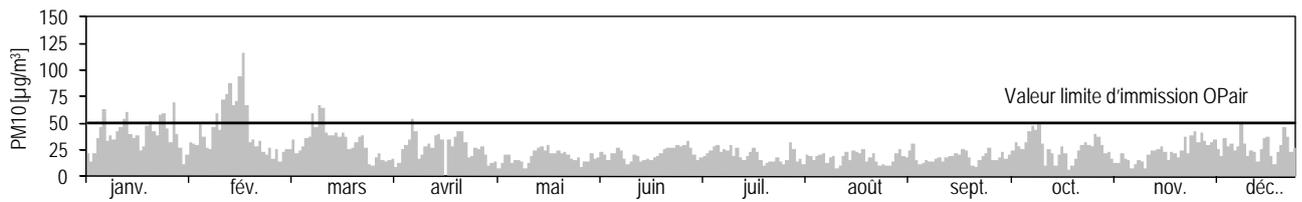
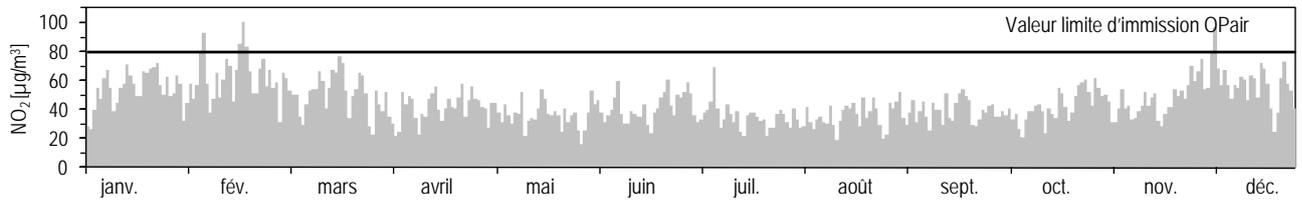
L'année 2010
en chiffres

Bern-Bollwerk
Urbain, trafic

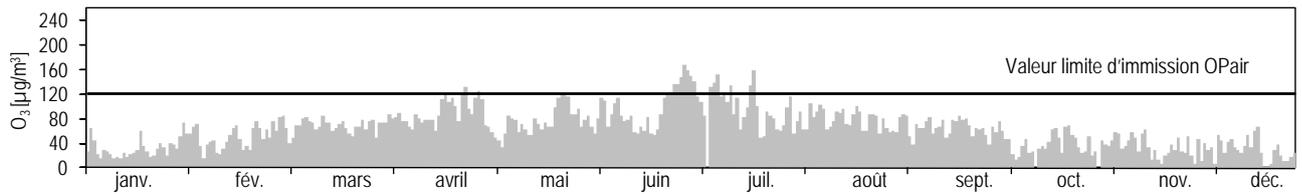


Coordonnées: 600 170 / 199 990
Altitude: 536 m

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 en chiffres	Chaumont		Coordonnées: 565 090 / 211 040
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1136 m

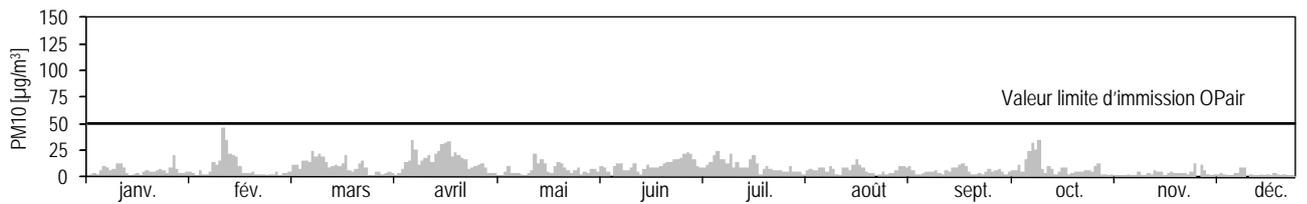
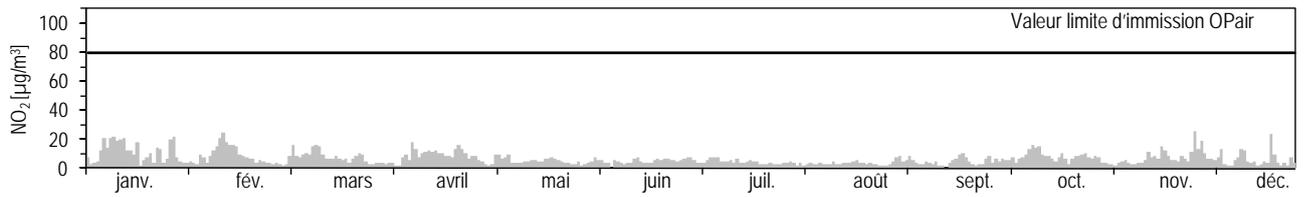
Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	11,3	8,8	7,7	8,9	5,0	5,3	4,6	3,2	5,1	8,1	6,2	7,6	6,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	21,4	24,6	16,1	17,8	9,5	7,8	7,5	5,8	10,7	16,1	14,8	25,4	25,4
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	0,7	0,5	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,6	0,4
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	2,0	2,5	1,3	1,2	0,7	0,7	0,5	0,4	0,9	1,6	1,9	6,3	6,3
NO _x	Moyennes	ppb	6,5	5,0	4,4	4,9	2,8	3,0	2,6	1,8	2,9	4,6	3,5	4,5	3,9
	Moyenne journal. max.	ppb	12,6	14,2	9,4	10,3	5,3	4,4	4,2	3,3	6,1	9,0	9,3	17,3	17,3
O ₃	Moyennes	µg/m ³	58	77	87	101	85	101	110	86	81	65	59	64	81
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	88	102	109	141	136	169	180	117	117	97	80	86	180
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	92	113	116	150	142	186	190	140	124	107	87	93	190
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	150	64	200	238	9	5	0	0	0	666
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	3	15	0	0	0	0	0	18
	Moy. hor. > 240 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m ³	6,3	9,3	10,8	16,3	7,0	10,5	12,6	6,8	6,3	9,4	3,5	3,6	8,5
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	21,0	46,4	24,3	35,3	21,7	22,3	24,7	16,6	12,9	34,8	12,7	12,4	46,4
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-5,0	-3,0	0,6	6,5	7,3	12,9	16,6	13,3	9,9	6,2	1,5	-3,2	5,3
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	774	644	603	385	372	134	53	107	247	407	557	720	4992
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	56	74	131	209	164	217	256	181	168	100	52	44	138
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	88	86	74	68	84	80	72	81	80	80	89	83	80
Précipitation	Total	mm	56	93	56	17	105	69	40	174	25	23	124	143	926
Pression	Moyennes	hPa	881	875	886	888	885	887	891	889	888	885	878	880	884

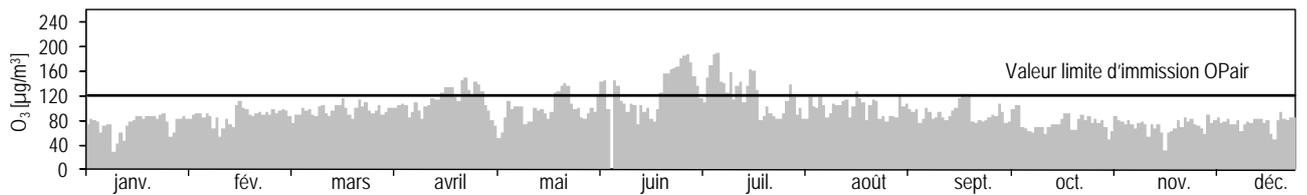
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

L'année 2010 en chiffres	Chaumont		Coordonnées: 565 090 / 211 040
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1136 m

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 en chiffres	Davos-Seehornwald		Coordonnées: 784 450 / 187 735 Altitude: 1637 m
	Rural, altitude > 1000 m		

Polluants ¹⁾			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	6,1	6,0	5,2	4,6	2,5	2,3	2,3	2,1	2,5	3,2	4,3	6,5	4,0
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	21,6	20,5	17,9	11,1	4,5	4,3	3,4	3,4	3,6	6,8	9,1	21,0	21,6
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	0,47	0,38	0,22	0,10	0,14	0,10	0,07	0,11	0,14	0,24	0,25	0,82	0,25
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	3,14	2,03	0,58	0,22	0,45	0,54	0,14	0,25	0,34	1,00	0,78	12,82	12,82
NO _x	Moyennes	ppb	4,1	4,0	3,3	2,9	1,6	1,5	1,4	1,4	1,6	2,2	2,8	4,7	2,6
	Moyenne journal. max.	ppb	15,9	13,8	11,2	6,7	3,1	3,1	2,1	2,3	2,5	4,6	6,0	24,4	24,4
O ₃	Moyennes	µg/m ³	64	73	78	89	70	76	81	60	54	53	51	56	67
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	85	91	100	114	107	124	130	93	81	81	72	80	130
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	89	95	108	119	126	133	141	115	86	86	79	83	141
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	1	30	39	0	0	0	0	0	70
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

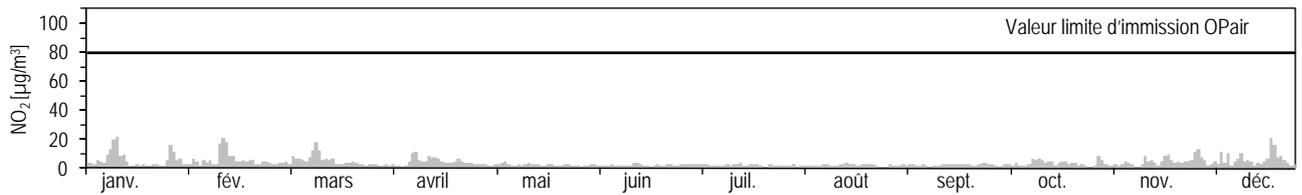
1) Station de Davos-Seehornwald: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m³ et en mg/m³ à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A4.

Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-6,6	-4,8	-2,2	2,9	4,7	10,4	13,8	10,6	7,1	4,0	-0,5	-5,7	2,9
	Degrés-jours chauff. ²⁾	(°C*d)	824	694	688	513	467	215	117	208	386	513	617	796	6021
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	67	105	160	200	178	222	239	175	148	120	65	48	144
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	69	69	66	67	83	74	69	81	77	73	79	74	73
Précipitation	Total	mm	8	21	34	23	119	72	91	196	70	23	58	28	743
Pression	Moyennes	hPa	827	822	832	835	832	836	840	838	836	833	826	827	832

2) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

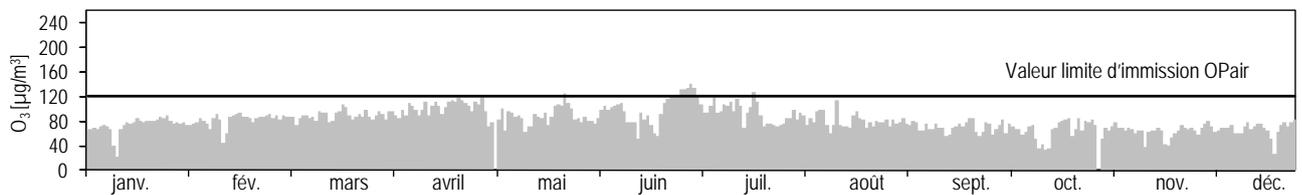
L'année 2010 en chiffres	Davos-Seehornwald		Coordonnées: 784 450 / 187 735 Altitude: 1637 m
	Rural, altitude > 1000 m		

Moyennes journalières pour NO₂ ¹⁾



1) Station de Davos-Seehornwald: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m₃ et en mg/m₃ à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A4.

Moyennes horaires maximales par jour pour O₃ ¹⁾



1) Station de Davos-Seehornwald: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m₃ et en mg/m₃ à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A4.

