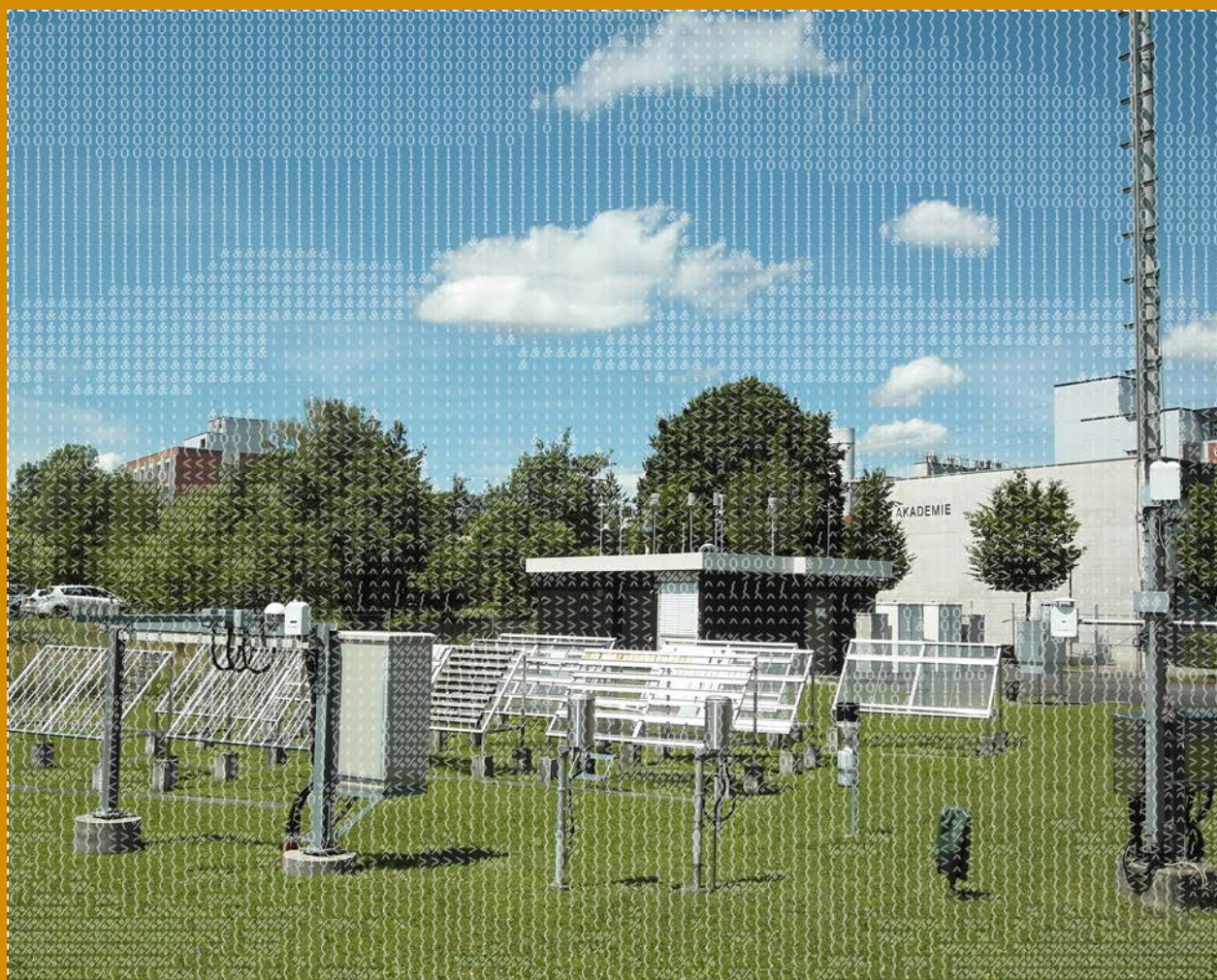


> NABEL

La pollution de l'air 2013

*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 2013

*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 produits chimiques

3003 Berne

Tél. 058 462 93 12

Fax 058 464 01 37

E-mail: luftreinhaltung@bafu.admin.ch

Référence bibliographique

OFEV 2014: NABEL – La pollution de l'air 2013. Résultats du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL). Etat de l'environnement n° 1415. Office fédéral de l'environnement, Berne. 128 p.

Photo de couverture

Stations de mesure Dübendorf

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uz-1415-f

(il n'existe pas de version imprimée)

Cette publication est également disponible en allemand.

© OFEV 2014

> Table des matières

Abstracts	5	5	Ozone	43
Avant-propos	7	5.1	Formation et propriétés	43
Résumé	8	5.2	Evolution des immissions	44
		5.3	Situation en 2013	48
		5.4	Variations saisonnières de l'ozone	49
		5.5	Evaluation	49
1	La pollution de l'air en Suisse (aperçu)	14		
1.1	Emissions de polluants	14		
1.2	Transport et transformation chimique des polluants (transmission)	14	6	Composés organiques volatils
1.3	Immissions en Suisse	16	6.1	Formation et propriétés
1.4	Effets de la pollution de l'air	17	6.2	Quantité totale de COV
			6.3	Composés aromatiques
			6.4	Hydrocarbures saturés et hydrocarbures insaturés
			6.5	Composés halogénés
			6.6	Evaluation
2	Le réseau national de mesure des polluants atmosphériques (NABEL)	19		
2.1	Création du réseau de mesure	19	7	Dioxyde de soufre
2.2	Objet du réseau de mesure	19	7.1	Formation et propriétés
2.3	Tâches du réseau de mesure	20	7.2	Evolution des immissions
2.4	Emplacement des stations de mesure	21	7.3	Situation en 2013
2.5	Programme et méthodes de mesure	22	7.4	Evaluation
2.6	Assurance de la qualité	22		
2.7	Autres publications NABEL	24	8	Monoxyde de carbone
			8.1	Formation et propriétés
			8.2	Evolution des immissions
			8.3	Situation en 2013
			8.4	Evaluation
3	Oxydes d'azote	25		
3.1	Formation et propriétés	25	9	Retombées de poussières
3.2	Evolution des immissions	25		
3.3	Situation en 2013	27		
3.4	Evaluation	31	10	Métaux lourds dans les poussières fines et les retombées de poussières
			10.1	Plomb
			10.2	Cadmium
			10.3	Zinc
			10.4	Thallium
			10.5	Evaluation
4	Poussières fines	32		
4.1	Formation et propriétés	32		
4.2	Evolution des immissions	32		
4.3	Situation en 2013	33		
4.4	Mesure des PM _{2,5} et PM ₁	35		
4.5	Mesure du nombre de particules	37		
4.6	Soufre dans les poussières fines	38		
4.7	Evaluation	39		
4.8	Benzo(a)pyrène dans les poussières fines	40		
4.9	Teneur en suie des poussières fines	41		

10.6	Autres métaux	69
11	Substances contenues dans les précipitations	70
11.1	Formation et propriétés	70
11.2	Evolution des immissions	71
11.3	Situation en 2013	73
11.4	Evaluation	75
12	Composés azotés (particules ou gaz)	76
12.1	Quantité totale de composés azotés	76
12.2	Phase gazeuse et phase particulaire des composés azotés	78
12.3	Ammoniac	78
13	Conditions météorologiques	80
13.1	Situation en 2013	80
13.2	Inversions	81
14	Chiffres du trafic	82
15	Perspectives	83
Annexe A		85
Annexe A1:	valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air	86
Annexe A2:	description des emplacements des stations	87
Annexe A3:	programme de mesure NABEL	88
Annexe A4:	méthodes de mesure	89
Annexe A5:	unités de mesure et grandeur statistique	90
Annexe A6:	homogénéisation des séries de mesures de la station de Berne	91
Annexe B		93
Annexe B1:	Résultats des mesures effectuées dans les 16 stations du réseau national d'observation des polluants atmosphériques NABEL en 2013	93

> 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 2013. The ambient air quality during 2013 can be characterised as follows: Exceedances of the ambient air quality standard were observed for ozone, respirable fine particulates (PM10) and nitrogen dioxide. 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 25 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 2013. Die Luftbelastung des Jahres 2013 kann wie folgt charakterisiert werden: Grenzwertüberschreitungen werden bei den Schadstoffen Ozon, lungengängiger Feinstaub (PM10) und Stickstoffdioxid beobachtet. Überall eingehalten werden die Grenzwerte für Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Staubbiederschlag und die Schwermetalle. Die Entwicklung der Luftbelastung in den letzten 25 Jahren zeigt eine deutliche Verbesserung.

Le présent rapport analyse l'état de l'air en Suisse, sur la base des mesures enregistrées par les stations du réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL). 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 2013. Pour 2013, la situation en matière d'immissions peut être caractérisée ainsi: les valeurs limites fixées pour l'ozone, les fines particules respirables (PM10) et le dioxyde d'azote 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 25 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 2013. La situazione relativa alle immissioni in Svizzera nel 2013 può essere descritta nel modo seguente: sono stati rilevati superamenti dei valori limite per ozono, polveri fini respirabili (PM10) e le sostanze biossido di azoto. 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 25 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, inquinati 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 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. Elles viennent confirmer le succès de la politique en matière 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 fixées pour la protection de la santé et de l'environnement sont aujourd'hui respectées. Toutefois, l'objectif en matière de qualité de l'air fixé dans la loi n'est pas encore atteint, comme en témoignent les concentrations trop fortes d'ozone, de poussières fines, de dioxyde d'azote et de polluants atmosphériques cancérigènes, qui représentent un risque pour la santé, ou encore les apports d'azote trop élevés dans des écosystèmes sensibles. 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 en particulier continuer de limiter 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, les benzo(a)pyrènes dus à la combustion du bois ou le 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.

Des valeurs supplémentaires telles que les PM_{2,5}, le nombre de particules, les concentrations de suie et d'autres substances sont relevées à plusieurs stations NABEL afin d'évaluer l'efficacité des mesures de réduction des émissions.

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 Produits chimiques
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

> Résumé

Pollution de l'air durant l'année 2013

La pollution de l'air en 2013 présente une situation analogue aux années précédentes. Les charges polluantes en poussières fines (PM10), dioxyde d'azote et en dioxyde de soufre ont continué à diminuer sur la plupart des sites depuis 2000, alors que les concentrations d'ozone sont du même ordre qu'au cours des années 2000 à 2012. Malgré les améliorations obtenues au cours des 20 dernières années, les valeurs limites d'immission pour l'ozone, les PM10 et le dioxyde d'azote sont encore dépassées. Ceci s'explique par le fait que les émissions polluantes restent excessives en Suisse et dans les pays voisins.

Aperçu

Durant l'hiver 2013, il n'y a pas eu de longue phase d'inversion thermique limitant la dispersion des polluants. En conséquence, les charges polluantes en PM10 et en dioxyde d'azote ont été plus faibles que durant les années ayant connu des périodes prolongées d'inversions. L'été a été caractérisé par de nombreux passages de fronts orageux sur l'ensemble de la Suisse et les concentrations d'ozone furent ainsi moins marquées que les années avec des épisodes ensoleillés sur une longue durée. La période de beau temps du mois de juillet et d'août a engendré des températures très élevées, mais pas de forte concentration d'ozone.

Météorologie

Comme les années précédentes, la valeur limite d'immission de 120 microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour la moyenne horaire a été dépassée dans toutes les stations. Les dépassements les plus fréquents (491 à 698 heures) ont été mesurés au Tessin et à moyenne altitude (environ 1000 mètres) sur le versant nord des Alpes. Ces heures de dépassement se sont réparties sur 49 à 86 jours. Dans les autres régions du nord des Alpes, des valeurs d'ozone excessives ont été relevées durant 39 à 504 heures, réparties sur 15 à 54 jours. Une des stations NABEL au Tessin a enregistré une valeur maximale de $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors qu'au Nord des Alpes, elle atteignait au maximum $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'évaluation des charges en ozone se fait sur la base des valeurs 98 % mensuelles les plus élevées des moyennes semi-horaires concernant l'ozone. La valeur limite d'émission correspondante, fixée à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, est largement dépassée dans l'ensemble de la Suisse.

Ozone

Dans les villes et les zones suburbaines, les moyennes annuelles mesurées en 2013 variaient entre 17 et $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et ont atteint jusqu'à $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites exposés au trafic (valeur limite d'immission: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En zone rurale, le long des autoroutes, des valeurs de 20 à $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été enregistrées. A l'écart des routes, au nord des Alpes, les valeurs relevées en zone rurale ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se situaient en dessous de la valeur limite. Dans les stations situées au-dessus de 1000 m, les valeurs observées (7 à $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se trouvent, elles, nettement en dessous de la valeur limite. La valeur limite journalière moyenne de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassée dans les villes et les agglomérations durant 5 à 11 jours, atteignant des valeurs maximales entre 65 et $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En zone

Poussières fines

rurale, au nord des Alpes, la valeur de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a encore été dépassée durant 7 à 9 jours (maximum: $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dans les stations de Chaumont et de Rigi-Seebodenalp (à plus de 1000 m d'altitude), aucune moyenne journalière supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été enregistrée.

Comme les années précédentes, les valeurs limites d'immission en moyenne annuelle pour le dioxyde d'azote ont été légèrement dépassées dans les grandes villes et plus largement le long des principaux axes de circulation. Dans les zones suburbaines, la charge se situait en dessous de la valeur limite. En zone rurale, à l'écart des routes, les valeurs de dioxyde d'azote sont restées nettement en dessous de la valeur limite. En 2013, la plupart des dépassements de la valeur limite journalière ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) du dioxyde d'azote ont été mesurés en ville, sur un site encaissé, et le long des autoroutes. De tels dépassements ont été enregistrés durant 13 jours au maximum.

Dioxyde d'azote

En 2013, les valeurs limites déterminées 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.

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

Ozone

Pour la première moitié des années 1990, les moyennes de PM10 ont pu être estimées grâce à des mesures comparatives étendues des PM10 et des TSP durant l'année 1997/1998. La pollution de l'air par les poussières fines (PM10) 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 PM10 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 PM10 trop élevées à proximité du sol.

Poussières fines

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 plus fortement 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

Dioxyde d'azote

émissions de NO_x et un potentiel d'oxydation de l'atmosphère qui reste constant, on pouvait toutefois s'attendre à une telle évolution.

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. Les concentrations de monoxyde de carbone, de composés organiques volatils, de métaux lourds dans les poussières fines ainsi que de benzène cancérigène sont pour la plupart également en diminution. Les mesures récentes des teneurs en suie et en benzo(a)pyrène affichent une tendance à la baisse des concentrations.