L'année 2010 en chiffres	Dübendorf-Empa		Coordonnées: 688 675 / 250 900
	Suburbain		Altitude: 432 m

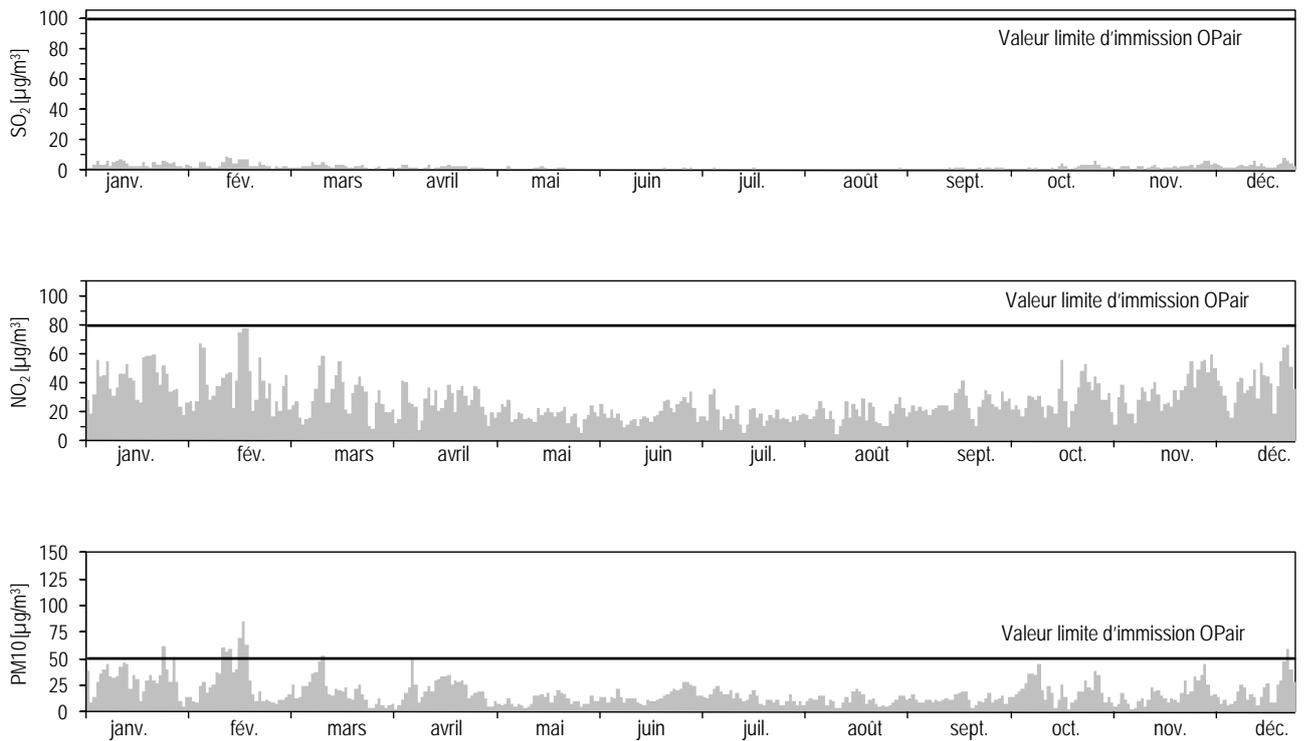
Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	4,0	3,9	2,6	2,1	1,1	0,9	0,8	0,8	1,2	1,8	2,2	3,6	2,1	
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	7,0	9,1	5,7	3,4	2,5	1,5	1,5	1,2	2,1	5,0	6,2	8,0	9,1	
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	41	41	31	27	18	19	18	18	24	29	31	42	28	
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	60	78	59	42	28	31	36	30	41	56	55	66	78	
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO	Moyennes	µg/m ³	16,6	14,6	8,1	5,8	2,4	2,7	2,3	4,0	9,3	18,1	14,8	23,5	10,2	
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	53,6	72,2	27,9	20,4	9,9	7,7	6,9	17,2	31,7	88,6	62,2	71,2	88,6	
NO _x	Moyennes	ppb	35	33	23	19	11	12	11	13	20	30	28	41	23	
	Moyenne journal. max.	ppb	72	93	49	38	22	20	23	27	44	99	73	92	99	
O ₃	Moyennes	µg/m ³	20	38	52	62	58	68	75	55	37	23	22	20	44	
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	71	88	96	134	131	156	178	123	98	71	62	66	178	
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	83	93	111	145	150	184	206	141	108	86	74	83	206	
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	33	32	85	134	18	0	0	0	0	302	
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	11	
CO	Moyennes	mg/m ³	0,50	0,50	0,40	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,30	
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,80	1,00	0,60	0,40	0,40	0,30	0,40	0,40	0,50	0,80	0,80	0,90	1,00	
	Moy. jour. > 8 mg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	COVNM	Moyennes	µgCH ₄ /m ³	66	68	46	40	22	29	26	31	51	51	55	71	46
		Moyenne journal. max.	µgCH ₄ /m ³	143	174	88	73	52	53	69	61	99	151	134	128	174
CH ₄	Moyennes	mg/m ³	1,37	1,36	1,31	1,32	1,28	1,29	1,31	1,30	1,34	1,36	1,34	1,39	1,33	
PM10	Moyennes	µg/m ³	31	30	20	21	11	14	15	11	12	19	15	22	18	
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	62	86	54	49	20	28	28	21	19	45	39	59	86	
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	2	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	

Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-1,3	1,3	5,2	10,7	12,5	17,8	20,9	18,0	13,8	9,3	5,9	-0,2	9,5
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	659	523	446	229	157	18	0	8	65	286	396	627	3406
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	36	71	121	193	158	218	243	162	150	81	48	30	126
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	83	74	67	62	75	70	69	75	76	80	80	83	75
Précipitation	Total	mm	34	33	51	47	138	136	147	145	80	44	73	99	1028
Pression	Moyennes	hPa	962	955	966	967	963	964	967	965	965	963	957	961	963

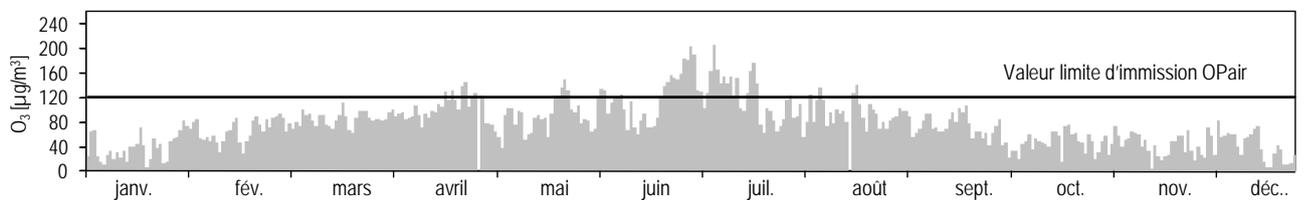
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

L'année 2010 en chiffres	Dübendorf-Empa		Coordonnées: 688 675 / 250 900
	Suburbain		Altitude: 432 m

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 en chiffres	Härkingen-A1		Coordonnées: 628 875 / 240 185 Altitude: 431 m
	Rural, autoroute		

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	2,0	2,1	1,5	1,2	0,7	0,8	0,8	0,6	0,8	1,0	1,2	1,8	1,2
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	3,9	6,7	3,6	2,5	1,6	1,5	1,2	1,2	1,2	2,2	2,3	3,7	6,7
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	50	55	44	38	31	31	38	40	37	36	45	57	42
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	76	95	79	70	57	52	59	62	62	58	70	97	97
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6
NO	Moyennes	µg/m ³	52	55	42	29	23	24	27	37	45	49	62	74	43
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	114	150	100	78	74	48	72	75	85	122	114	202	202
NO _x	Moyennes	ppb	68	73	57	43	35	36	42	51	56	58	73	89	57
	Moyenne journal. max.	ppb	131	168	118	88	88	66	86	92	101	129	127	212	212
O ₃	Moyennes	µg/m ³	17	27	42	56	50	58	60	39	32	20	16	14	36
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	68	76	92	121	117	168	166	106	96	61	59	55	168
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	79	83	102	139	139	209	198	121	110	79	69	67	209
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	13	6	73	74	1	0	0	0	0	167
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	8	2	0	0	0	0	0	10
CO	Moyennes	mg/m ³	0,51	0,51	0,39	0,33	0,28	0,27	0,28	0,29	0,32	0,40	0,42	0,54	0,38
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,74	0,96	0,59	0,43	0,37	0,37	0,41	0,44	0,46	0,67	0,63	0,86	0,96
	Moy. jour. > 8 mg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m ³	34	35	24	24	13	16	18	14	14	21	18	27	21
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	59	91	49	49	23	28	30	23	26	51	39	59	91
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	4	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	13
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	90	48	56	61	53	47	59	47	39	43	40	94	56

Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-0,8	1,0	4,8	10,7	13,0	18,3	21,4	18,0	14,0	9,4	5,7	-0,6	9,6
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	643	532	470	226	130	9	0	0	55	278	407	637	3388
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	38	72	123	197	168	222	250	181	164	83	52	38	132
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	80	76	68	62	71	68	66	74	74	79	81	82	73
Précipitation	Total	mm	20	30	33	26	76	75	74	166	37	41	74	75	726
Pression	Moyennes	hPa	962	955	966	967	963	964	967	966	965	964	957	961	963

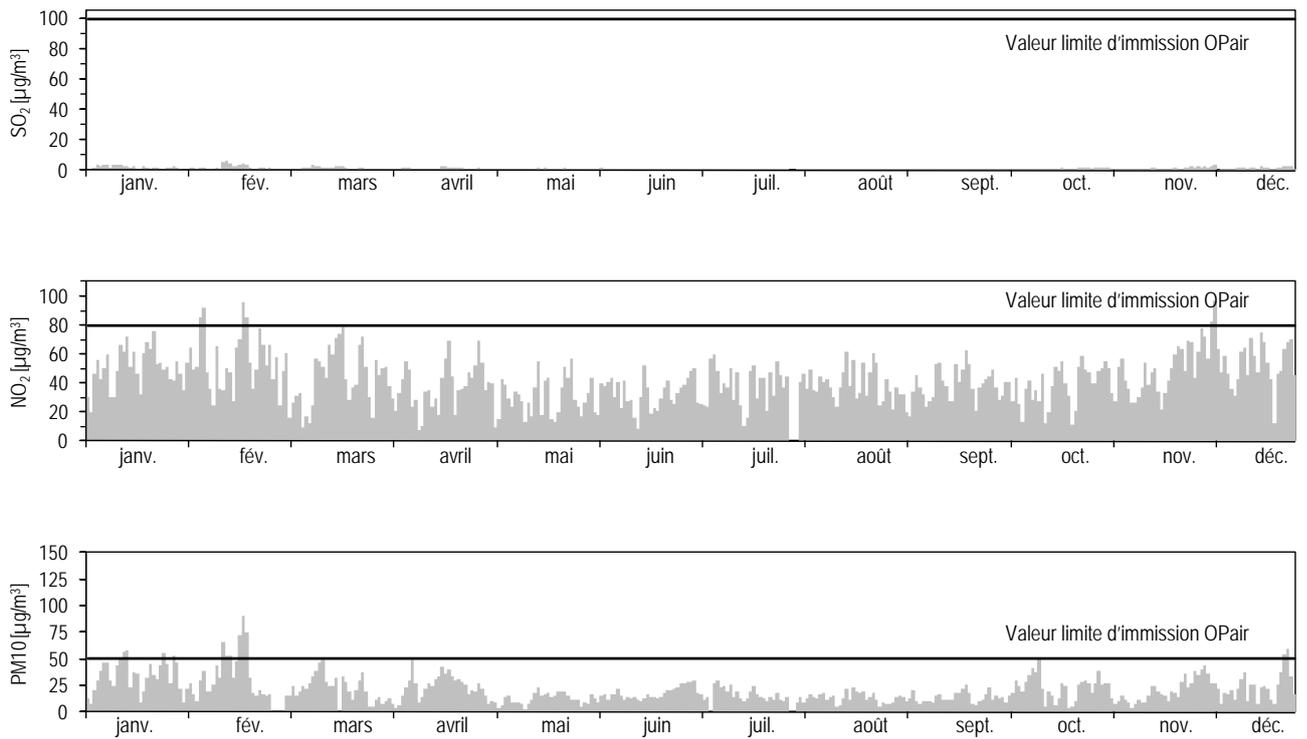
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Trafic		Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour	68855	74480	81808	85998	85314	88136	91205	94701	91224	86955	80979	71566	83461

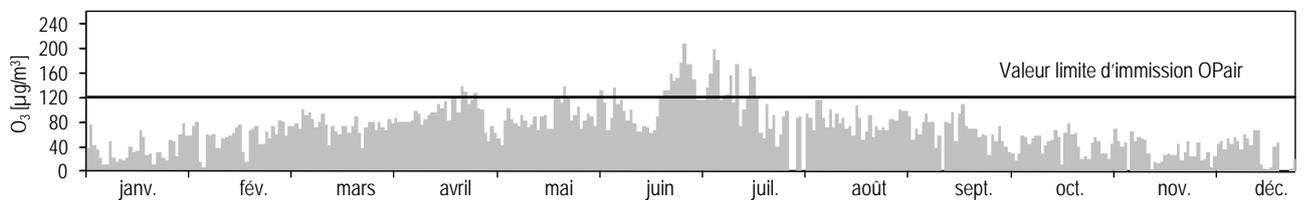
Les données de comptage de trafic ont été relevées par l'Office fédéral des routes (OFROU).

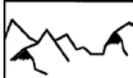
L'année 2010 en chiffres	Härkingen-A1		Coordonnées: 628 875 / 240 185 Altitude: 431 m
	Rural, autoroute		

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 en chiffres	Jungfrauoch		Coordonnées: 641 910 / 155 280 Altitude: 3580 m
	Haute montagne		

Polluants ¹⁾			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	0,07	0,11	0,13	0,15	0,39	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04*	0,09
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	0,21	0,62	0,83	0,96	6,25	0,11	0,13	0,09	0,12	0,18	0,23	0,36	6,25
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	0,35	0,35	0,33*	0,40*	0,34*	0,22	0,18	0,16	0,18	0,30	0,46**	0,45**	0,29
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	1,07	1,37	0,95*	1,04*	1,55*	0,49	0,32	0,33	0,51	1,85	0,79**	2,15**	2,20
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0*	0*	0*	0	0	0	0	0	0**	0**	0
NO	Moyennes	µg/m ³	0,03	0,04	0,06*	0,06	0,09	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04**	0,06**	0,04
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	0,17	0,22	0,22*	0,16	0,41	0,15	0,05	0,08	0,07	0,27	0,09**	0,37**	0,41
NO _x	Moyennes	ppb	0,29	0,30	0,30*	0,37*	0,35*	0,21	0,16	0,14	0,16	0,26	0,39**	0,39**	0,26
	Moyenne journal. max.	ppb	0,88	1,22	0,91*	0,95*	1,59*	0,53	0,27	0,33	0,44	1,55	0,66**	1,99**	1,99
O ₃	Moyennes	µg/m ³	67	71	74	87	82	87	84	76	69	68	60	62	74
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	82	81	88	101	106	114	113	98	84	85	77	73	114
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	100	84	96	102	111	154	134	106	90	91	85	77	154
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	7	6	0	0	0	0	0	13
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Moyennes	mg/m ³	0,11	0,13	0,13	0,13	0,12	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,100*	0,11	0,11
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,16	0,17	0,16	0,16	0,15	0,11	0,11	0,11	0,10	0,13	0,117*	0,14	0,17
	Moy. jour. > 8 mg/m ³	Nb jours	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0
PM10	Moyennes	µg/m ³	0,2	0,8	1,3	4,1	2,2	3,0	5,2	1,8	0,9	4,3	1,2	1,1	2,2
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	0,9	2,8	3,5	13,7	14,3	7,8	28,0	7,8	5,6	50,1	5,0	2,9	50,1
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

1) Station de la Jungfrauoch: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m³ et en mg/m³ à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A4..

*) série incomplète, cf. Annexe A4, mais au moins 50% des mesures sont disponibles

**) série incomplète, cf. Annexe A4, mais moins de 50% des mesures sont disponibles

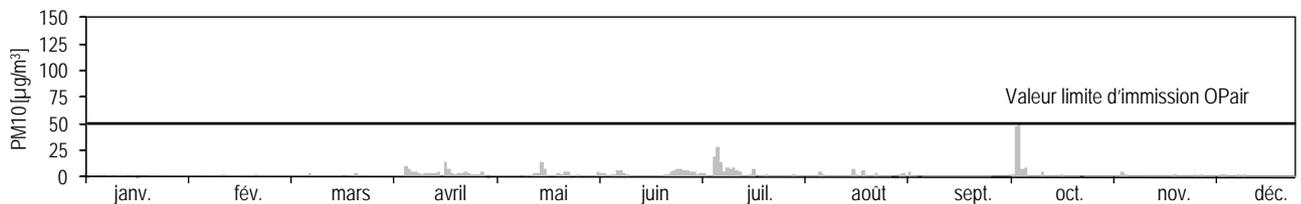
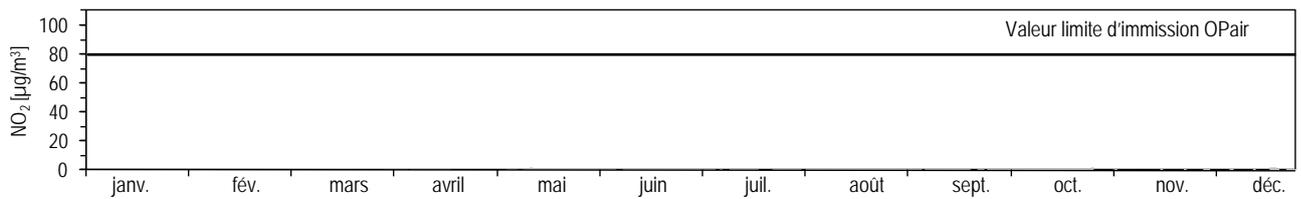
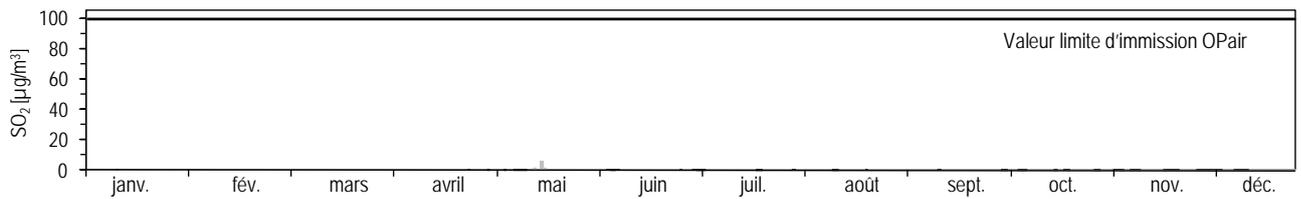
Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-15,7	-15,2	-13,5	-9,4	-6,6	-1,3	1,5	-0,8	-3,3	-5,3	-11,5	-15,2	-8,0
	Degrés-jours chauf. ²⁾	(°C*d)	1105	987	1039	883	825	638	573	645	700	786	944	1091	10215
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	78	118	168	272	269	291	273	224	207	144	82	59	182
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	62	68	65	65	85	80	75	79	67	62	74	73	71
Pression	Moyennes	hPa	643	640	649	654	653	659	665	661	658	654	645	643	652

2) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

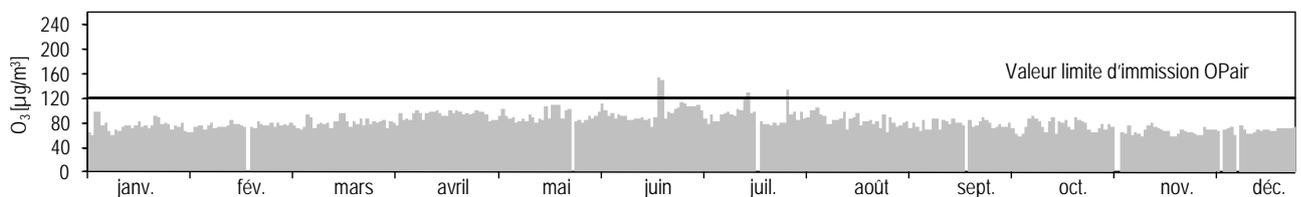
L'année 2010 en chiffres	Jungfrauoch		Coordonnées: 641 910 / 155 280 Altitude: 3580 m
	Haute montagne		

Moyennes journalières pour SO₂¹⁾, NO₂¹⁾ et PM10



1) Station de la Jungfrauoch: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m₃ et en mg/m₃ à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A4.

Moyennes horaires maximales par jour pour O₃¹⁾



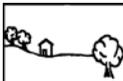
1) Station de la Jungfrauoch: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m₃ et en mg/m₃ à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A4.

L'année 2010 en chiffres	Lägeren		Coordonnées: 669 780 / 259 020
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 689 m

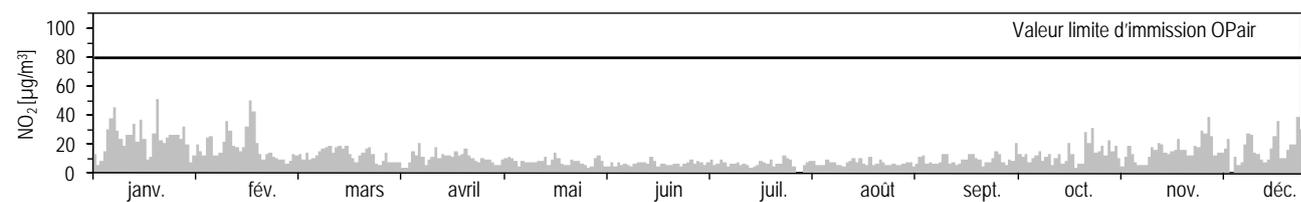
Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	23,9	19,1	13,1	11,0	7,9	7,0	7,2	7,2	8,7	12,5	14,4	19,6	12,6
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	51,2	50,4	19,2	20,8	13,8	12,7	12,2	11,4	15,1	31,0	23,9	39,3	51,2
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	2,1	1,4	1,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	2,2	1,6	2,9	1,4
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	11,4	4,3	2,7	2,2	1,5	2,4	1,9	1,6	2,5	8,2	4,8	24,6	24,6
NO _x	Moyennes	ppb	14,2	11,1	7,7	6,4	4,8	4,3	4,4	4,5	5,4	8,3	8,8	12,6	7,7
	Moyenne journal. max.	ppb	33,2	29,7	11,3	11,7	8,0	7,7	7,4	6,9	9,1	22,8	14,8	38,4	38,4
O ₃	Moyennes	µg/m ³	37	60	75	91	76	91	102	77	68	45	40	41	67
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	75	88	103	140	133	155	172	121	107	80	72	75	172
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	81	92	114	148	151	185	192	131	115	88	87	87	192
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	78	35	150	225	17	0	0	0	0	505
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	9
	Moy. hor. > 240 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-3,2	-0,4	3,4	9,1	10,0	15,9	19,2	15,8	12,4	7,9	3,9	-1,8	7,7
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	719	570	508	284	274	79	0	39	116	349	469	677	4075
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	36	68	123	210	162	225	260	172	164	89	47	30	132
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	90	81	70	63	81	73	70	79	76	81	87	88	78
Précipitation	Total	mm	20	30	30	28	139	128	115	152	48	54	64	80	888
Pression	Moyennes	hPa	932	925	936	937	934	936	939	937	937	934	927	931	934

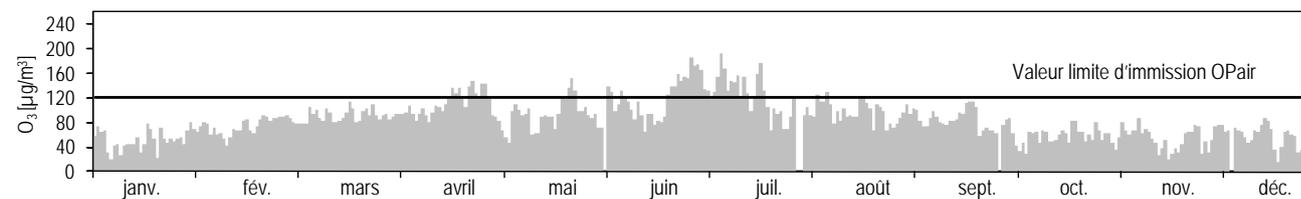
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

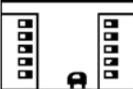
L'année 2010 en chiffres	Lägeren		Coordonnées: 669 780 / 259 020 Altitude: 689 m
	Rural, altitude < 1000 m		