Autres polluants

Ces dernières années, l'acidité des pluies a diminué et 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 et les apports d'azote restent supérieurs aux charges critiques pour les écosystèmes sensibles (cf. chapitre 11).

L'état de l'air suisse en 2013 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 2013.

Evaluation

Bien que des progrès notables aient été réalisés ces dernières années en matière de qualité de l'air, l'objectif fixé dans la loi n'est pas encore atteint, comme en témoignent les concentrations trop fortes d'ozone, de poussières fines, de dioxyde d'azote et de polluants atmosphériques cancérigènes qui représentent un risque pour la santé, ou encore les apports d'azote trop élevés dans des écosystèmes sensibles.

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

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 permettant de diminuer les émissions de polluants se justifie. Pour chaque décision en matière de transports, d'énergie, d'aménagement du territoire, d'agriculture ou de finances, il est primordial de tenir compte des effets sur la qualité de l'air. Il est possible d'y parvenir, pour autant que le principe de causalité soit appliqué systématiquement, 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 les 31 pays signataires du Protocole en Europe et en Amérique du Nord.

D'autres mesures sont nécessaires

Figure 1 > Evolution de 1986 à 2013 des polluants suivants: dioxyde d'azote, oxydes d'azote, ozone, composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), dioxyde de soufre et monoxyde de carbone en différents emplacements

Les valeurs de la station de Berne ont été homogénéisées (voir annexe A6).

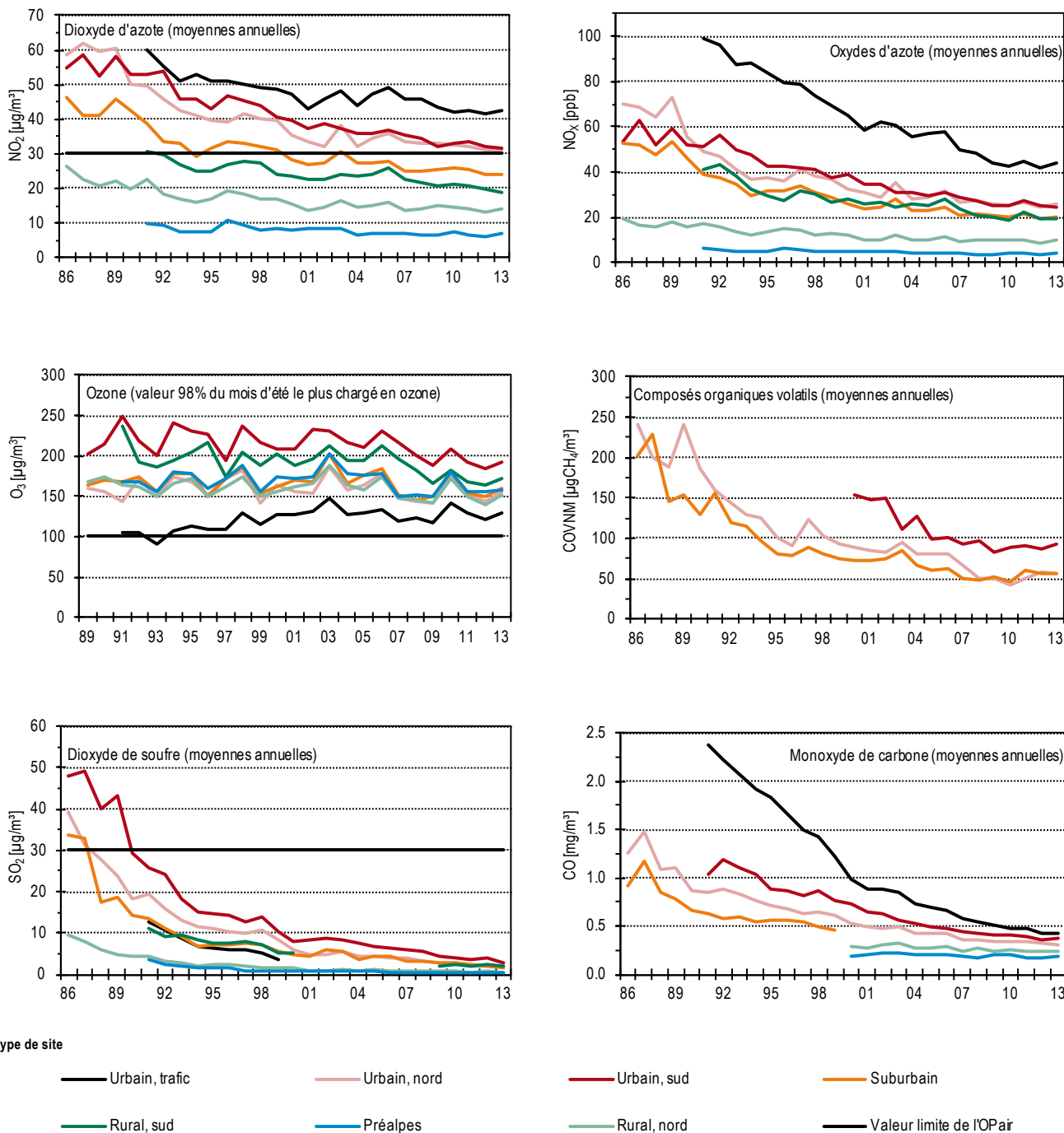


Figure 2 > Evolution de 1986 à 2013 des polluants suivants (moyennes annuelles): poussières fines (PM10; valeurs avant 1997 converties à partir de mesures TSP), retombées de poussières, plomb et cadmium (dans les poussières fines et les retombées de poussières) en différents emplacements

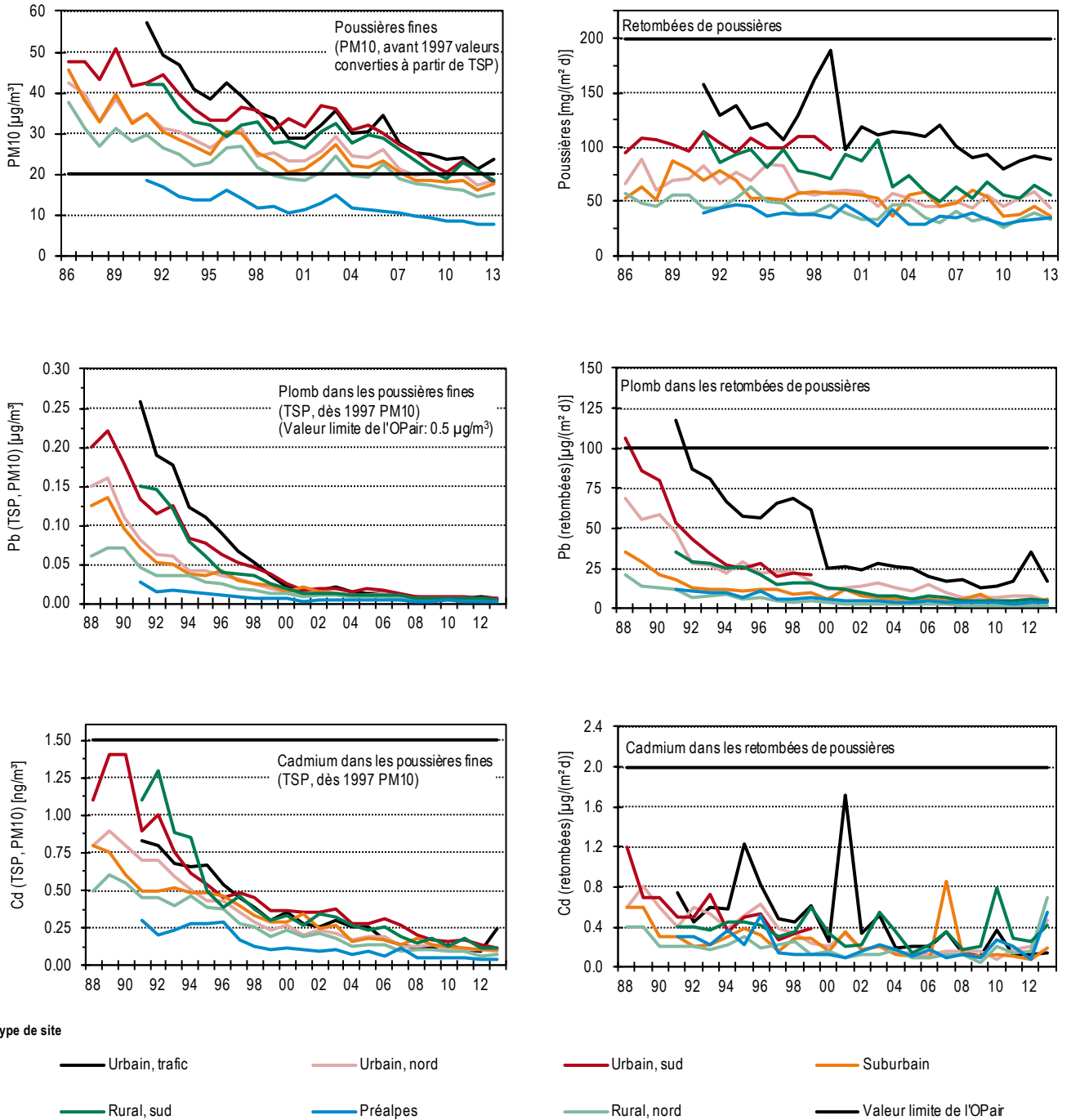
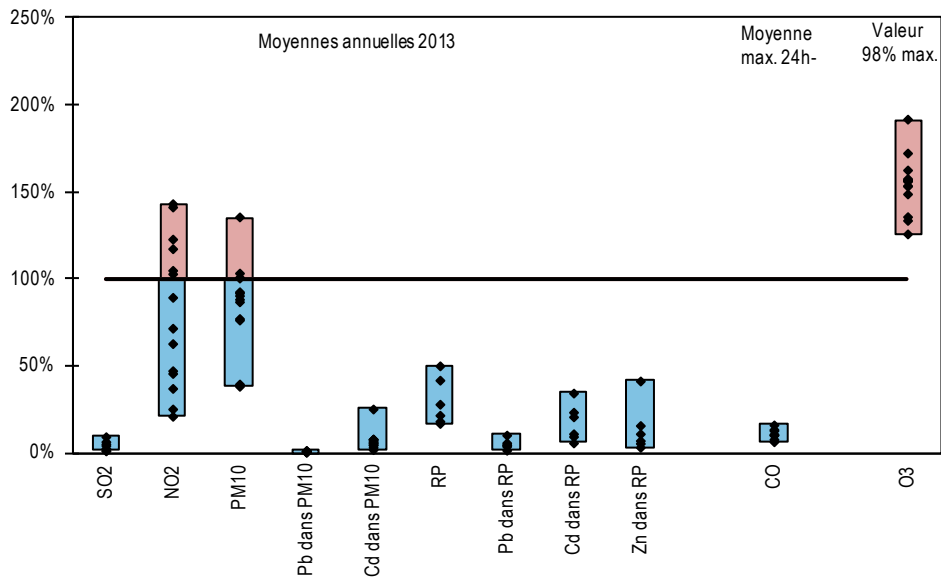


Figure 3 > Aperçu des concentrations de polluants en 2013 par rapport aux valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air

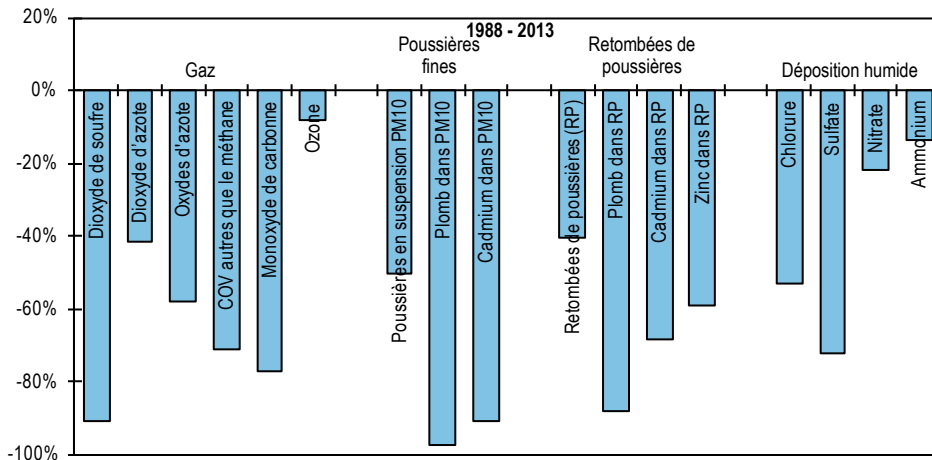
Le graphique présente les valeurs mesurées à toutes les stations NABEL sauf aux stations alpines de Davos et de la Jungfraujoch.



RP = Retombées de poussières

Figure 4 > Diminution de la pollution de l'air en Suisse entre 1988 et 2013

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

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 (SO₂), de monoxyde de carbone (CO) et 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 SO₂ et de CO en Suisse représentent moins de 3 % du total. Pour les COV non méthaniques (COVNM), les émissions naturelles représentent près de la moitié des émissions totales. 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.