Moyennes journalières pour NO₂



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



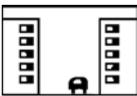
L'année 2010 en chiffres	Lausanne-César-Roux		Coordonnées: 538 695 / 152 615 Altitude: 530 m
	Urbain, trafic		

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	44	49	43	39	30	33	37	34	39	35	41	47	39
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	65	77	68	61	57	55	69	53	63	54	57	74	77
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	23	23	17	14	12	11	10	12	17	22	26	29	18
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	53	52	37	29	30	20	17	22	32	88	52	60	88
NO _x	Moyennes	ppb	41	45	37	31	25	26	28	27	34	36	42	48	35
	Moyenne journal. max.	ppb	77	80	63	50	44	41	47	44	53	97	70	86	97
O ₃	Moyennes	µg/m ³	23	36	48	64	60	69	78	58	46	28	25	22	47
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	61	73	81	113	115	145	139	98	87	66	58	56	145
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	66	87	88	127	123	165	157	123	100	84	66	60	165
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	2	3	35	55	2	0	0	0	0	97
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Moyennes	mg/m ³	0,55	0,58	0,47	0,43	0,34	0,34	0,34	0,34	0,40	0,42	0,45	0,49	0,43
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,73	0,91	0,69	0,54	0,55	0,48	0,61	0,50	0,68	0,87	0,71	0,71	0,91
	Moy. jour. > 8 mg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m ³	29	30	26	25	16	16	18	13	17	20	16	19	20
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	56	82	63	57	35	27	36	22	29	39	32	36	82
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	2	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	12
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	74	140	92	99	83	89	70	70	73	92	64	73	85

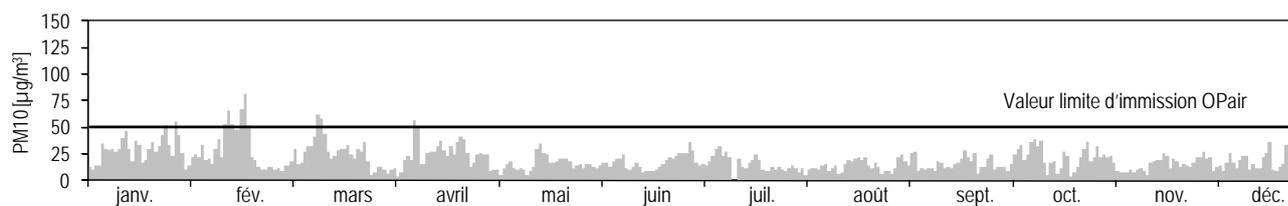
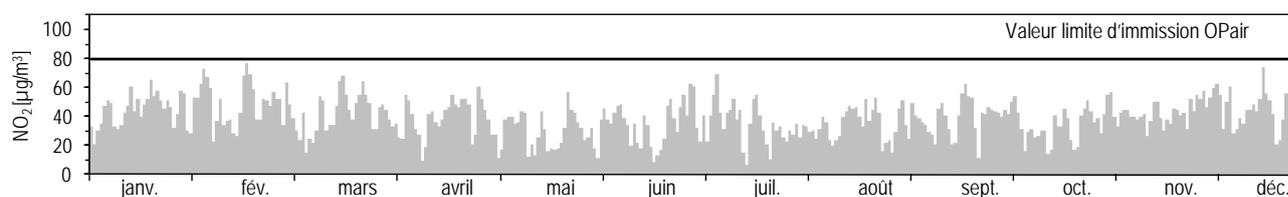
Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	0,5	2,4	6,1	11,8	12,9	18,3	22,4	18,9	15,3	10,7	6,6	1,0	10,6
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	603	492	387	185	148	9	0	0	39	242	358	590	3052
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	41	71	126	208	185	241	251	191	163	94	51	36	138
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	75	70	61	56	68	64	56	66	66	72	76	77	67
Précipitation	Total	mm	33	32	35	17	70	51	28	144	31	6	72	116	634
Pression	Moyennes	hPa	951	944	955	956	952	953	957	956	955	953	947	950	952

1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

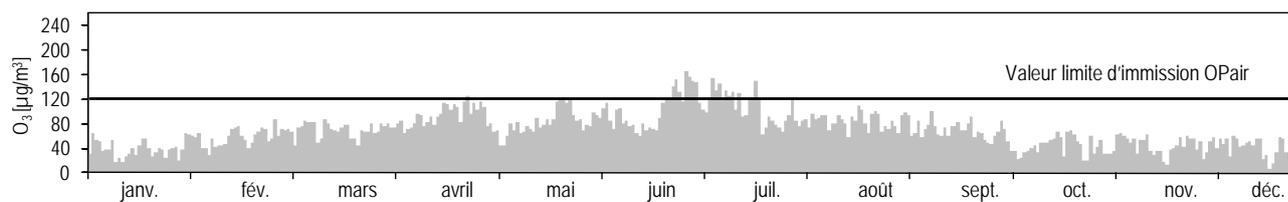
Trafic			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour		28168	29641	30761	29228	28768	30087	28842	28810	31748	31191	32189	29575	29899

L'année 2010 en chiffres	Lausanne-César-Roux		Coordonnées: 538 695 / 152 615 Altitude: 530 m
	Urbain, trafic		

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 en chiffres	Lugano-Università		Coordonnées: 717 615 / 096 645
	Urbain		Altitude: 280 m

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	8,1	6,9	4,8	3,7	2,3	1,2	1,1	1,1	1,4	4,3	5,5	8,2	4,0	
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	13,2	14,1	8,0	6,5	8,8	1,8	1,7	2,1	2,7	8,3	9,8	14,8	14,8	
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	54	52	37	30	21	19	18	16	26	37	40	47	33	
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	99	84	58	42	45	31	23	25	46	50	58	80	99	
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	
NO	Moyennes	µg/m ³	23,1	16,2	7,2	4,7	3,3	2,1	1,5	1,8	4,9	10,6	19,3	27,7	10,2	
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	62,2	95,0	19,9	9,2	10,5	4,7	3,3	3,6	8,9	21,4	40,8	91,1	95,0	
NO _x	Moyennes	ppb	47	40	25	19	14	12	10	10	18	28	37	47	25	
	Moyenne journal. max.	ppb	96	120	46	29	32	20	14	15	30	41	58	107	120	
O ₃	Moyennes	µg/m ³	16	27	45	70	74	93	114	81	58	26	18	21	54	
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	78	79	94	132	160	193	209	154	135	72	63	77	209	
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	84	87	114	145	184	223	257	180	150	85	73	83	257	
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	49	48	151	266	91	42	0	0	0	647	
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	4	34	61	0	0	0	0	0	99	
CO	Moyennes	mg/m ³	0,69	0,60	0,42	0,35	0,27	0,26	0,25	0,23	0,30	0,42	0,48	0,54	0,40	
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	1,08	1,18	0,59	0,42	0,40	0,34	0,33	0,30	0,37	0,55	0,79	1,01	1,18	
	Moy. jour. > 8 mg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	COVNM	Moyennes	µgCH ₄ /m ³	151	108	76	79	63	71	67	60	82	100	103	113	89
	Moyenne journal. max.	µgCH ₄ /m ³	275	243	126	120	95	97	96	95	113	146	148	216	275	
CH ₄	Moyennes	mg/m ³	1,35	1,32	1,29	1,28	1,26	1,27	1,26	1,26	1,28	1,31	1,31	1,31	1,29	
PM10	Moyennes	µg/m ³	43	32	23	18	11	16	17	13	13	26	16	20	21	
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	90	86	40	48	28	33	33	23	25	58	35	49	90	
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	12	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	19	

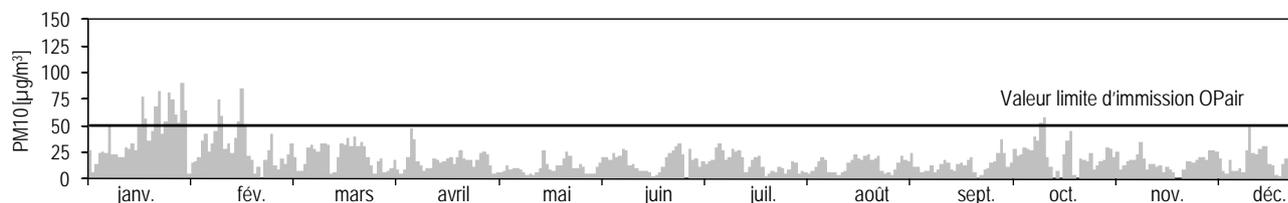
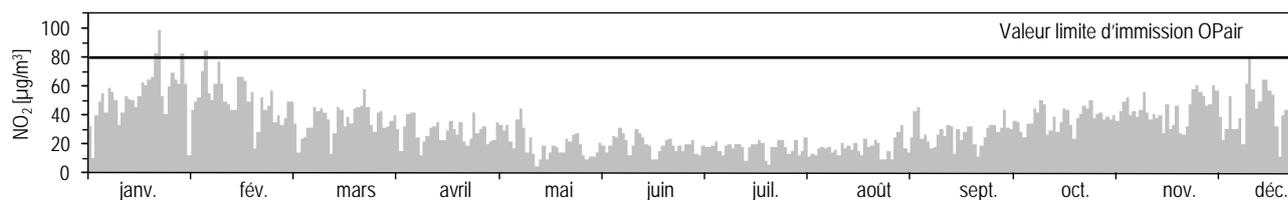
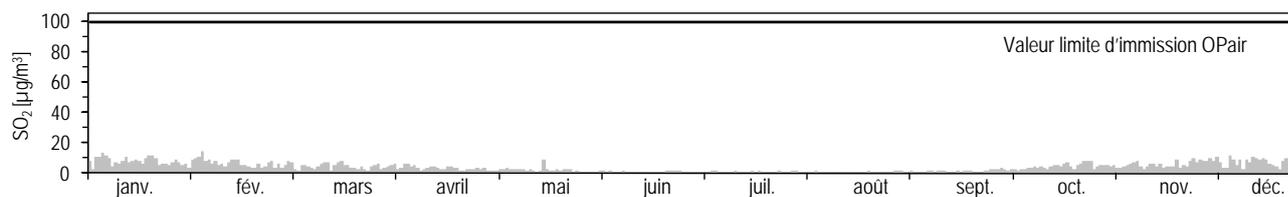
Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	2,1	4,1	7,4	11,9	15,0	20,2	24,4	21,0	17,1	11,8	7,8	2,6	12,1
	Degrés-jours chauff. ¹⁾	(°C*d)	556	445	383	163	53	0	0	0	0	179	365	538	2682
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	53	88	130	200	202	248	291	221	175	94	49	43	150
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	72	72	68	66	70	69	61	70	72	77	81	68	71
Précipitation	Total	mm	34	92	109	65	345	122	161	191	191	194	211	138	1854
Pression	Moyennes	hPa	977	971	981	982	976	978	980	979	979	980	973	976	978

1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

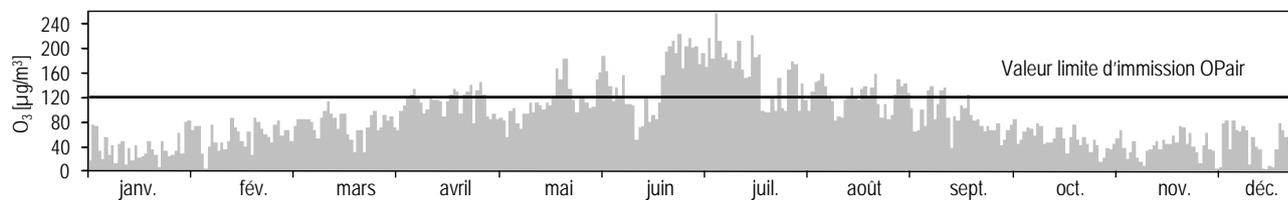
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

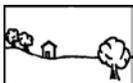
L'année 2010 en chiffres	Lugano-Università		Coordonnées: 717 615 / 096 645 Altitude: 280 m
	Urbain		

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



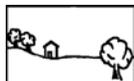
L'année 2010 en chiffres	Magadino-Cadenazzo		Coordonnées: 715 500 / 113 200
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 203 m