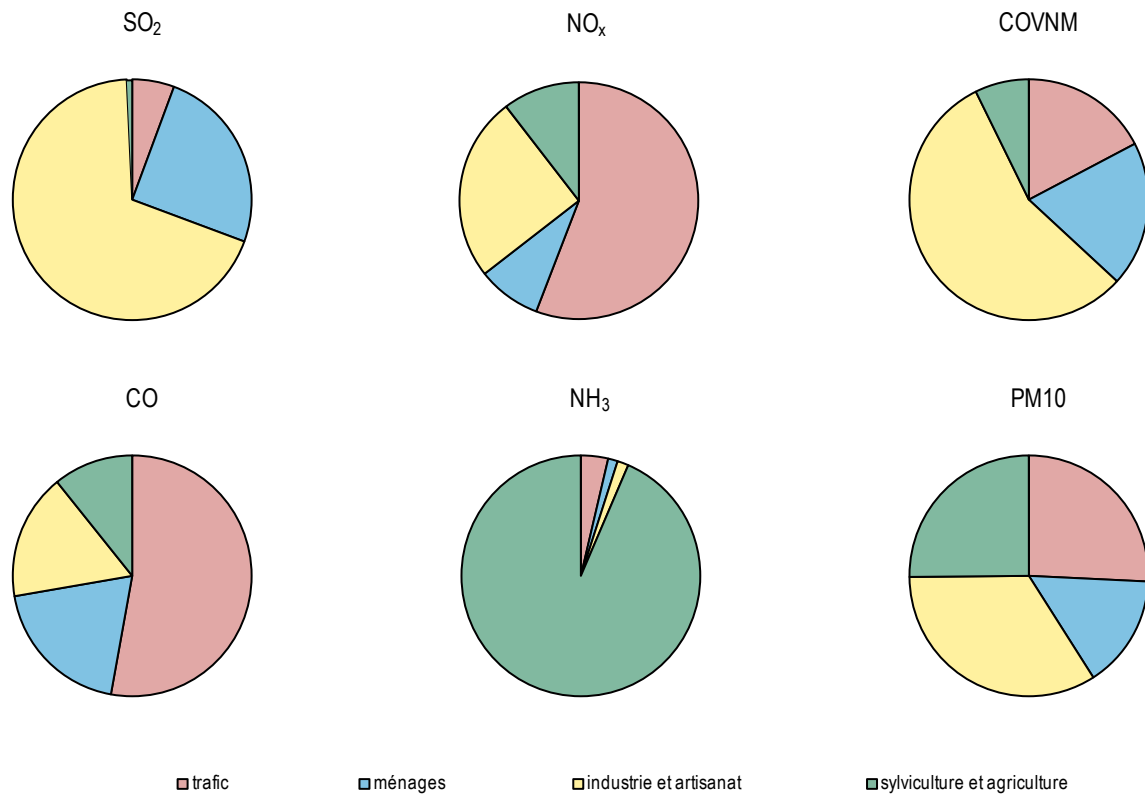
Contribution des différents groupes

1.2 Transport et transformation chimique des polluants (transmission)

Les polluants dégagés par les sources d'émission, comme le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM), le monoxyde de carbone (CO), l'ammoniac (NH₃) 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 volatils 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 Immissions en Suisse

Au centre des villes, les valeurs limites fixées pour le dioxyde d'azote sont encore dépassées. Dans les zones suburbaines, les taux de NO₂ mesurés à l'écart des principaux axes routiers se situent en dessous de 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 des 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. 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. Quant à l'évaluation des charges en ozone, elle se fait sur la base de la valeur 98 % 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 2013, les valeurs limites fixées pour le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone et les métaux lourds dans les poussières fines 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

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 tant aigus que chroniques, même aux concentrations habituellement enregistrées en Suisse. 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

Des études menées dans le cadre de SCARPOL et de SAPALDIA ont montré 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 d'une 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 dû aux polluants atmosphériques.

Polluants cancérigènes

Une étude de l'Office fédéral du développement territorial (Effets externes des transports 2010, Ecoplan / Infrac, 2014) a permis de quantifier les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine en Suisse et d'en évaluer les coûts macroéconomiques à quelque quatre milliards de francs.

Coûts externes de la pollution atmosphérique

La charge estivale en ozone 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 (NO_2 et SO_2) 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.

Dommage aux bâtiments et aux matériaux

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 et l'entretien des stations de mesure ainsi que le contrôle des données sont assurés par le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa) à Dübendorf. 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

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 au 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, transmission de données à des organisations internationales et collaboration bilatérale avec les pays voisins.
- > 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 au plan international

Tableau 1 > 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

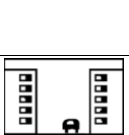
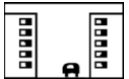





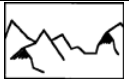
Organisations:	CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
	CLRTAP	Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
	OMM	Organisation météorologique mondiale
	UE	Union européenne
	AEE	Agence européenne pour l'environnement
Programmes:	EMEP	European Monitoring and Evaluation Program
	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 2 > 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	Jungfrauoch

Les 16 stations du réseau NABEL sont réparties sur l'ensemble du territoire suisse et représentent différents degrés de pollution (tableau 2), 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 A2. Pour plus d'informations sur les stations, consulter le site internet suivant: 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 le réseau 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). Les chiffres du trafic sont analysés au chapitre 14.

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 A3 et A4).

Méthodes de mesure

2.6 Assurance de la qualité

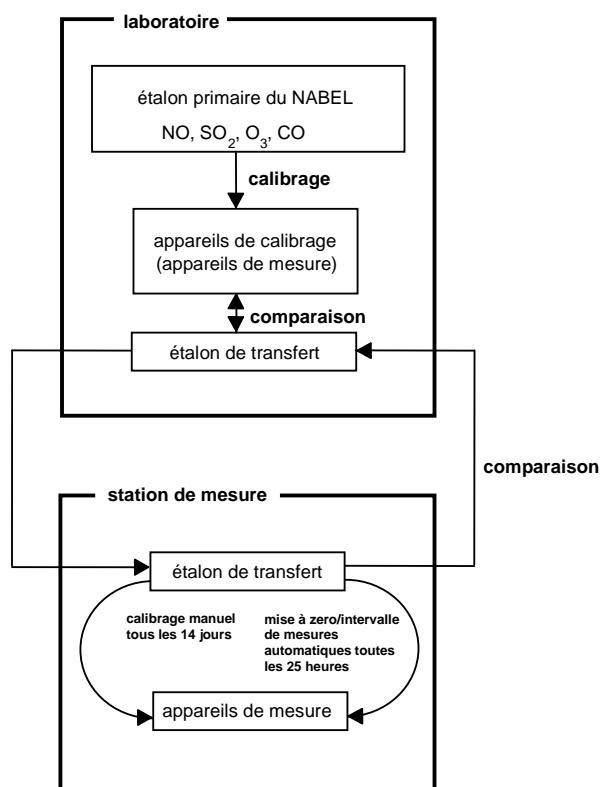
L'assurance de la qualité des données revêt une grande importance pour le réseau NABEL. Les mesures générales suivantes sont prises pour garantir la qualité:

- > 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 et ne sont déplacés que très rarement (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 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 3 pour quelques-uns des polluants atmosphériques mesurés par le réseau NABEL.

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



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), 2013 (www.empa.ch/nabel).

Tableau 3 > Incertitudes des procédés de mesure utilisés par le réseau NABEL aux environs des valeurs limites (cf. Rapport technique, 2013, 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, RTS1 et RSII).

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 sous Pollution atmosphérique/Données historiques/Rapports annuels et mensuels NABEL).

Rapport mensuel

Enfin, un rapport de l'Empa (Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe – NABEL) fournit des informations détaillées sur tous les aspects techniques du réseau NABEL (www.empa.ch/nabel).

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 . Le composé N_2O , également connu sous le nom de gaz hilarant, est un gaz persistant présent à l'état de trace qui influence le climat. Ce gaz, ainsi que d'autres gaz à effet de serre, sont mesurés dans la station de la Jungfrauoch (www.empa.ch/klimagase, en allemand). 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. En outre, les oxydes d'azote jouent également un rôle dans la formation du nitrate, qui représente une part importante de la charge en poussières fines.

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.

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 depuis longtemps par les stations NABEL.

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 1980 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

Stabilité pendant les années 1980, puis régression; le NO_x diminue plus que le NO_2

émissions de NO_x et le potentiel d'oxydation de l'atmosphère constant, cette évolution était toutefois prévisible.

Figure 7 > Dioxyde d'azote (NO₂), moyennes annuelles de 1981 à 2013

Les valeurs de la station de Berne ont été homogénéisées (voir annexe 6).

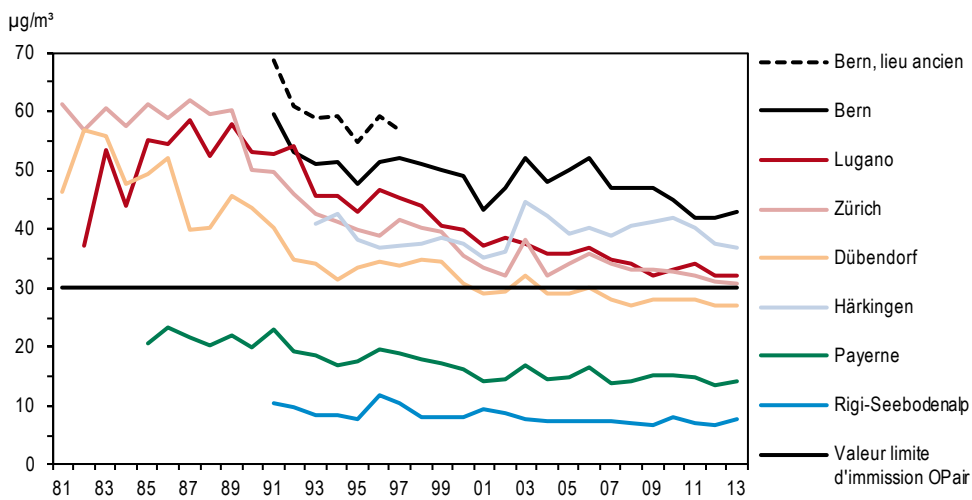


Figure 8 > Monoxyde d'azote (NO), moyennes annuelles de 1981 à 2013

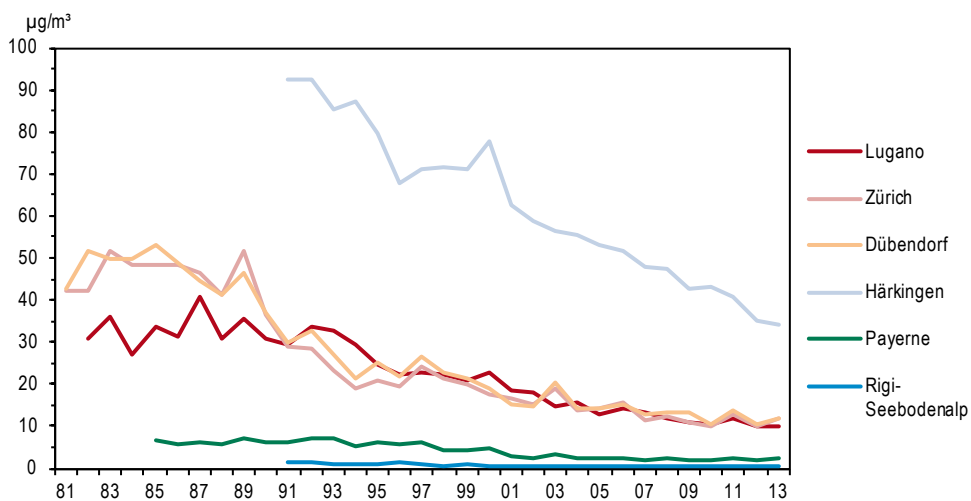
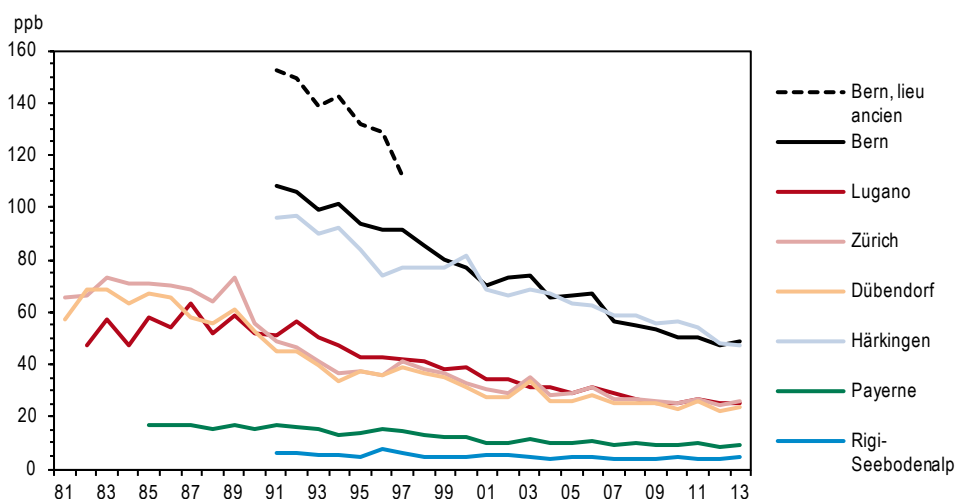


Figure 9 > Oxydes d'azote (NO_x), moyennes annuelles de 1981 à 2013

Les valeurs de la station de Berne ont été homogénéisées (voir annexe 6).



Si l'on compare les valeurs mesurées en 2013 à celles du milieu des années 1980, on constate une diminution de 35 à 52 % des charges de NO₂ et de 44 à 64 % 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 -51 %).

Diminution de 35 à 50 % du NO₂
depuis le milieu des années 1980

3.3 Situation en 2013

Les principaux résultats des mesures NABEL pour l'année 2013 sont résumés dans les tableaux 4 à 6. 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 nettement 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 généralement 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 2013, 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 contre, dans les autres stations, les moyennes mensuelles sont à peu près deux fois plus élevées en hiver qu'en été.