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	4,2	3,2	3,3	4,0	1,8	1,1	1,1	1,0	1,2	1,6	1,9	4,0	2,4
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	6,5	6,8	10,8	7,6	9,0	2,6	3,0	2,0	2,2	4,9	3,8	8,5	10,8
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	46	38	22	18	10	10	11	10	14	21	25	34	21
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	76	68	38	26	19	22	16	15	22	33	43	52	76
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	26,7	11,9	3,3	2,8	1,3	1,1	1,2	1,2	2,8	7,8	16,1	30,0	8,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	82,2	51,2	15,9	7,8	2,3	5,2	2,6	2,2	7,5	31,3	42,7	91,3	91,3
NO _x	Moyennes	ppb	45,4	29,6	14,3	11,5	6,2	5,9	6,6	6,0	9,3	17,4	26,0	41,9	18,3
	Moyenne journal. max.	ppb	98,1	75,3	30,7	19,4	11,3	15,9	10,2	8,8	16,1	40,6	47,2	99,1	99,1
O ₃	Moyennes	µg/m ³	18	32	53	70	73	82	92	66	51	25	18	19	50
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	81	87	101	133	148	177	181	143	134	78	65	74	181
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	87	95	116	142	183	187	204	175	157	94	80	79	204
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	76	40	126	192	60	31	0	0	0	525
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	1	6	15	0	0	0	0	0	22
PM10	Moyennes	µg/m ³	38	29	19	14	9	15	17	12	11	21	17	24	19
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	70	84	41	28	27	31	32	24	23	39	36	46	84
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	11	25	40	86	68	142	52	43	128	43	17	11	56

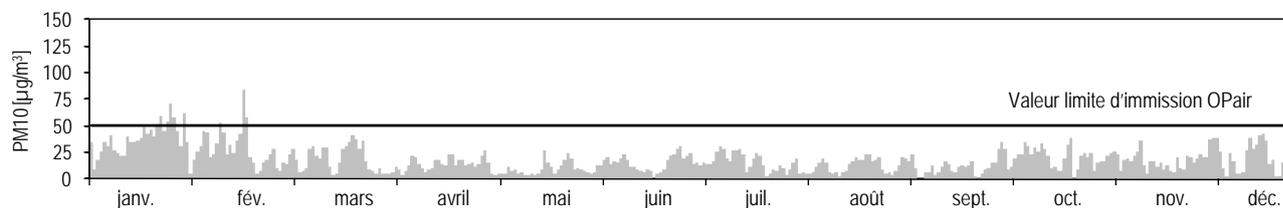
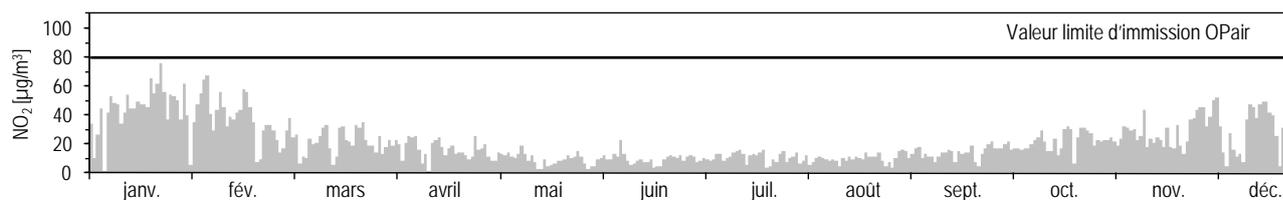
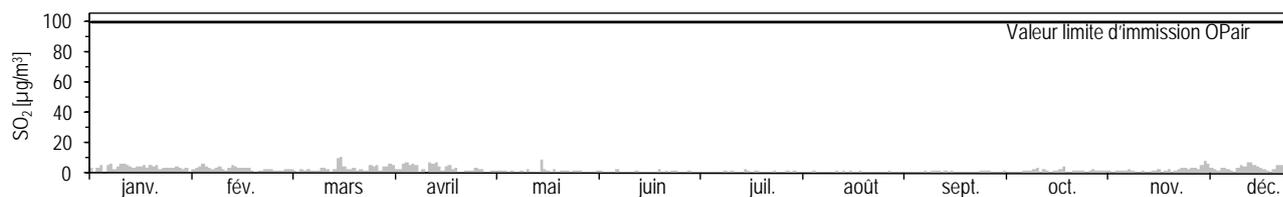
Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	0,2	2,9	7,5	12,0	15,2	20,2	23,8	20,5	16,4	10,8	6,5	0,8	11,4
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	614	479	374	168	44	0	0	0	18	226	405	596	2923
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	57	87	132	194	198	241	283	217	175	91	52	41	147
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	79	74	66	67	70	70	65	74	76	81	84	74	73
Précipitation	Total	mm	46	83	134	85	376	205	66	174	151	189	248	127	1884
Pression	Moyennes	hPa	989	982	993	993	987	989	991	990	990	991	985	988	989

1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

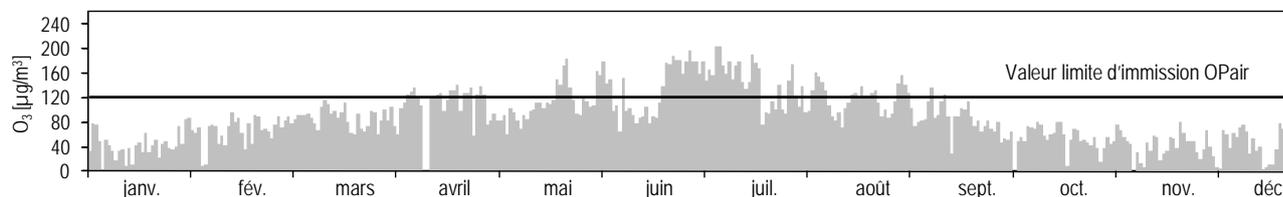
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

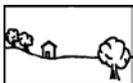
L'année 2010 en chiffres	Magadino-Cadenazzo		Coordonnées: 715 500 / 113 200 Altitude: 203 m
	Rural, altitude < 1000 m		

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



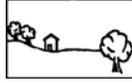
L'année 2010 en chiffres	Payerne		Coordonnées: 562 285 / 184 775
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 489 m

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	1,16	1,55	0,92	0,67	0,55	0,27	0,45	0,30	0,37	0,59	0,68	0,82	0,69
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	3,14	7,41	2,67	1,21	2,43	0,58	1,05	0,64	0,62	1,70	1,66	1,53	7,41
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	25,3	22,9	16,3	13,9	8,6	9,0	9,3	7,5	10,8	17,0	17,4	25,5	15,3
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	37,5	52,8	29,3	22,0	13,5	12,8	16,2	13,4	18,9	30,4	51,3	48,9	52,8
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	2,5	1,8	1,7	1,1	0,6	0,7	0,6	0,6	1,4	3,1	2,8	5,9	1,9
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	9,1	7,8	6,1	3,3	2,1	1,4	1,7	2,2	3,2	15,4	23,9	25,2	25,2
NO _x	Moyennes	ppb	15,2	13,4	9,8	8,1	5,0	5,2	5,3	4,4	6,8	11,4	11,4	18,1	9,5
	Moyenne journal. max.	ppb	25,3	30,9	17,7	12,6	7,6	7,8	9,6	8,6	11,8	28,3	46,0	40,4	46,0
O ₃	Moyennes	µg/m ³	33	53	64	78	69	75	84	67	53	33	34	31	56
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	80	90	100	136	131	154	171	113	110	83	71	72	171
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	85	95	115	152	138	188	187	128	119	96	77	76	188
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	68	42	89	135	2	0	0	0	0	336
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	5	7	0	0	0	0	0	12
CO	Moyennes	mg/m ³	0,39	0,36	0,27	0,24	0,20	0,18	0,17	0,16	0,19	0,25	0,26	0,35	0,25
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,60	0,67	0,45	0,29	0,23	0,21	0,23	0,22	0,26	0,41	0,52	0,51	0,67
	Moy. jour. > 8 mg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m ³	27	26	20	19	11	13	15	10	10	18	13	15	16
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	48	87	47	43	24	25	28	18	23	42	29	31	87
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	3	11	27	34	29	48	42	34	35	19	12	10	25

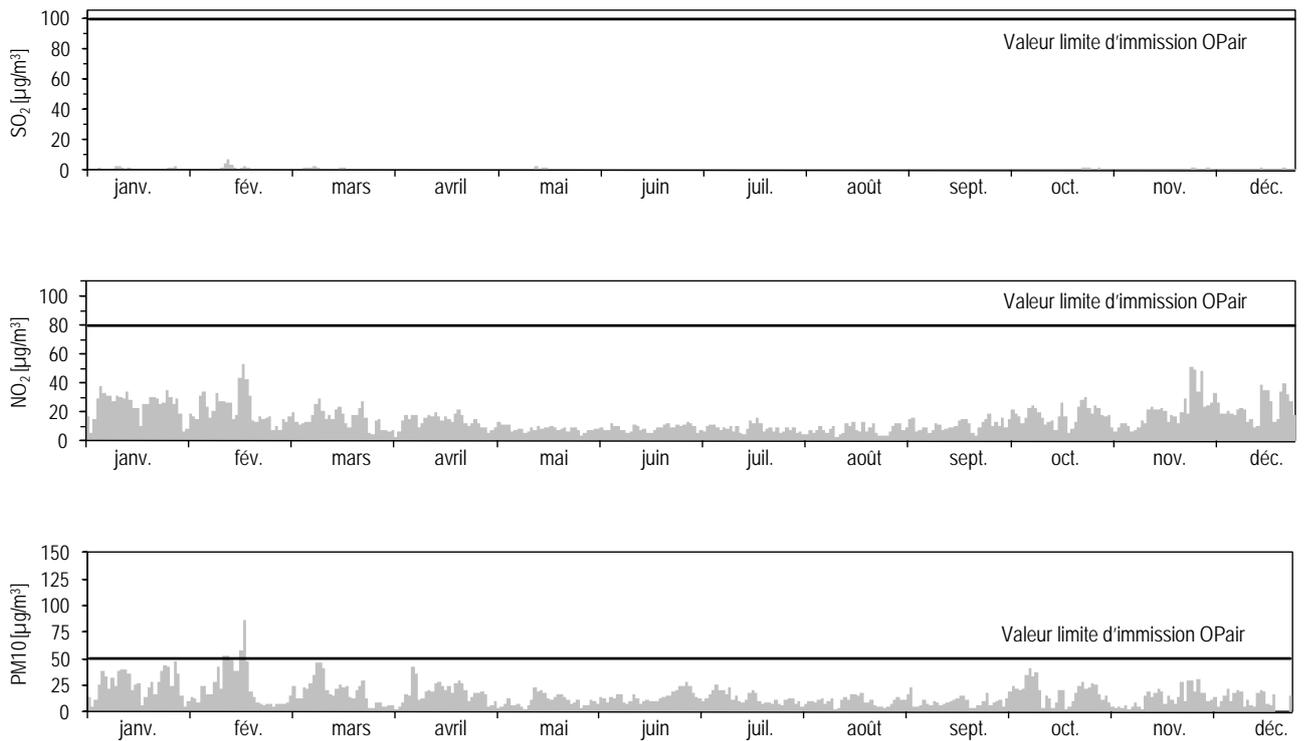
Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-1,5	0,7	4,5	10,0	12,2	17,0	20,8	17,8	13,4	8,7	5,3	-0,9	9,0
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	668	541	473	259	183	10	0	0	71	281	421	648	3555
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	41	78	134	217	196	241	270	194	181	90	56	44	145
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	86	79	70	67	76	74	66	75	77	83	84	85	77
Précipitation	Total	mm	27	56	36	13	69	38	21	117	23	33	77	84	594
Pression	Moyennes	hPa	956	949	959	960	957	958	961	960	959	957	951	955	957