Variations saisonnières: en principe, taux plus faibles en été

Tableau 4 > Dioxyde d'azote (NO₂), statistique annuelle 2013

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m ³	Valeur 95 % µg/m ³	Moyenne journalière max. µg/m ³	Nombre de dépassements de la moyenne journalière
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	43	86	96	2
	Lausanne-César-Roux	42	80	87	1
Urbain	Lugano-Università	32	71	77	0
	Zürich-Kaserne	31	69	93	4
Suburbain	Basel-Binningen	22	55	64	0
	Dübendorf-Empa	27	64	83	2
Rural, autoroute	Härkingen-A1	37	82	85	3
	Sion-Aéroport-A9	35	83	101	13
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	19	53	63	0
	Payerne	14	39	49	0
	Tänikon	14	38	45	0
	Lägeren	11	31	58	0
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	6	18	27	0
	Rigi-Seebodenalp	8	23	39	0
	Davos-Seehornwald	4	12	23	0
Haute montagne	Jungfrauoch	<1	<1	3	0
Valeur limite d'immission OPair		30	100	80	1

Figure 10 > Dioxyde d'azote (NO₂), moyennes mensuelles, 2013

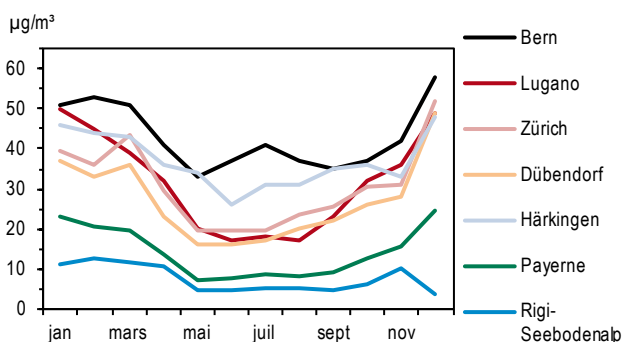


Figure 11 > Dioxyde d'azote (NO₂), fluctuations hebdomadaires, 2013

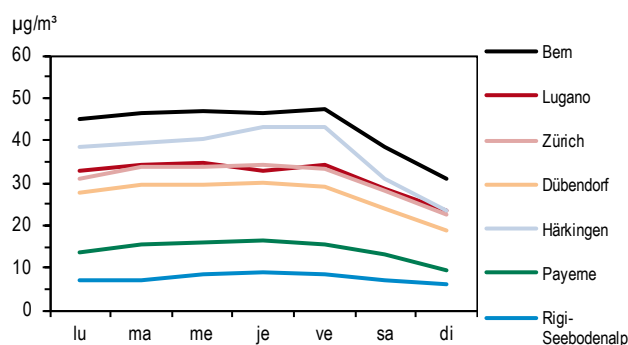


Tableau 5 > Monoxyde d'azote (NO), statistique annuelle 2013

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m ³	Valeur 95 % µg/m ³	Moyenne journalière max. µg/m ³
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	33	119	160
	Lausanne-César-Roux	21	65	99
Urbain	Lugano-Università	10	49	78
	Zürich-Kaserne	12	59	201
Suburbain	Basel-Binningen	6	31	69
	Dübendorf-Empa	12	65	208
Rural, autoroute	Härkingen-A1	34	141	163
	Sion-Aéroport-A9	24	101	167
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	12	66	156
	Payeme	2	12	53
	Tänikon	3	17	57
	Lägeren	1	4	27
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	<1	2	3
	Rigi-Seebodenalp	<1	2	6
	Davos-Seehornwald	<1	1	6
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 6 > Oxydes d'azote (NO_x), statistique annuelle 2013

Type de site	Station	Moyenne annuelle ppb	Valeur 95 % ppb	Moyenne journalière max. ppb
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	49	135	169
	Lausanne-César-Roux	39	90	118
Urbain	Lugano-Università	25	72	99
	Zürich-Kaserne	26	79	207
Suburbain	Basel-Binningen	16	51	82
	Dübendorf-Empa	24	81	210
Rural, autoroute	Härkingen-A1	47	152	165
	Sion-Aéroport-A9	37	121	187
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	19	77	158
	Payerne	9	29	62
	Tänikon	10	32	69
	Lägeren	7	19	52
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	4	10	16
	Rigi-Seebodenalp	4	13	23
	Davos-Seehornwald	3	8	19
Haute montagne	Jungfrauoch	<1	1	2

Figure 12 > Oxydes d'azote (NO_x), moyennes mensuelles par type de station, 2013

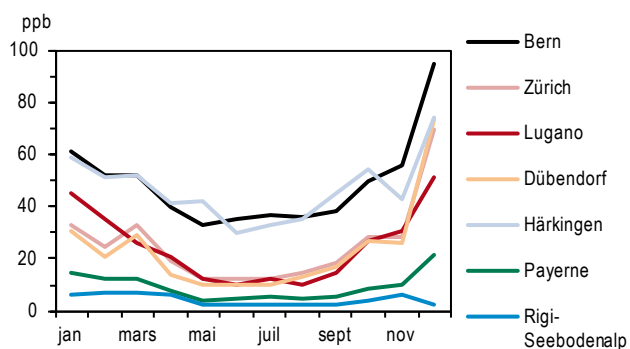
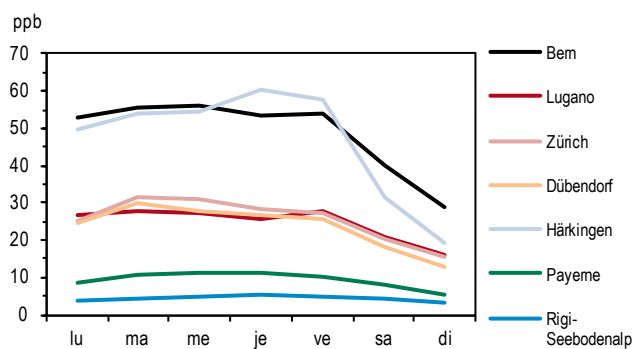


Figure 13 > Oxydes d'azote (NO_x), fluctuations hebdomadaires, 2013



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, notamment dans les stations proches du trafic. Dans les zones suburbaines (à l'écart des routes très fréquentées), la situation se présente mieux: là, les taux de NO₂ sont en dessous de la valeur limite. Dans les zones rurales éloignées des grands axes routiers, les moyennes annuelles sont nettement inférieures à la concentration limite. Par contre, le long des routes très fréquentées, 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 le fait que les charges sont trop élevées en permanence. Il se traduit par des moyennes annuelles pouvant encore dépasser 1,4 fois la valeur limite. En revanche, les concentrations extrêmes de dioxyde d'azote sont rares. 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 particules respirables très fines, 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. Les particules dites ultrafines (< 0,1 μm) sont les plus nombreuses. Le rapport de la Commission fédérale de l'hygiène de l'air «Poussières fines en Suisse 2013» donne davantage d'informations à ce sujet (Berne, 2013).

TSP, PM10, PM2,5

4.2 Evolution des immissions

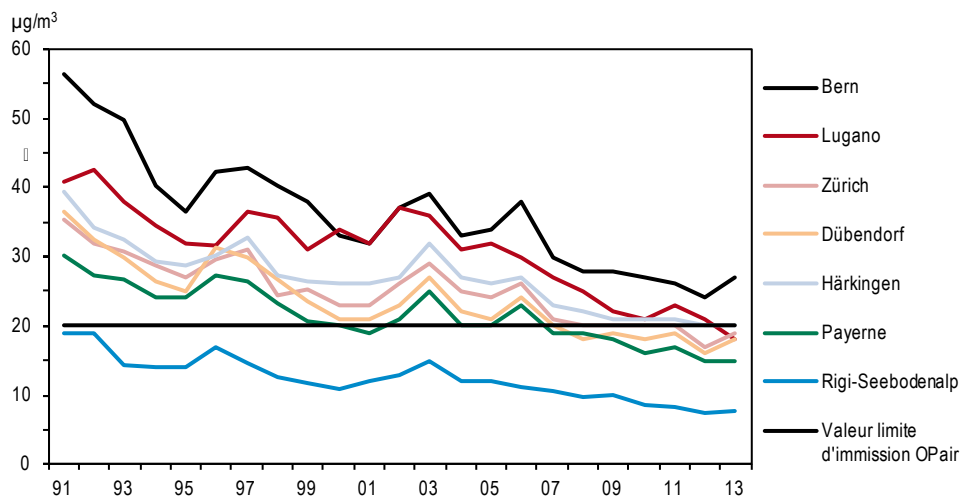
La figure 14 présente les moyennes annuelles de PM10. Avant 1997, il s'agit de valeurs calculées à partir des TSP et, à partir de 1997, de valeurs mesurées. La charge en PM10 a diminué depuis 1991. Ce recul est à imputer, d'une part, à la diminution des particules secondaires (le sulfate en particulier)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

Figure 14 > Poussières fines (PM10), moyennes annuelles 1991–2013

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



4.3

Situation en 2013

Les moyennes annuelles de PM10 mesurées dans les villes et le long des autoroutes ont parfois dépassé la valeur limite de 20 µg/m³. Aux stations rurales, les valeurs mesurées étaient nettement en dessous de la valeur limite (tableau 7).

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: d'une part, le fait qu'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 (SO₄²⁻) provenant du dioxyde de soufre, le nitrate (NO₃⁻) provenant des oxydes d'azote, l'ammonium (NH₄⁺) provenant de l'ammoniac et le carbone organique (OC) provenant des composés organiques volatils), et d'autre part, le transport à grande distance des poussières fines. Une nouvelle étude menée par l'Empa décrit de manière détaillée la composition et la provenance des PM10 (www.ofev.admin.ch; Air; Thème Poussières fines).

Moyennes annuelles trop élevées à proximité du trafic

PM10 secondaires, transports à grande distance

Tableau 7 > Poussières fines (PM10), statistique annuelle 2013

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m³	Moyenne journalière max. µg/m³	Nombre de dépassements de la valeur limite journalière
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	27	102	30
	Lausanne-César-Roux	20	91	17
Urbain	Lugano-Università	18	67	9
	Zürich-Kaserne	19	69	11
Suburbain	Basel-Binningen	17	66	5
	Dübendorf-Empa	18	65	10
Rural, autoroute	Härkingen-A1	20	72	14
	Sion-Aéroport-A9	21	61	10
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	18	63	8
	Payerne	15	72	9
	Tänikon	15	68	7
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	8	49	0
	Rigi-Seebodenalp	8	44	0
	Davos-Seehornwald	5	32	0
Haute montagne	Jungfrauoch	2	36	0
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>		20	50	1

La valeur limite pour la moyenne journalière de 50 µg/m³ a également été dépassée, et même très fréquemment par endroits. Dans les stations situées au-dessus de 1000 m d'altitude, cette limite journalière n'a pas 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, 2013

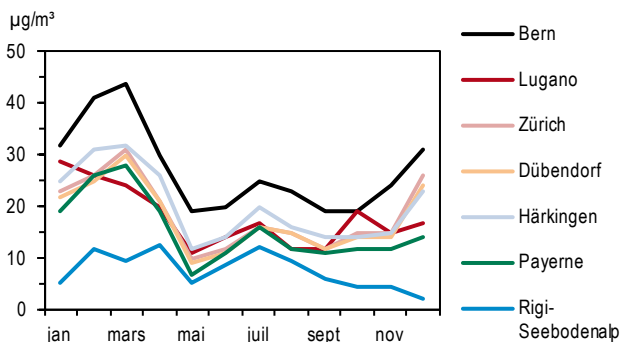
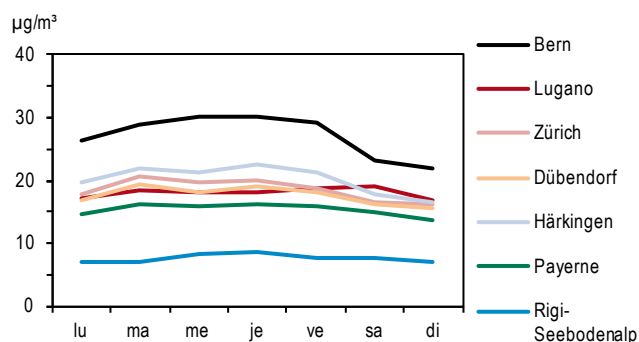


Figure 16 > Fluctuations hebdomadaires moy. des PM10 en 2013



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 PM_{2,5} et PM₁

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

Mesure des PM_{2,5} et PM₁

Les charges en PM_{2,5} (tableau 8) présentent de faibles différences dans les sites de basse altitude du versant nord des Alpes (13 à 19 µg/m³). La station de Berne, qui se trouve dans un goulet routier, présente la charge en PM_{2,5} la plus élevée. On en déduit que la charge de particules secondaires répartie de manière homogène dans l'espace joue un rôle plus déterminant pour les PM_{2,5} que pour les PM₁₀. Dans les stations de basse altitude du nord des Alpes, la charge en PM₁ (tableau 8) ne présente que de faibles variations (9 à 11 µg/m³). Dans la station de Härkingen, près de laquelle le trafic est très important, on a mesuré plus de PM₁ qu'à Payerne, un site rural qui n'est pas directement exposé au trafic routier.

Distribution des PM_{2,5} et PM₁ plutôt homogène

La figure 17 affiche toutes les moyennes annuelles de PM_{2,5} enregistrées aux stations NABEL. Depuis 1998, les charges en PM_{2,5} ont diminué de 20–40 % et se situent aujourd'hui dans les zones habitées entre 13 et 15 µg/m³.

Net recul des PM_{2,5} depuis 1998

Les stations à moins de 1000 m d'altitude enregistrent des variations saisonnières plus prononcées pour la charge en PM_{2,5} que pour celle en PM₁₀ (figure 18). En été, elles recensent les valeurs les plus faibles, ce qui s'explique essentiellement par l'instabilité thermique du nitrate d'ammonium lors de températures plus élevées et par l'homogénéité accrue de l'atmosphère en été.

Variations saisonnières: valeurs élevées en hiver

Tableau 8 > Poussières fines: PM₁₀, PM_{2,5} et PM₁. Mesures parallèles 2013

Type de site	Station	Moyenne annuelle *		Moyenne des rapports journaliers	
		PM _{2,5} µg/m ³	PM ₁ µg/m ³	PM _{2,5} /PM ₁₀ %	PM ₁ /PM ₁₀ %
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	18,5		66	
Urbain	Lugano-Università	14,7		76	
	Zürich-Kaserne	14,6		77	
Suburbain	Basel-Binningen	13,6		74	
	Dübendorf-Empa	13,4		74	
Rural, autoroute	Härkingen-A1	14,5	11,2	70	55
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	12,9	9,4	75	60
	Magadino-Cadenazzo	14,4		72	
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	6,5		79	

* Mesure seulement tous les quatre jours

Le rapport entre les moyennes journalières des PM_{2,5} et des PM₁₀ enregistrées à cinq stations de basse altitude sans influence directe du trafic est similaire (tableau 8). Il se situe entre 70 % et 77 %. La station de Berne, fortement exposée au trafic, affiche avec 66 % un rapport légèrement inférieur. La figure 19 montre l'évolution du rapport entre la moyenne annuelle des PM_{2,5} et celle des PM₁₀. Ce rapport se situe pour la plupart des sites et des années dans une fourchette étroite, à environ 0,75. Seule la station de Berne-Bollwerk, goulet routier exposé au trafic, a révélé des rapports plus faibles.

Rapport PM_{2,5}/PM₁₀

Le rapport entre les PM₁ et les PM₁₀ est similaire pour les stations de Härkingen et de Payerne (respectivement 55 % et 60 %).

Rapport PM₁/PM₁₀

Figure 17 > Poussières fines (PM_{2,5}), moyennes annuelles 1991–2013

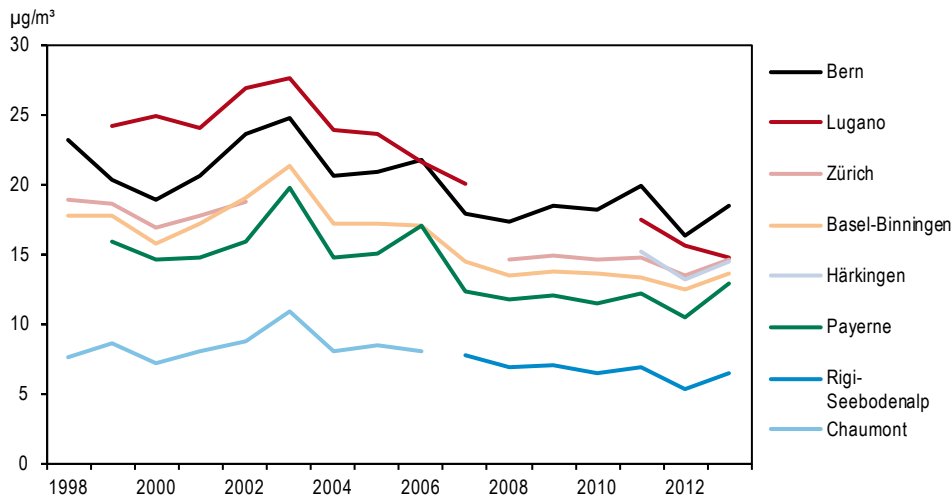


Figure 18 > Poussières fines (PM_{2,5}), moyennes mensuelles, 2013

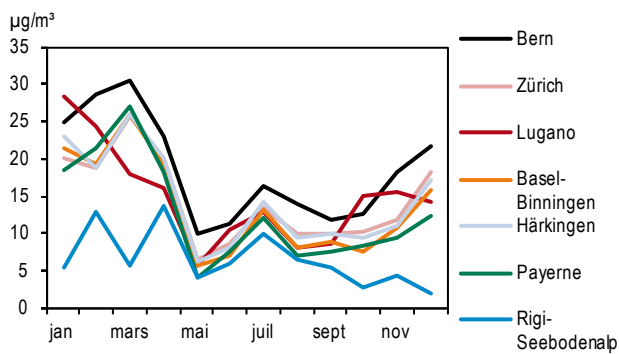
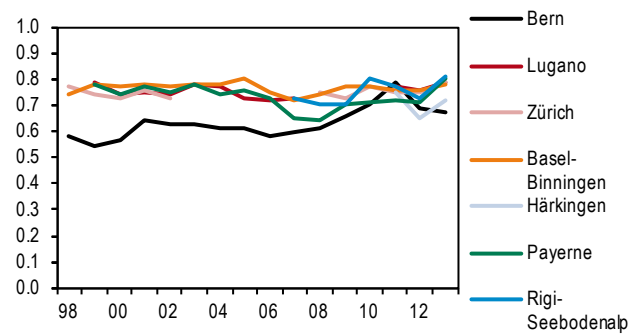


Figure 19 > Verhältnis der Jahresmittel PM_{2,5}/PM₁₀ 1998–2013



4.5 Mesure du nombre de particules

Depuis 2005, on mesure le nombre de particules par unité de volume sur plusieurs sites du réseau NABEL. 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 4 nm et 3 µm. La plupart des particules présentes dans l'air ambiant mesurent moins de 200 nm, et même moins de 100 nm (particules ultrafines) 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.

Les concentrations mesurées varient fortement en fonction du type de station (tableau 9). Ainsi, on compte à Rigi-Seebodenalp environ 3 000 particules par centimètre cube en moyenne annuelle et sept 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.

Les moyennes horaires maximales enregistrent aussi de nettes variations en fonction du type de station. A proximité immédiate de l'autoroute, on mesure une moyenne journalière maximale de près de 90 000 particules par centimètre cube; des valeurs similaires sont obtenues dans un goulet routier situé en zone urbaine.

Dans les stations fortement influencées par les émissions du trafic routier, le nombre de particules diminue sensiblement durant les fins de semaine (figure 20). A Härkingen, à proximité immédiate de l'autoroute, le nombre de particules diminue de manière conséquente le dimanche par rapport aux jours ouvrables. Cette variation indique que les poids lourds sont d'importants émetteurs de très fines particules.

Le nombre de particules révèle de fortes variations journalières dans les zones urbaines et dans celles situées à proximité des routes où les valeurs les plus élevées sont mesurées pendant les périodes de fort trafic.

Mesures du nombre de particules, particules ultrafines

Variations spatiales

Valeurs maximales

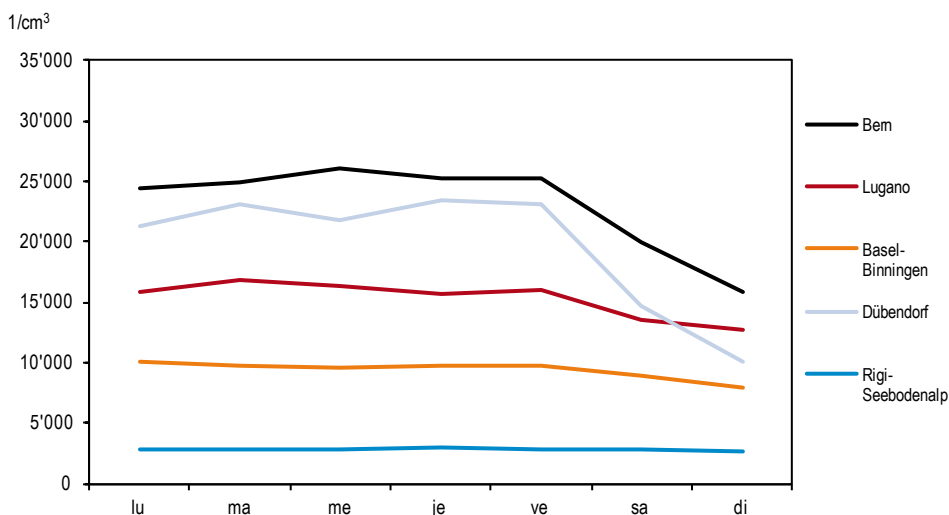
Variations hebdomadaires

Variations journalières

Tableau 9 > Nombre de particules, statistique annuelle 2013

Type de site	Station	Moyenne annuelle Nombre part. 1/cm ³	Moyenne journalière max. 1/cm ³	Moyenne horaire max. 1/cm ³
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	23 120	70 903	53 914
Urbain	Lugano-Università	15 303	41 400	39 690
Suburbain	Basel-Binningen	9 435	20 385	20 422
Rural, autoroute	Härkingen-A1	19 699	92 473	60 727
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	2 843	8 435	6 283

Figure 20 > Concentration en nombre de particules, fluctuations hebdomadaires moyennes, 2013



4.6 Soufre dans les poussières fines

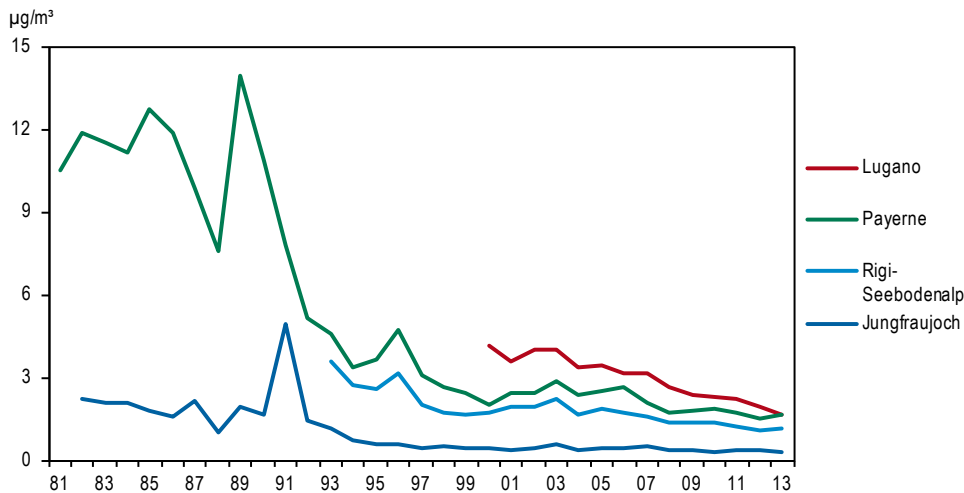
Quatre stations mesurent quotidiennement la teneur en sulfate (SO₄²⁻) dans les poussières fines. Jusqu'en 2010, la mesure du sulfate contenu dans les particules très fines était effectuée en passant un volume-test donné à travers un filtre cellulosique pendant 24 heures. Le sulfate est présent surtout dans les particules de moins de 10 µm. Depuis le 1^{er} août 2010, le sulfate 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. Une nouvelle étude menée par l'Empa décrit de manière détaillée la composition et la provenance des PM10 (www.ofev.admin.ch; Air; Thème Poussières fines).

Teneur en sulfate sur des filtres PM10

Tableau 10 > Soufre et sulfate dans les PM10, statistique annuelle 2013

Type de site	Station	Soufre dans les PM10		Sulfate dans les PM10	
		Moyennes annuelles µg/m³	Moyennes journalières max. µg/m³	Moyennes annuelles µg/m³	Part du soufre dans PM10 %
Centre-ville, dans un parc	Lugano-Università	0,54	2,1	1,61	8,9
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	0,54	3,3	1,61	10,4
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	0,38	2,7	1,14	14,8
Haute montagne	Jungfraujoch	0,09	0,5	0,26	12,0

Figure 21 > Sulfate dans les PM10, valeurs moyennes annuelles 1981–2013



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 21) 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 teneurs élevées en sulfate mesurées sur la Jungfrauoch en 1991 étaient probablement dues à l'éruption du volcan Pinatubo. L'éruption du volcan Eyjafjallajökull en 2010 a également entraîné des valeurs élevées de dioxyde de soufre sur une courte période.

Distribution spatiale homogène

Les valeurs de mesure de l'année 2013 sont indiquées dans le tableau 10, 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 9 à 15 % de PM10 sous forme de sulfate. Bien que cette valeur soit considérablement plus faible qu'au milieu des années 1980, où la proportion de sulfate dans les TSP était de 30 à 35 % à Payerne et à la Jungfrauoch, elle n'est cependant absolument pas 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 soufre dans les PM10

4.7 Evaluation

En 2013, les valeurs limites pour les poussières fines respirables (PM10) ont été dépassées dans certaines villes et 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 le renforce-

Valeurs limites des PM10 nettement dépassées dans les villes

ment des directives sur les gaz d'échappement des véhicules à moteur (en accord avec l'UE) ou des prescriptions plus sévères pour les émissions des installations stationnaires, la charge en poussières fines pourra être réduite.

Comme diverses sources et divers polluants (émissions primaires de polluants et précurseurs de particules secondaires) contribuent à la charge en PM10, celle-ci ne pourra être réduite que grâce à 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 au plan local qu'au plan international

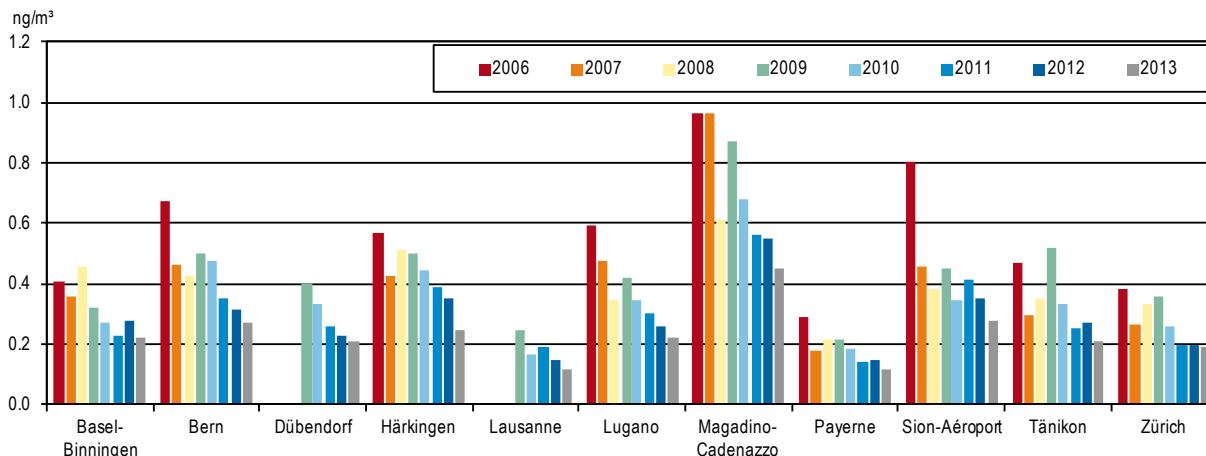
Des progrès doivent encore être faits concernant les petites particules de suie cancérigènes. Il n'y a pas de seuil en dessous duquel elles ne sont plus nocives. Conformément à la législation suisse, il faut limiter autant que possible les émissions de suies cancérigènes dans la mesure où cela est réalisable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

Minimiser les suies

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 22 indique les moyennes annuelles de concentrations de benzo(a)pyrène pour les années de 2006 à 2013. Dans toutes les stations, les immissions mesurées en 2013 étaient inférieures à celles de 2006, ce qui correspond à la baisse générale des charges de PM10 en 2013. Dans toutes les stations NABEL prises en considération, la concentration se situait en dessous de la valeur cible européenne. Les plus fortes charges de benzo(a)pyrène ont été mesurées dans des régions rurales du sud des Alpes (Magadino-Cadenazzo 0,45 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 2013*»). 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. Les concentrations maximales pour les émissions des grandes installations sont fixées par l'ordonnance sur la protection de l'air (annexe 1, ch. 82).

Figure 22 > Moyennes annuelles des concentrations de benzo(a)pyrène dans les PM10



4.9 Teneur en suie des poussières fines

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 des poussières fines dans des lieux représentatifs constitue un pas important dans cette direction: depuis 2007, ces données sont mesurées dans cinq stations du réseau NABEL grâce à un appareil de photométrie d'absorption multi-angle (Multi Angle Absorption Photometer, MAAP) et dans trois stations (MAG, PAY, ZUE) au moyen d'un éthalomètre multilongueurs d'onde.

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 11 donne un aperçu des valeurs de suie mesurées en 2013. La figure 23 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

Mesure de la suie

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 ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$); à 1 ou 2 km d'altitude, elle était de l'ordre de 20 à 30 ppb ($35 \text{ à } 52 \mu\text{g}/\text{m}^3$). 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 (NO_2) 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 des polluants précurseurs que sont le NO₂ et les COVNM, le monoxyde de carbone et le méthane jouent un rôle prépondérant dans la formation de l'ozone de fond à grande échelle (www.empa.ch/klimagase).