1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

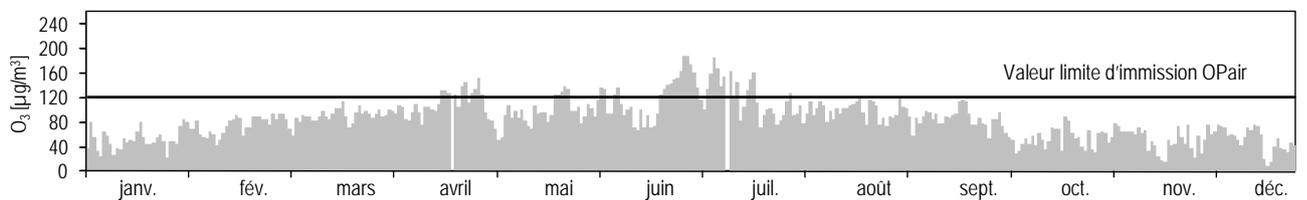
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

L'année 2010 en chiffres	Payerne		Coordonnées: 562 285 / 184 775 Altitude: 489 m
	Rural, altitude < 1000 m		

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 en chiffres	Rigi-Seebodenalp		Coordonnées: 677 835 / 213 440
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1031 m

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	0,64	0,92	0,73	0,78	0,48	0,35	0,46	0,28	0,38	0,32	0,46	0,61	0,53
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	2,22	4,34	2,90	2,97	1,78	1,01	1,26	0,50	0,58	0,63	1,21	1,97	4,34
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	13,8	10,7	9,1	10,1	6,0	5,6	4,9	3,6	6,4	8,4	9,4	9,9	8,1
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	34,1	33,5	25,4	19,2	12,6	9,2	7,9	5,9	10,5	22,7	25,4	35,7	35,7
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	1,04	0,66	0,49	0,45	0,27	0,23	0,15	0,13	0,37	0,64	0,49	0,98	0,49
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	5,46	3,14	1,43	1,58	0,85	0,54	0,46	0,62	1,15	2,74	2,15	11,64	11,64
NO _x	Moyennes	ppb	8,0	6,1	5,2	5,6	3,3	3,1	2,7	2,0	3,6	4,9	5,3	6,0	4,7
	Moyenne journal. max.	ppb	21,3	20,1	14,2	10,9	7,3	5,1	4,3	3,3	6,3	13,2	14,2	24,6	24,6
O ₃	Moyennes	µg/m ³	58	77	84	95	82	97	109	86	73	57	52	61	77
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	95	106	110	140	137	165	180	117	106	95	80	90	180
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	99	114	118	158	150	199	204	131	116	100	94	93	204
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	108	69	163	241	9	0	0	0	0	590
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	5	13	0	0	0	0	0	18
CO	Moyennes	mg/m ³	0,31	0,29	0,25	0,25	0,21	0,20	0,19	0,12	0,14	0,17	0,18	0,21	0,21
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,56	0,53	0,44	0,32	0,28	0,24	0,25	0,19	0,19	0,28	0,3	0,46	0,56
	Moy. jour. > 8 mg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m ³	8,1	10,2	11,3	17,0	6,6	9,5	11,6*	6,6	7,4	6,8	4,7	3,3	8,5
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	23,6	41,8	35,8	39,8	16,1	22,5	24,2*	16,9	13,3	28,9	25,3	12,2	41,8
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	6	15	16	65	66	47	-	36	36	18	11	6	29

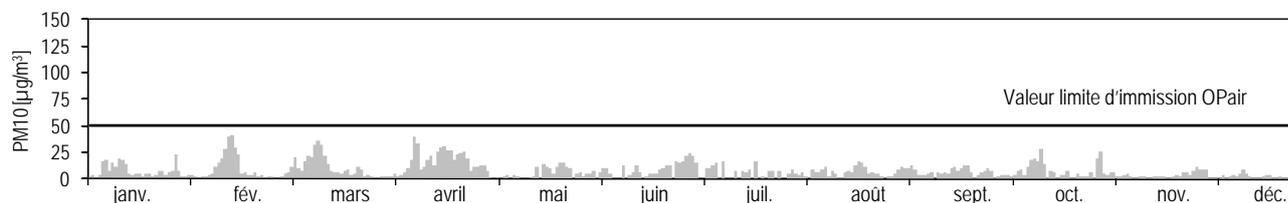
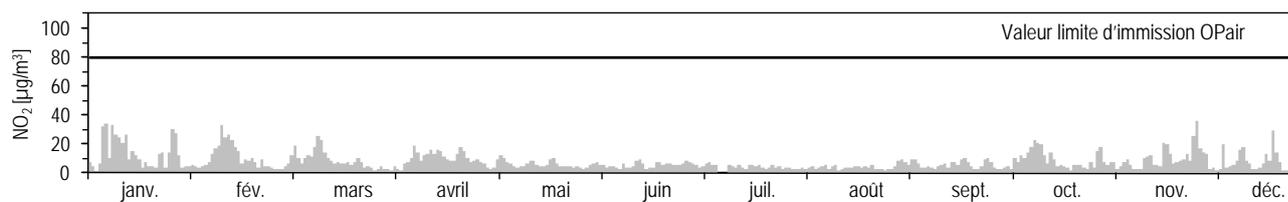
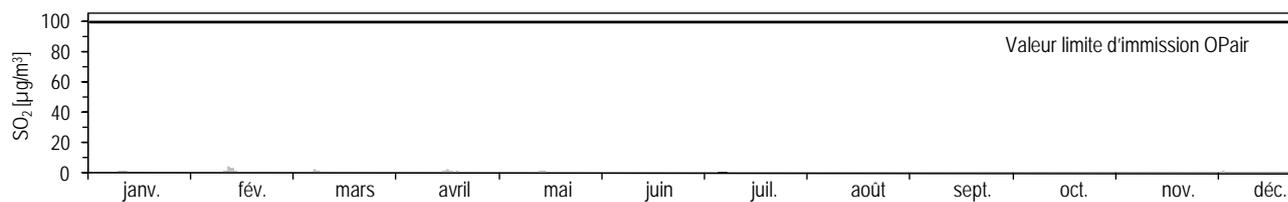
*série incomplète (cf. annexe 4) mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-4,1	-1,5	1,7	7,1	8,2	13,8	17,1	14,5	10,7	7,0	2,7	-2,1	6,2
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	725	603	562	363	348	122	27	80	207	393	518	686	4623
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	40	70	120	183	140	198	233	159	144	77	44	32	120
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	83	73	71	70	83	78	75	79	81	80	84	80	78
Précipitation	Total	mm	23	29	39	38	194	150	313	274	177	72	50	87	1446
Pression	Moyennes	hPa	892	886	897	899	896	898	902	900	899	896	890	892	896

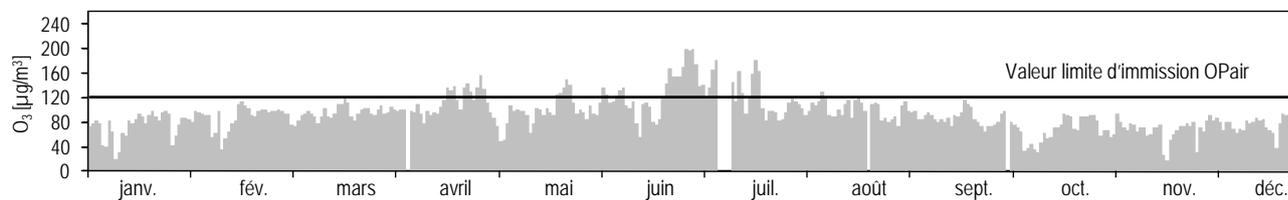
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

L'année 2010 en chiffres	Rigi-Seebodenalp		Coordonnées: 677 835 / 213 440
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1031 m

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 en chiffres	Sion-Aéroport-A9		Coordonnées: 592 540 / 118 755
	Rural, autoroute		Altitude: 483 m

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	59	51	40	30	19	20	23	22	26	33	42	58	35
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	78	73	58	39	30	32	34	42	42	58	65	99	99
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
NO	Moyennes	µg/m ³	43,4	21,8	16,1	10,5	6,6	5,9	6,6	8,6	13,7	23,6	36,7	51,8	20,5
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	95,8	44,8	32,8	20,4	15,7	10,8	13,4	23,0	26,0	60,5	75,3	141,9	141,9
NO _x	Moyennes	ppb	66	44	34	24	15	15	17	18	25	36	51	72	35
	Moyenne journal. max.	ppb	117	74	54	37	28	25	24	39	40	76	88	166	166
O ₃	Moyennes	µg/m ³	12	31	44	68	61	69	68	52	43	25	17	12	42
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	60	80	96	126	122	136	151	109	100	77	58	43	151
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	78	87	113	144	139	151	177	128	118	91	71	73	177
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	27	17	51	72	1	0	0	0	0	168
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m ³	31	26	22	20	12	14	17	12	13	18	18	23	19
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	46	56	62	45	26	25	28	25	20	36	32	37	62
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4

Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-1,5	1,5	6,1	11,8	14,0	18,9	21,8	18,5	14,8	10,3	5,5	-0,6	10,1
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	665	517	410	177	83	0	0	0	56	226	435	640	3210
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	55	98	153	239	235	274	284	216	183	116	63	43	163
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	80	69	61	58	69	65	65	71	70	73	77	80	70
Précipitation	Total	mm	11	29	29	6	121	20	73	46	22	17	37	69	480
Pression	Moyennes	hPa	956	950	960	960	956	957	961	960	959	958	952	956	957

¹⁾ Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

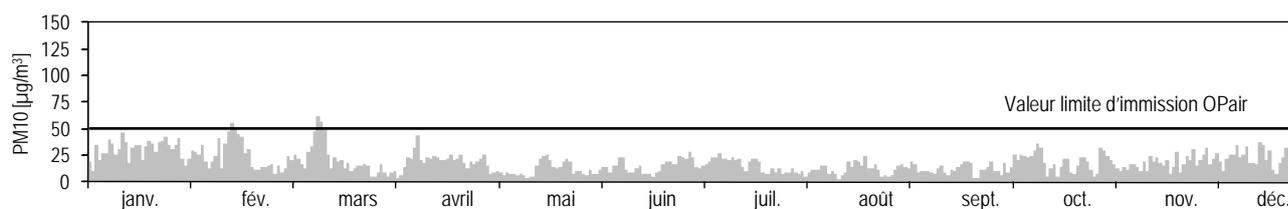
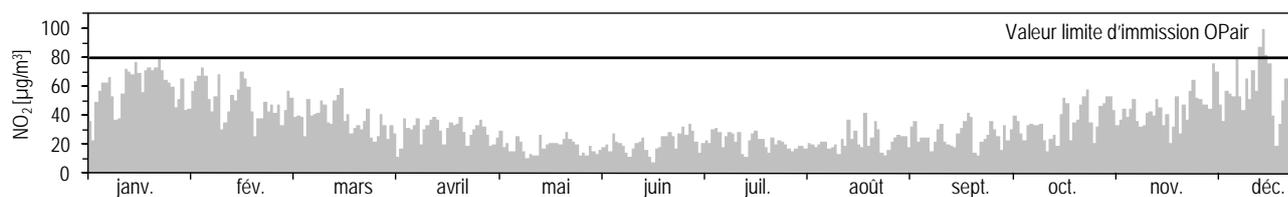
Trafic		Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour	31866	35685	35883	36040	33688	34494	36655	37242	36954	36511**	33256	32594**	35069*

*) série incomplète, cf. Annexe A4, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

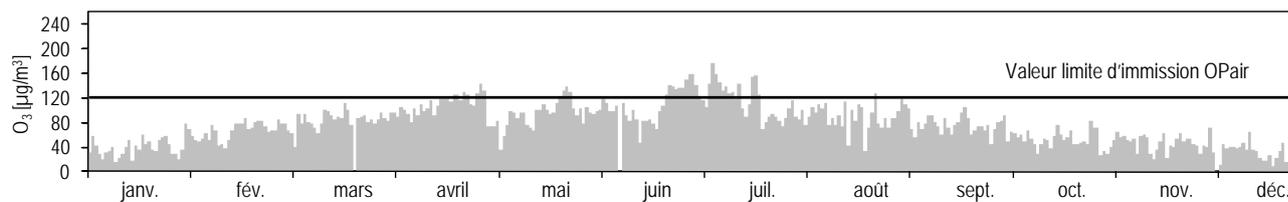
**) série incomplète, cf. Annexe A4, mais moins de 50 % des mesures sont disponibles

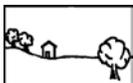
L'année 2010 en chiffres	Sion-Aéroport-A9		Coordonnées: 592 540 / 118 755 Altitude: 483 m
	Rural, autoroute		