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: un 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 pointes

- > 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 éventuelle tendance réelle.
- > L'identification des tendances au niveau des valeurs élevées d'ozone exige des données très complètes. Des données manquantes 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 du type de station, une station urbaine fonctionnant différemment d'une station rurale.

La figure 24 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-Cadenazzo).

Tendance de l'ozone depuis les années 1990

Sur cette figure sont représentées 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 font ressortir un résultat similaire: 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. C’est dans les deux stations du sud des Alpes que la diminution des valeurs élevées d’ozone est la plus importante. Mais les variations changent elles-mêmes fortement d’année en année et le coefficient de régression dépend beaucoup des valeurs initiale et finale. Il faudra attendre les mesures des prochaines années pour savoir 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 sera moins éliminée.

Augmentation des valeurs moyennes d’ozone en ville

Les stations de Chaumont et du Rigi ont également enregistré une augmentation de la valeur médiane. L’augmentation observée dans ces stations laisse 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 moyenne altitude

Les tendances qu’illustre la figure 24 concordent bien avec l’évolution de l’ozone prévue par les modèles théoriques. Entre 1990 et 2013, les émissions suisses de NO_x ont diminué de 50 % et celles de COVNM de 70 %. 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 prévoient une baisse des maxima d’ozone suite à la diminution des NO_x et des COVNM, mais pas de changement de la valeur moyenne.

Tendances observées et modèles concordent

Les figures 25 et 26 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 24 > 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).

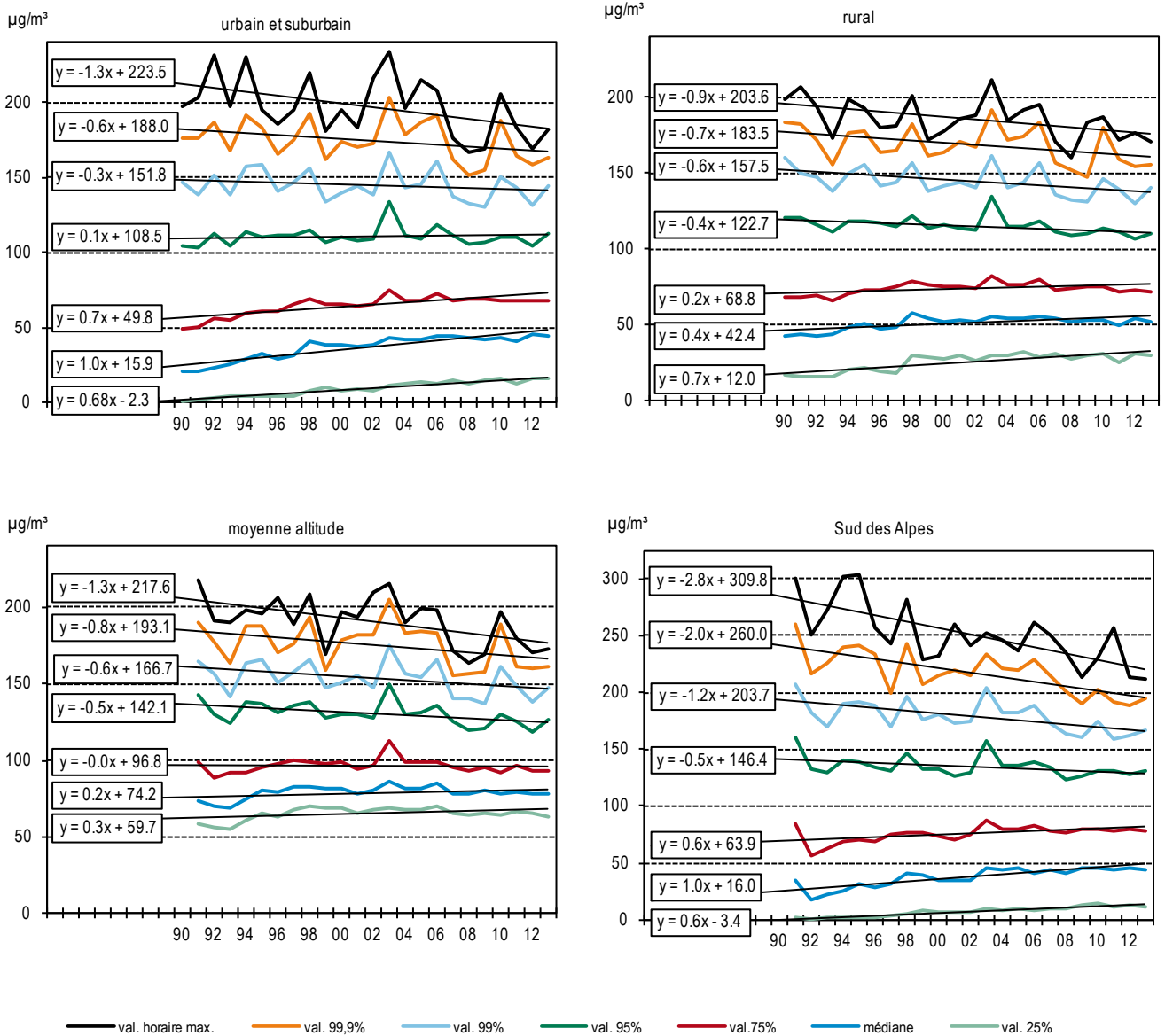


Figure 25 > Ozone, valeur 98 % du mois d'été le plus chargé en ozone, de 1990 à 2013

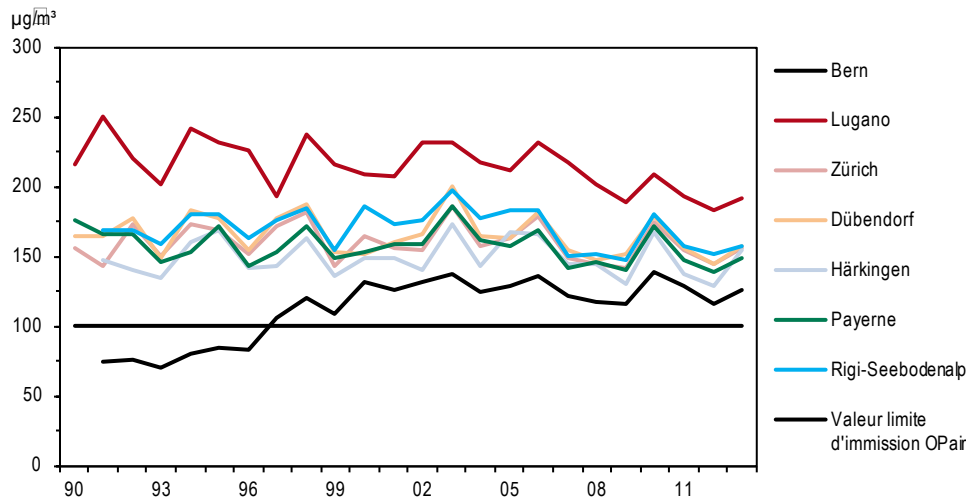
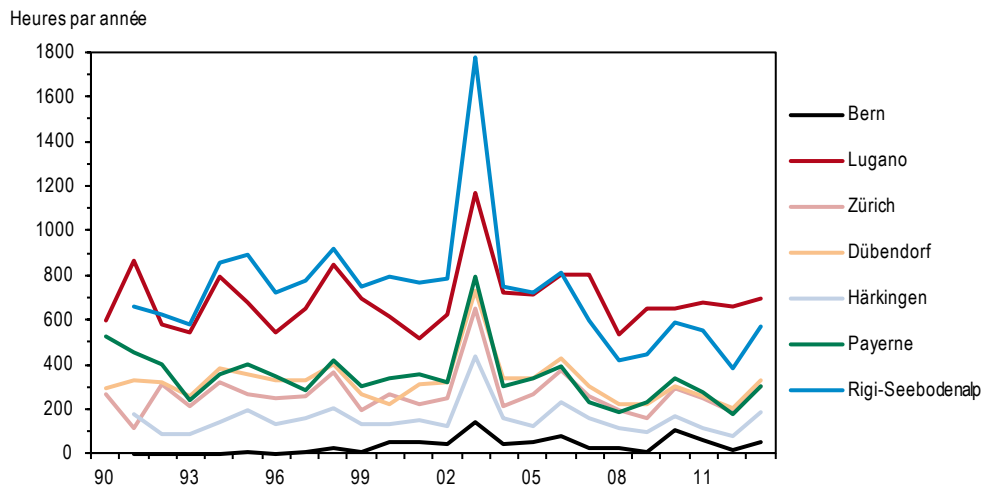


Figure 26 > Ozone, nombre de dépassements de la valeur limite horaire d'immission, de 1990 à 2013



5.3

Situation en 2013

Il ressort de la statistique 2013 (tableau 12) 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 les années précédentes déjà. Ces dépassements se sont généralement produits entre mars et septembre, avec une fréquence maximale entre juin et août.

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 responsable de la formation d'ozone à des distances assez grandes de la source.

Réduction de l'ozone aux alentours des routes

Tableau 12 > Ozone (O₃), statistique annuelle 2013

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	126	142	49	15	0	0	132	29	5
	Lausanne-César-Roux	43	134	153	88	21	0	0	133	33	11
Urbain, trafic	Lugano-Università	53	192	215	698	86	19	0	197	107	70
	Zürich-Kaserne	47	156	179	305	53	0	0	159	69	36
Urbain	Basel-Binningen	48	163	177	293	47	0	0	164	69	34
	Dübendorf-Empa	45	157	189	333	57	1	0	164	69	37
Suburbain	Härkingen-A1	38	154	171	185	34	0	0	155	37	20
	Sion-Aéroport-A9	41	136	151	107	24	0	0	142	55	12
Rural, autoroute Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	48	173	207	491	78	5	0	185	103	57
	Payerne	52	149	158	298	47	0	0	152	66	32
	Tänikon	53	154	183	298	55	1	0	164	69	34
	Lägeren	64	158	175	504	52	0	0	162	83	51
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	80	157	170	620	49	0	0	161	99	46
	Rigi-Seebodenalp	78	157	174	572	62	0	0	157	101	46
	Davos-Seehornwald	67	116	136	7	3	0	0	122	33	1
	Jungfrauoch	75	130	180	49	8	0	0	140	32	5
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>			100	120	1						

1) Stations de Davos-Seehornwald et 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 A5.

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 27 et 28). On mesure en été des concentrations considérablement plus élevées qu'en hiver. Un examen des graphiques présentant les moyennes mensuelles (figure 27) 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

Les mois de mai et d'août ont été très ensoleillés, ce qui explique des valeurs d'ozone élevées (figure 27).

Valeurs d'ozone élevées en mai et en août

Figure 27 > Ozone, moyennes mensuelles par type de station, 2013

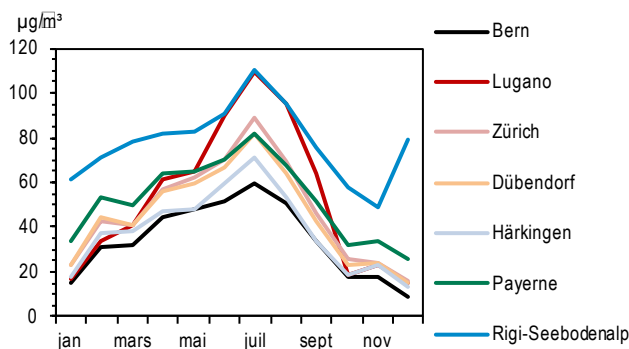
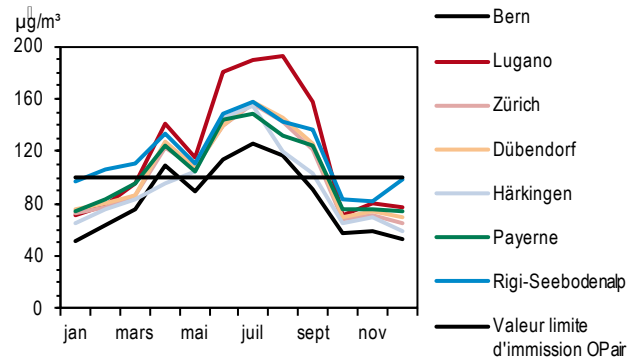


Figure 28 > Ozone, valeurs 98 % mensuelles par type de station, 2013



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, on trouve la très forte pollution de l'air par les substances anthropiques dites précurseurs, à savoir le dioxyde d'azote (NO₂) et les composés organiques volatils (COV). Le problème du smog estival ne peut être résolu que par une diminution massive de ces précurseurs.

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

Le problème du smog estival doit être résolu grâce à des mesures qui agissent sur le long terme. Les mesures prises jusqu'à aujourd'hui aux plans national et international contribueront certes à faire diminuer les substances qui sont à l'origine de la formation de l'ozone, mais d'autres mesures ayant un impact à long terme s'avèrent encore nécessaires et sont prévues. La mise en œuvre de ces dernières devrait permettre de désamorcer, à moyen terme, le problème du smog estival.

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 contenant toutes du 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 hydrocarbures. Pour simplifier, on utilise parfois 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), 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 (CH₄). 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 cancérigènes (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 la somme des composés organiques volatils. Un 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.

L'évolution des immissions depuis 1986 (figure 29) est surtout intéressante pour vérifier l'effet des mesures adoptées. Les deux stations avec de longues séries de mesures enregistrent une baisse d'environ 72 % depuis la fin des années 1980. Le tableau 13 résume les principales valeurs mesurées en 2013.

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.

Technique de mesure

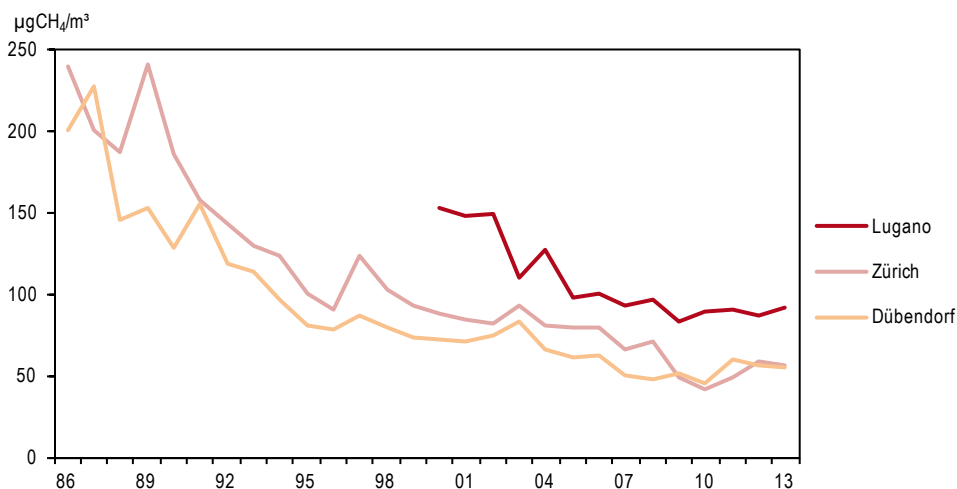
Réduction des immissions
d'environ 75 % ces 20 dernières
années

Valeurs plus élevées au Tessin

Tableau 13 > COV non méthaniques (exprimés en équivalent méthane), statistique annuelle 2013

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	92	173	231
	Zürich-Kaserne	57	145	273
Suburbain	Dübendorf-Empa	55	142	282

Figure 29 > COV non méthaniques (exprimés en équivalent méthane), moyennes annuelles de 1986 à 2013



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 cancérigènes. 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.

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

Dans le tableau 14 figurent les moyennes annuelles de tous les composés aromatiques C₆ à C₈ des stations de Berne-Bollwerk, Zurich, Dübendorf et Rigi-Seebodenalp. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées à la station de Berne-Bollwerk, où le trafic automobile est important. Dans les zones rurales au-dessus de 1000 m d'altitude, elles étaient nettement inférieures à celles mesurées dans la région zurichoise.

Tableau 14 > Composés aromatiques, moyennes annuelles 2013

	Benzène µg/m ³	Toluène µg/m ³	Ethylbenzène µg/m ³	m/p-xylène µg/m ³	o-xylène µg/m ³
Berne-Bollwerk	1,17	4,22	0,63	2,62	0,81
Zürich-Kaserne	0,88	3,04	0,35	1,3	0,48
Dübendorf-Empa	0,81	14,7*			
Rigi-Seebodenalp	0,39	0,44	0,07	0,15	0,06

*) Dans le cas du toluène, de fortes pollutions locales ont été observées à Dübendorf en 2013

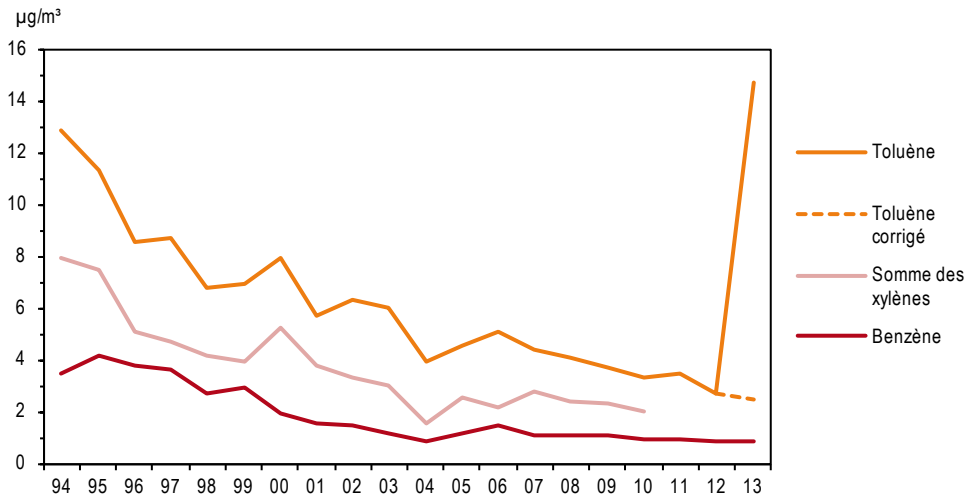
La mesure des différents composants des COV nécessite une technique nettement plus lourde que pour les autres gaz traces. En conséquence, les données disponibles sont bien moindres. Il est néanmoins possible de faire des calculs fiables des valeurs annuelles, car il y a suffisamment de données sur les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

La concentration de toluène a sensiblement diminué depuis 1994 (figure 30). 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.

Diminution sensible de la charge en benzène entre 1999 et 2001

Figure 30 > Composés aromatiques, moyennes annuelles de 1994 à 2013, Dübendorf

Dans le cas du toluène, de fortes pollutions locales ont été observées en 2013. La ligne pointillée présente la valeur corrigée pour l'année en question, sans ces pollutions.



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 donc capital de connaître les concentrations en COV.

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

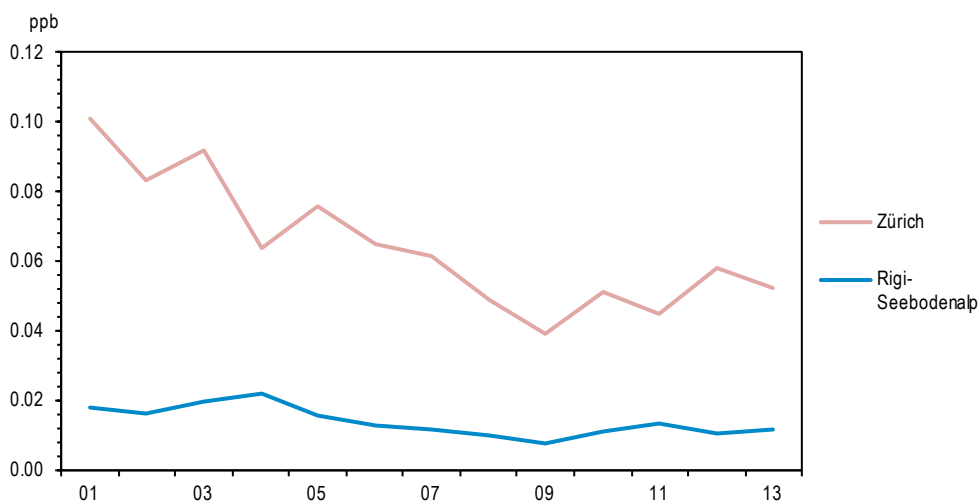
Les mesures des COV sont associées à un programme européen qui fournit des données pour le calibrage du modèle européen EMEP. Depuis 2001, divers COV sont relevés à cet effet aux stations de Zurich et de Rigi-Seebodenalp (voir annexe B).

Mesures

Du point de vue toxicologique, le 1,3-butadiène est important, car il est cancérigène. La figure 31 indique les concentrations mesurées par NABEL depuis 2001. En ville de Zurich, les concentrations ont été réduites pratiquement de moitié entre 2001 et 2013, probablement en raison des améliorations apportées aux moteurs et de la pose de filtres à particules sur les véhicules.

1,3-butadiène

Figure 31 > 1,3-butadiène, moyennes annuelles de 2001 à 2013



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 climatique.

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 Jungfrauoch, où l'influence des sources locales est sensiblement plus faible qu'à Dübendorf. Les mesures sont effectuées dans le cadre d'un grand projet (HALCLIM) et font partie du réseau de mesures mondial sur les composés halogénés (AGAGE). Pour de plus amples informations: www.empa.ch/klimagase.

Mesures dans des stations
NABEL

Les figures 32 et 33 présentent quelques exemples de substances halogénées dont les concentrations sont relevées à la Jungfrauoch. 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 ayant été interdites. Lorsque l'air provenant de zones de plus basse altitude arrive à la Jungfrauoch depuis la Suisse ou d'autres pays, on observe une nette hausse des concentrations de F134a (figure 32).

F134a: substance admise

Figure 32 > F134a, moyennes journalières de 2000 à 2013 sur la Jungfraujoch

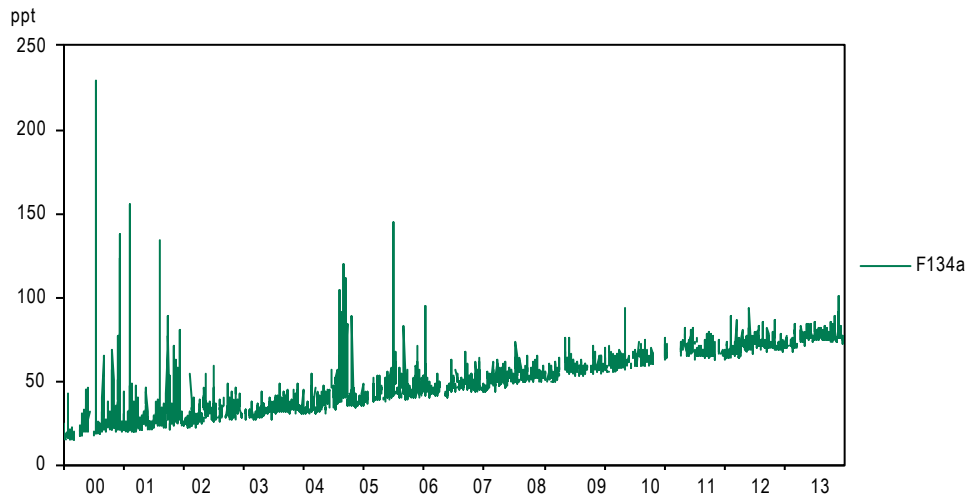
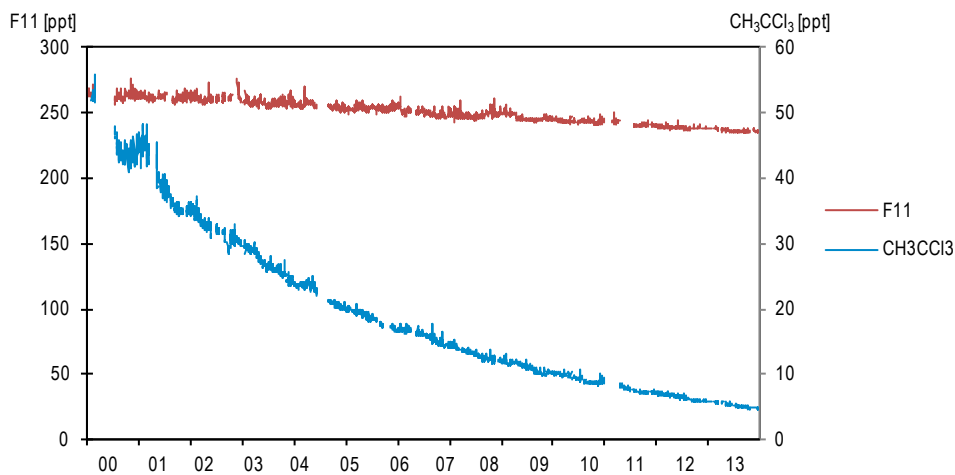


Figure 33 > 1,1,1-Trichloréthane et F11: moyennes journalières de 2000 à 2013 sur la Jungfraujoch



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 33). On n'observe aucun pic de concentration particulier, ce qui laisse à 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 depuis 2000 (figure 33).

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 alors que 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

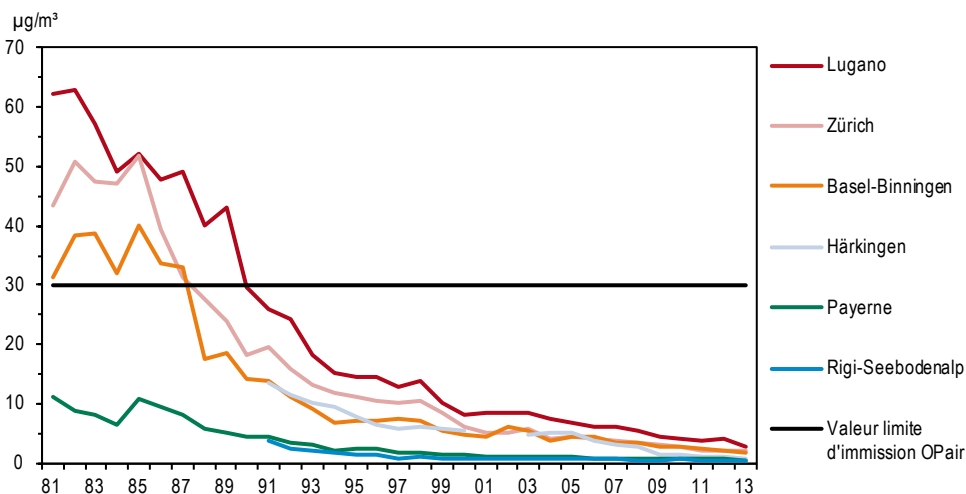
Le dioxyde de soufre est un gaz incolore, irritant et très soluble dans l'eau; lorsqu'il est fortement concentré, son odeur est piquante. Il se forme principalement lors de la combustion de carburants ou de combustibles contenant du soufre. Les émissions de dioxyde de soufre ont atteint leur maximum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

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 SO_2 est très phytotoxique. C'est aussi l'une des principales substances causant les pluies acides.

7.2 Evolution des immissions

Figure 34 > Dioxyde de soufre (SO_2), moyennes annuelles de 1981 à 2013



La charge en dioxyde de soufre a fortement diminué entre 1985 et 1994 (figure 34). 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 Jungfraujoch (haute montagne). Depuis le milieu des années 1980, 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 2013

Les résultats des mesures de 2013 portant sur le SO₂ sont réunis dans le tableau 15. 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.

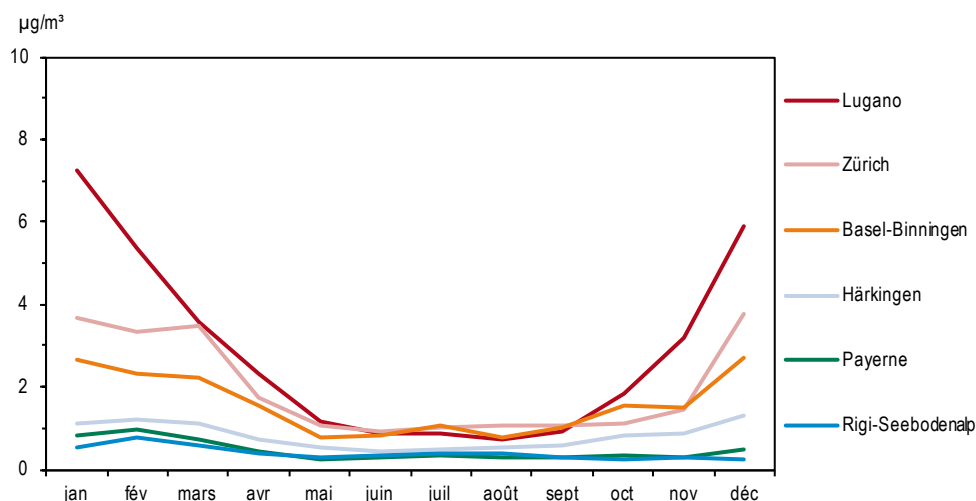
En général, charge basse

Tableau 15 > Dioxyde de soufre (SO₂), statistique annuelle 2013

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	2,8	9	11	0
	Zürich-Kaserne	2,0	6	10	0
Suburbain	Basel-Binningen	1,6	5	7	0
	Dübendorf-Empa	1,3	4	6	0
Rural, autoroute	Härkingen-A1	<1	2	3	0
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	1,8	6	6	0
	Payerne	<1	1	2	0
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	<1	<1	3	0
Haute montagne	Jungfraujoch	<1	<1	<1	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 d'autres mesures aussi bien dans les villes que dans les régions rurales et alpines.