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



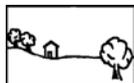
L'année 2010 en chiffres	Tänikon		Coordonnées: 710 500 / 259 810
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 538 m

Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	26,8	24,8	13,5	10,8	7,3	7,3	7,4	6,7	10,3	14,4	15,3	26,0	14,2
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	40,7	72,8	26,6	17,3	12,2	10,4	11,7	12,0	16,9	25,5	33,4	46,9	72,8
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	3,8	3,6	1,8	2,2	0,7	1,0	0,8	1,0	2,5	3,9	3,5	8,8	2,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	11,2	12,7	4,5	4,8	2,3	2,2	2,8	2,8	6,8	17,0	13,5	44,0	44,0
NO _x	Moyennes	ppb	17,1	15,8	8,5	7,4	4,4	4,6	4,5	4,3	7,4	10,7	10,8	20,6	9,6
	Moyenne journal. max.	ppb	30,3	48,2	16,5	12,6	7,9	6,3	8,4	8,5	14,2	26,9	22,8	50,0	50,0
O ₃	Moyennes	µg/m ³	32	54	67	73	66	74	81	64	46	30	32	31	54
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	78	92	103	136	137	153	173	120	97	77	66	76	173
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	89	96	122	151	153	177	186	134	105	81	80	83	186
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	2	55	28	79	130	14	0	0	0	0	308
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6
	Moy. hor. > 240 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m ³	28	27	17	20	10	14	14	9	10	17	12	18	16
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	64	81	46	50	19	26	27	17	16	44	28	48	81
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	1	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7

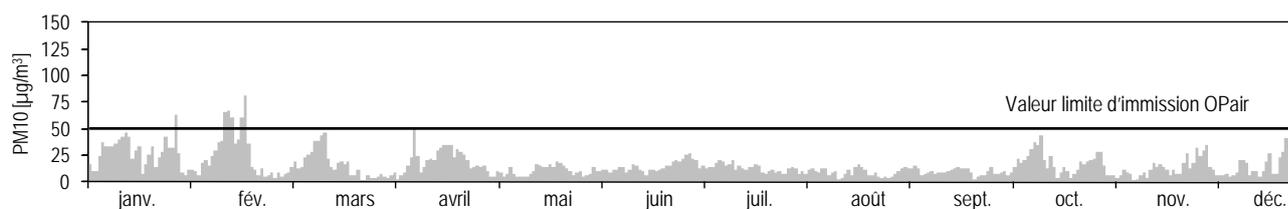
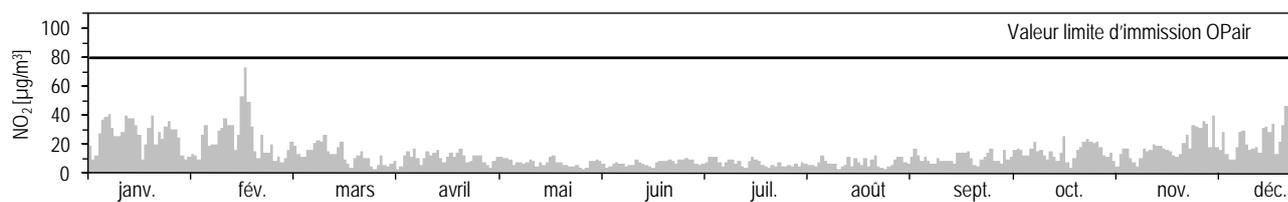
Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	-2,1	0,2	4,0	8,9	11,5	16,2	19,5	17,0	12,6	8,0	4,9	-1,5	8,3
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	686	554	488	308	221	61	0	18	99	332	427	668	3860
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	38	77	131	202	163	217	253	175	155	80	49	32	131
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	86	78	71	69	79	76	74	78	80	86	84	87	79
Précipitation	Total	mm	50	59	71	33	211	139	120	180	81	76	76	130	1227
Pression	Moyennes	hPa	950	942	954	955	951	952	956	954	954	952	945	948	951

1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

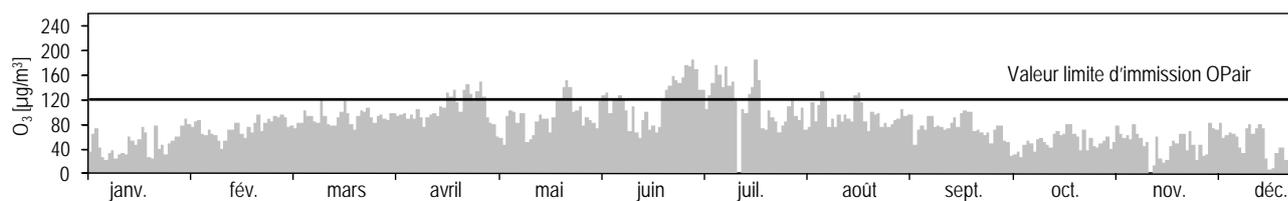
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

L'année 2010 en chiffres	Tänikon		Coordonnées: 710 500 / 259 810 Altitude: 538 m
	Rural, altitude < 1000 m		

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 en chiffres	Zürich-Kaserne		Coordonnées: 682 450 / 247 990
	Urbain		Altitude: 409 m

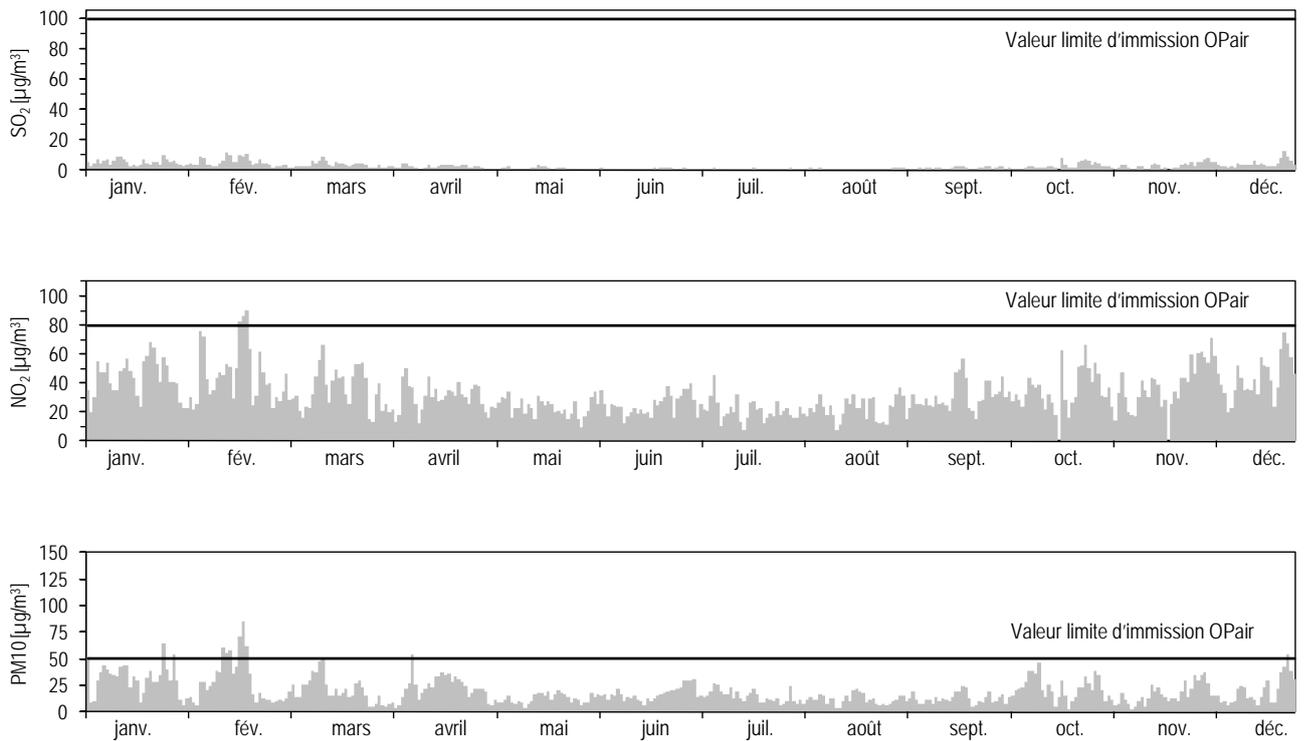
Polluants			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	5,3	5,6	3,8	2,6	1,4	1,0	0,9	0,9	1,7	2,7	2,6	4,7	2,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	9,9	11,6	9,4	4,7	3,6	1,6	1,5	1,9	3,0	7,9	5,6	12,4	12,4
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	43	46	36	31	23	25	23	21	30	36	34	47	33
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	68	90	66	50	34	38	45	33	57	66	60	75	90
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
NO	Moyennes	µg/m ³	15,3	15,2	7,6	4,8	3,4	3,5	2,5	3,3	8,3	17,4	13,9	23,8	9,9
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	48,6	67,8	27,8	20,7	8,5	7,1	6,1	12,0	29,3	93,8	49,1	62,0	93,8
NO _x	Moyennes	ppb	35	36	25	20	15	16	14	14	22	33	29	44	25
	Moyenne journal. max.	ppb	69	92	51	43	24	25	26	27	49	110	64	89	110
O ₃	Moyennes	µg/m ³	21	37	52	68	60	71	80	59	41	23	22	19	46
	Val. 98 % des moy. semihor.	µg/m ³	67	85	91	135	128	152	174	120	95	66	62	61	174
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	77	92	107	142	146	178	201	134	101	85	74	80	201
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	35	32	75	134	14	0	0	0	0	290
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	12
	Moy. hor. > 240 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Moyennes	mg/m ³	0,47	0,46	0,35	0,30	0,26	0,26	0,25	0,24	0,29	0,37	0,35	0,47	0,34
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,77	0,91	0,55	0,40	0,35	0,37	0,43	0,38	0,48	0,75	0,63	0,85	0,91
	Moy. jour. > 8 mg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COVNM	Moyennes	µgCH ₄ /m ³	71	73	58	38	34	35	13	24	34	43	36	49	42
	Moyenne journal. max.	µgCH ₄ /m ³	117	145	113	70	65	52	45	56	77	127	81	87	145
CH ₄	Moyennes	mg/m ³	1,36	1,35	1,31	1,28	1,28	1,28	1,29	1,28	1,32	1,36	1,33	1,38	1,32
PM10	Moyennes	µg/m ³	32	31	21	23	12	16	17	12	13	21	15	22	20
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	65	86	51	54	21	30	31	25	24	47	39	54	86
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	3	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	12
RP	Moyennes	mg/(m ² d)	21	38	55	61	63	75	78	41	45	30	26	15	46

Météorologie			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température	Moyennes	°C	0,2	2,7	6,2	12,0	13,8	19,2	22,1	18,9	14,9	10,3	6,8	0,7	10,7
	Degrés-jours chauff. ¹⁾	(°C*d)	613	486	376	169	116	8	0	0	38	257	349	597	3011
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	32	66	120	196	157	218	251	170	149	79	45	28	126
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	74	66	60	55	67	61	63	70	70	75	77	80	68
Précipitation	Total	mm	29	29	43	37	119	122	150	122	70	39	66	85	911
Pression	Moyennes	hPa	966	958	969	970	966	967	970	969	969	967	961	964	967

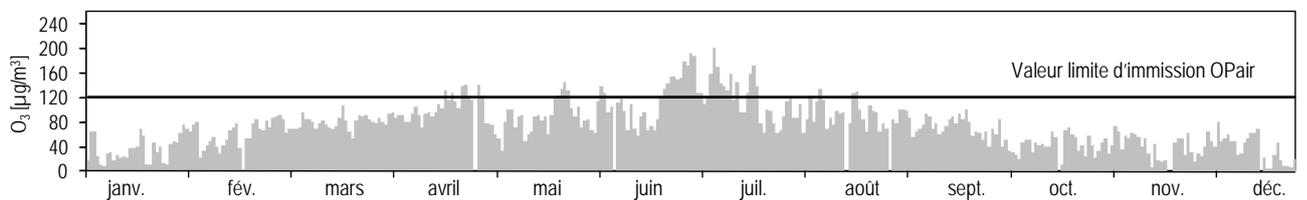
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

L'année 2010 en chiffres	Zürich-Kaserne		Coordonnées: 682 450 / 247 990 Altitude: 409 m
	Urbain		

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2010 COV en chiffres	Dübendorf-Empa			Coordonnées: 688 675 / 250 900	
	Suburbain			Altitude: 432 m	

COV composés aromatiques			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Benzène	Moyennes	µg/m ³	1,77	1,00	0,90	0,77	0,52**	0,37*	0,43	0,63	0,75	0,84*	1,54*	1,66*	0,94*
Toluène	Moyennes	µg/m ³	2,48	2,08	1,85	1,87	1,15**	2,58*	3,07	4,40	5,87	5,87*	5,39	3,13*	3,32*
Ethylbenzène	Moyennes	µg/m ³	0,45*	0,46	0,35*	0,35	0,17**	0,37*	0,40	0,48	0,47*	0,57**	0,85	0,46*	0,46*
m/p-xylène	Moyennes	µg/m ³	1,49	1,56	1,20	1,19	0,73**	1,22*	1,41	1,65	1,60	1,94**	2,65*	1,75*	1,54*
o-xylène	Moyennes	µg/m ³	0,41*	0,52	0,41*	0,41*	0,18**	0,38*	0,40	0,48	0,47*	0,56**	0,92	0,58*	0,49*

*) série incomplète, cf. Annexe A4, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

**) série incomplète, cf. Annexe A4, mais moins de 50 % des mesures sont disponibles

Facteurs de transformation (F): [ppb] * F = [µg/m³]

F_Benzène = 3,25

F_Toluène = 3,83

F_Ethylbenzène = 4,41

F_m/p-Xylène = 4,41

F_o-Xylène = 4,41

L'année 2010 COV en chiffres	Rigi-Seebodenalp			Coordonnées: 677 835 / 213 440	
	Rural, altitude > 1000 m			Altitude: 1031 m	

COV composés aromatique			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Benzène	Moyennes	µg/m ³	1,20	1,00	0,67	0,48	0,27	0,21	0,15	0,16	0,24	0,45	0,52	0,70	0,51
Toluène	Moyennes	µg/m ³	1,04	0,73	0,54	0,55	0,44	0,53	0,46	0,39	0,61	0,72	0,65	0,57	0,60
Ethylbenzène	Moyennes	µg/m ³	0,19	0,14	0,10	0,11	0,09	0,13	0,10	0,09	0,14	0,16	0,12	0,13*	0,12
m/p-xylène	Moyennes	µg/m ³	0,47	0,30	0,22	0,25	0,20	0,27	0,19	0,17	0,26	0,39	0,32	0,34*	0,28*
o-xylène	Moyennes	µg/m ³	0,17	0,11	0,08	0,09*	0,08	0,12*	0,09	0,08	0,11	0,13	0,11	0,14*	0,11*

*) série incomplète, cf. Annexe A4, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

Facteurs de transformation (F): [ppb] * F = [µg/m³]

F_Benzène = 3,25

F_Toluène = 3,83

F_Ethylbenzène = 4,41

F_m/p-Xylène = 4,41

F_o-Xylène = 4,41

L'année 2010 COV en chiffres	Zürich-Kaserne			Coordonnées: 682 450 / 247 990	
	Urbain			Altitude: 409 m	

COV composés aromatique			Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Benzène	Moyennes	µg/m ³	1,93	1,63*	1,09	0,81	0,51	0,51*	0,49	0,63	0,72*	1,20	1,26*	1,77	1,04*
Toluène	Moyennes	µg/m ³	3,52	3,62*	3,55	3,74	1,95	2,70*	2,62	3,33	3,23*	4,13	3,65*	3,99	3,32*
Ethylbenzène	Moyennes	µg/m ³	0,58	0,61*	0,52*	0,46	0,32	0,38*	0,40	0,44	0,51*	0,66*	0,57*	0,66	0,51*
m/p-xylène	Moyennes	µg/m ³	1,98	2,16*	1,86*	1,61	1,11	1,31*	1,12	1,51	1,76*	2,31*	2,03*	2,30	1,74*
o-xylène	Moyennes	µg/m ³	0,65	0,73*	0,61*	0,53	0,42	0,51*	0,44	0,62	0,68*	0,92*	0,77*	0,82	0,64*

*) série incomplète, cf. Annexe A4, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

Facteurs de transformation (F): [ppb] * F = [µg/m³]

F_Benzène = 3,25

F_Toluène = 3,83

F_Ethylbenzène = 4,41

F_m/p-Xylène = 4,41

F_o-Xylène = 4,41

L'année 2010 COV en chiffres	Rigi-Seebodenalp		Coordonnées: 677 835 / 213 440
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1031 m

COV	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
-----	-------	------	------	-------	-----	------	-------	------	-------	------	------	------	-------

Hydrocarbures saturés

Ethane	Moyennes	µg/m ³	3,25	3,54	2,94	2,59	1,84	1,37	1,02	0,98	1,22	1,75	2,04	2,58	2,10
Propane	Moyennes	µg/m ³	2,39	2,31	1,63	1,22	0,70	0,58	0,48	0,42	0,64	1,08	1,33	1,82	1,23
n-Butane	Moyennes	µg/m ³	1,21	1,05	0,72	0,54	0,37	0,37	0,34	0,27	0,39	0,59	0,75	0,91	0,63
n-Pentane	Moyennes	µg/m ³	0,58	0,48	0,37	0,40	0,31	0,41	0,34	0,23	0,46	0,60	0,54	0,44	0,43
n-Hexane	Moyennes	µg/m ³	0,16	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,09	0,10	0,11	0,13	0,10
Isobutane	Moyennes	µg/m ³	0,70	0,62	0,44	0,31	0,19	0,20	0,17	0,14	0,21	0,37	0,43	0,52	0,36
Isopentane	Moyennes	µg/m ³	0,87	0,67	0,51	0,56	0,44	0,56	0,58	0,45	0,67	0,75	0,72	0,65	0,62
Σ Isohexane	Moyennes	µg/m ³	0,82	0,62	0,46	0,47	0,39	0,44	0,40	0,35	0,42	0,62	0,63	0,59	0,52
Σ Isoheptane	Moyennes	µg/m ³	0,47	0,34	0,25	0,22	0,18	0,19	0,13	0,12	0,23	0,34	0,32	0,30	0,26

Hydrocarbures non saturés

Ethène	Moyennes	µg/m ³	1,56	1,01	0,60	0,39	0,33	0,25	0,19	0,21	0,27	0,59	0,78	0,97	0,60
Propène	Moyennes	µg/m ³	0,27	0,15	0,11	0,09	0,09	0,08	0,07	0,09	0,09	0,14	0,17	0,18	0,13
Σ Butène	Moyennes	µg/m ³	0,21	0,16	0,15	0,15	0,14	0,17	0,19	0,17	0,19	0,22	0,20	0,16	0,18
Σ Pentène	Moyennes	µg/m ³	0,10	0,08	0,05	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,08	0,07	0,06	0,07
Ethyne	Moyennes	µg/m ³	1,15	0,92	0,60	0,46	0,24	0,19	0,14	0,14	0,22	0,42	0,46	0,59	0,46
Isoprène	Moyennes	µg/m ³	0,03	0,03*	0,03*	0,07	0,10	0,20	0,34	0,22	0,09	0,07*	0,05*	0,03**	0,12*
1,3-Butadiène	Moyennes	µg/m ³	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03

*) série incomplète, cf. Annexe A4, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

**) série incomplète, cf. Annexe A4, mais moins de 50 % des mesures sont disponibles

Facteurs de transformation (F): [ppb] * F = [µg/m³]

F_Ethane = 1,25	F_Propane = 1,83	F_n-Butane = 2,42	F_n-Pentane = 3,00	F_n-Hexane = 3,58
F_Isobutane = 2,42	F_Isopentane = 3,00	F_total Isohexane = 3,58	F_total Isoheptane = 4,17	
F_Ethène = 1,17	F_Propène = 1,75	F_total Butène = 2,33	F_total Pentène = 2,92	F_Ethyne = 1,08
F_Isoprène = 2,83	F_1,3-Butadiène = 2,25			

L'année 2010 COV en chiffres	Zürich-Kaserne			Coordonnées: 682 450 / 247 990 Altitude: 409 m
	Urbain			

COV	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
-----	-------	------	------	-------	-----	------	-------	------	-------	------	------	------	-------

Hydrocarbures saturés

Ethane	Moyennes	µg/m ³	4,61	4,56*	3,79	3,23	2,39	1,88*	1,43	1,77	1,92*	3,12	3,52*	4,88	3,08*
Propane	Moyennes	µg/m ³	3,71	3,76*	2,63	2,15	1,50	1,49*	0,99	1,96	1,92*	2,73	2,91*	4,46	2,49*
n-Butane	Moyennes	µg/m ³	2,87	2,96*	2,30	1,86	1,30	1,53*	1,72	1,76	1,76*	2,56	2,75*	3,59	2,23*
n-Pentane	Moyennes	µg/m ³	1,24	1,24*	1,09	1,01	0,79	0,95*	0,93	1,14	1,25*	1,75	1,44*	1,59	1,19*
n-Hexane	Moyennes	µg/m ³	0,40	0,35*	0,27	0,27	0,24	0,30*	0,21	0,40	0,41*	0,46	0,43*	0,48	0,35*
Héptane	Moyennes	µg/m ³	0,75	0,62*	0,48	0,52	0,38	0,56*	0,57	0,72	0,53*	0,53	0,57*	0,52	0,56*
Isobutane	Moyennes	µg/m ³	1,64	1,76*	1,37	1,05	0,72	0,79*	0,76	0,96	1,02*	1,51	1,58*	2,02*	1,25*
Isopentane	Moyennes	µg/m ³	2,58	2,76*	2,48	2,49	1,98	2,56*	2,27	2,81	2,91*	3,35*	2,84*	3,03	2,65*
Σ Isohexane	Moyennes	µg/m ³	2,36	2,44*	1,61	1,98	1,67	2,06*	1,34	2,46	2,53*	2,97	2,72*	2,85	2,21*
Σ Isoheptane	Moyennes	µg/m ³	1,20	1,56*	1,57	1,75	1,27	1,70*	1,43	2,49	1,91*	1,87	1,99*	1,83	1,70*

Hydrocarbures non saturés

Ethène	Moyennes	µg/m ³	3,31	2,49*	1,55	1,09	0,89	0,88*	0,84	0,96	1,17*	1,93	2,17*	3,62	1,73*
Propène	Moyennes	µg/m ³	0,84	0,70*	0,48	0,41	0,34	0,35*	0,39	0,51	0,45*	0,61	0,76*	1,01*	0,57*
Σ Butène	Moyennes	µg/m ³	0,87	0,81**	0,63	0,54	0,41	0,49*	0,43	0,64	0,62*	0,89	0,80**	0,79*	0,64*
Σ Pentène	Moyennes	µg/m ³	0,43	0,49*	0,43*	0,37*	0,32	0,36*	0,29*	0,42	0,47*	0,65*	0,52*	0,52*	0,44*
Ethyne	Moyennes	µg/m ³	1,68	1,42*	1,07	0,77	0,47	0,46*	0,49	0,52	0,59*	0,92*	1,02*	1,75	0,93*
Isoprène	Moyennes	µg/m ³	0,18	0,19*	0,17	0,18	0,17	0,27*	0,24	0,34	0,25*	0,25	0,21*	0,21	0,22*
1,3-Butadiène	Moyennes	µg/m ³	0,16	0,13*	0,08	0,09	0,08	0,08*	0,10	0,11	0,10*	0,12	0,15*	0,19	0,11*

*) série incomplète, cf. Annexe A4, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

**) série incomplète, cf. Annexe A4, mais moins de 50 % des mesures sont disponibles

Facteurs de transformation (F): [ppb] * F = [µg/m³]

F_Ethane = 1,25	F_Propane = 1,83	F_n-Butane = 2,42	F_n-Pentane = 3,00	F_n-Hexane = 3,58
F_Isobutane = 2,42	F_Isopentane = 3,00	F_total Isohexane = 3,58	F_total Isoheptane = 4,17	
F_Ethène = 1,17	F_Propène = 1,75	F_total Butène = 2,33	F_total Pentène = 2,92	F_Ethyne = 1,08
F_Isoprène = 2,83	F_1,3-Butadiène = 2,25			