Figure 35 > Dioxyde de soufre (SO₂), moyennes mensuelles 2013



La figure 35 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 les chauffages fonctionnent 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 2013, 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.

Cet état de fait réjouissant est la conséquence directe d'une diminution considérable des émissions de SO₂ dans les années 1990. 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.

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

8.3 Situation en 2013

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 0,44 mg/m³ (tableau 16). 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, qui 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 Jungfraujoch, 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.

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 Dübendorf: 1,3 mg/m³. Les valeurs des autres stations étaient encore plus basses.

Forte charge de fond

Aucun dépassement de la valeur limite

Tableau 16 > Monoxyde de carbone (CO), statistique annuelle 2013

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	0,44	0,9	1,0	0
	Lausanne-César-Roux	0,40	0,7	0,8	0
Urbain	Lugano-Università	0,37	0,7	0,8	0
	Zürich-Kaserne	0,31	0,6	1,1	0
Suburbain	Dübendorf-Empa	0,32	0,7	1,3	0
Rural, autoroute	Härkingen_A1	0,31	0,6	0,9	0
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	0,25	0,5	0,6	0
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	0,19	0,4	0,5	0
Haute montagne	Jungfraujoch	0,10	0,1	0,2	0
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>				8,0	1

Figure 37 > Monoxyde de carbone (CO), moyennes mensuelles, 2013

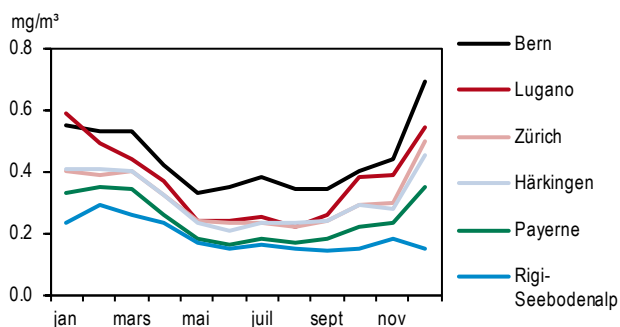
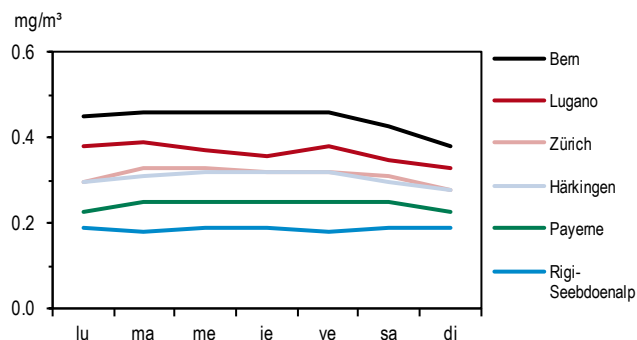


Figure 38 > Fluctuations hebdomadaires (CO), 2013



Les fluctuations annuelles du monoxyde de carbone (figure 37) ne sont que peu marquées. Il en est de même des fluctuations hebdomadaires (figure 38). 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 les goulots routiers des centres-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. En tant que précurseur, il contribue 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 39).

Les retombées de poussières sont actuellement insignifiantes

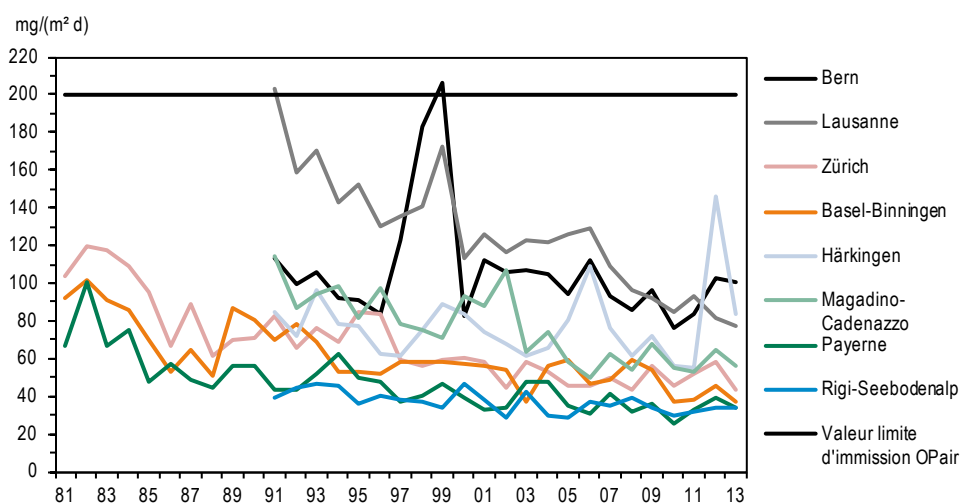
Les valeurs les plus élevées de retombées de poussières ont été mesurées dans des sites exposés au trafic (tableau 17, figure 39). Toutefois, la valeur mesurée la plus élevée (Bern-Bollwerk: 100 mg/m² d) est nettement en dessous de la valeur limite. A noter aussi, la concentration relativement élevée mesurée à la station de Magadino.

Respect des valeurs limites

Tableau 17 > Retombées de poussières, statistique annuelle 2013

Type de site	Station	Moyenne annuelle mg/(m ² d)
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	100
	Lausanne-César-Roux	78
Urbain	Zürich-Kaserne	44
Suburbain	Basel-Binningen	37
Rural, autoroute	Härkingen-A1	84
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	56
	Payerne	34
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	34
Valeur limite d'immission OPAIR		200

Figure 39 > Retombées de poussières, moyennes annuelles de 1981 à 2013



10 > Métaux lourds dans les poussières fines et les retombées de poussières

Dans l'atmosphère, les métaux lourds se rencontrent principalement liés à de fines particules de poussières, à l'exception du mercure, qui est volatil, et de quelques rares composés. Ces particules sont soumises à divers processus de dépôt; selon leur grossueur, elles parviennent dans les sols et les eaux de surface situés dans les environs immédiats de la source d'émission ou sont transportées 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 et certains d'entre eux sont cancérogènes (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 1970, 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 1970.

20 fois moins d'émissions

Depuis 1988, presque toutes les stations ont enregistré une très forte diminution des concentrations du plomb dans les poussières fines (figure 40). Le même constat est fait pour les retombées de poussières (figure 41). La charge en plomb a reculé en moyenne de 90 % depuis 1991. La forte augmentation des retombées de plomb de 1997 à 1999 à Berne constitue très probablement un phénomène localisé lié à l'emplacement provisoire de la station de mesure.

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 40) peuvent donc être considérées, avec une légère correction, comme mesures du plomb dans les PM10.

Figure 40 > Plomb dans les poussières fines (PM10, avant 1997, TSP), moyennes annuelles de 1988 à 2013 (valeur limite d'immission OPair: 500 ng/m³)

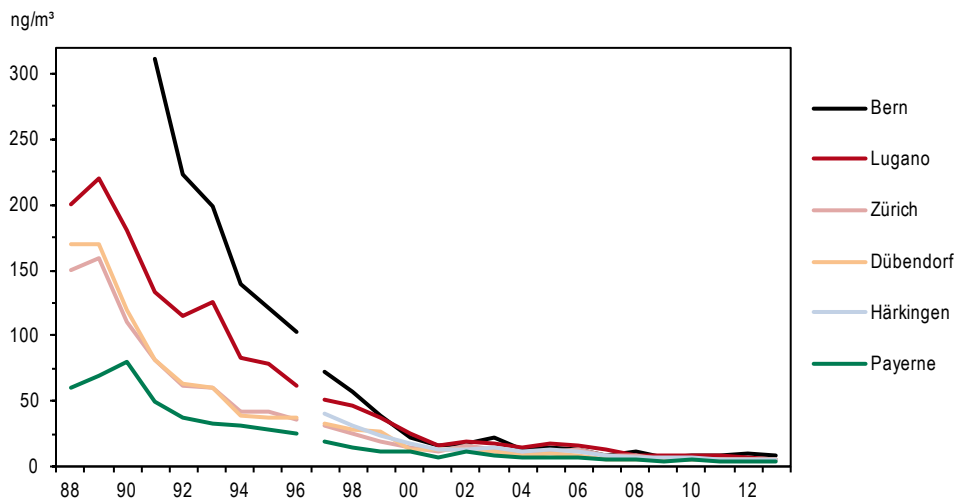
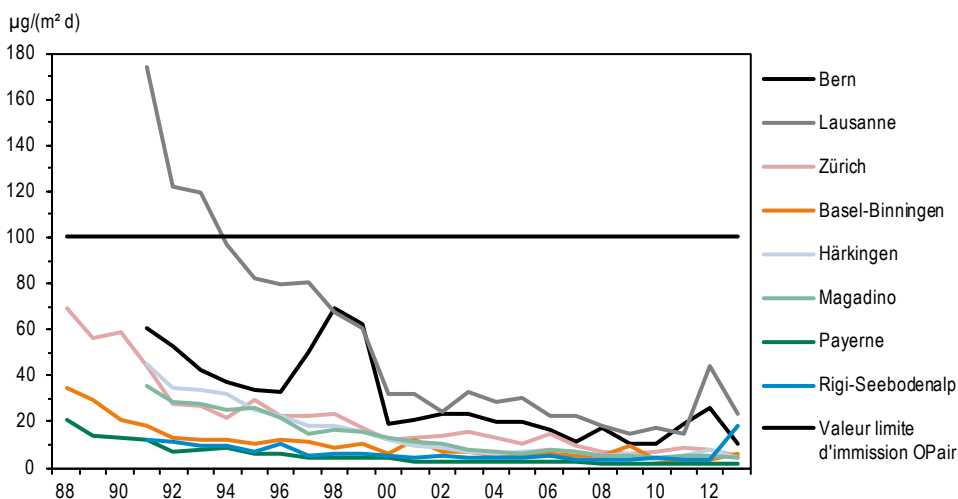


Figure 41 > Plomb dans les retombées de poussières, moyennes annuelles de 1988 à 2013



Comme le montre le tableau 18, 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 19, figure 41) 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 23 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ d. Elles se situent nettement en dessous de la valeur limite de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ d. Dans les autres stations du réseau NABEL, les valeurs relevées sont encore plus basses (2 à 6 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ d).

Tableau 18 > Métaux lourds dans les poussières fines (PM10), statistique annuelle 2013

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	7,6	0,11	0,53	2,20	66,7
	Lausanne-César-Roux	4,9	0,38	0,43	0,90	33,3
Urbain	Lugano-Università	5,9	0,12	0,35	1,10	13,3
	Zürich-Kaserne	5,4	0,09	0,38	1,00	23,5
Suburbain	Basel-Binningen	5,3	0,12	0,40	0,90	8,1
	Dübendorf-Empa	4,7	0,09	0,38	0,70	21,0
Rural, autoroute	Härkingen-A1	5,8	0,10	0,41	1,00	19,4
	Sion-Aéroport-A9	6,0	0,07	0,35	1,20	26,4
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	4,9	0,12	0,48	1,10	10,8
	Payere	3,9	0,07	0,74	0,50	4,4
	Tänikon	4,7	0,08	0,30	0,50	6,1
Rural altitude > 1000 m	Chaumont	2,4	0,05	0,16	<0,5*	1,8
	Rigi-Seebodenalp	3,1	<0,05**	0,16	<0,5*	1,7
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 pénètre 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 1970, 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.

Sources de cadmium

Depuis 1991, les charges en cadmium des poussières fines (figure 42) ont diminué de 80 %. Les charges en cadmium des retombées de poussières (figure 43) ont, elles, diminué de 40 à 80 %. Les dépôts de cadmium très importants constatés à Lausanne en 1995 et 2001 peuvent être considérés comme des cas isolés, sans doute provoqués par des travaux d'assainissement locaux.

Charge en cadmium diminuée de moitié

Figure 42 > Cadmium dans les poussières fines (PM10, avant 1997, TSP), moyennes annuelles de 1988 à 2013

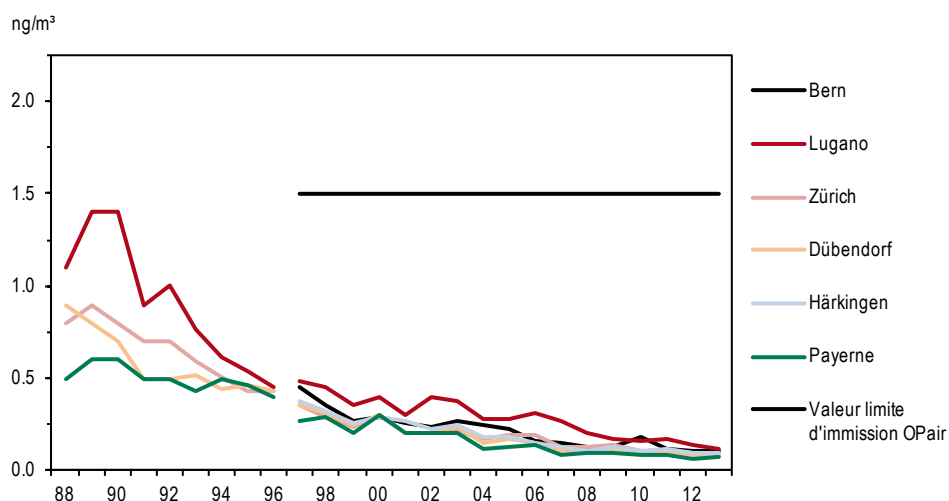
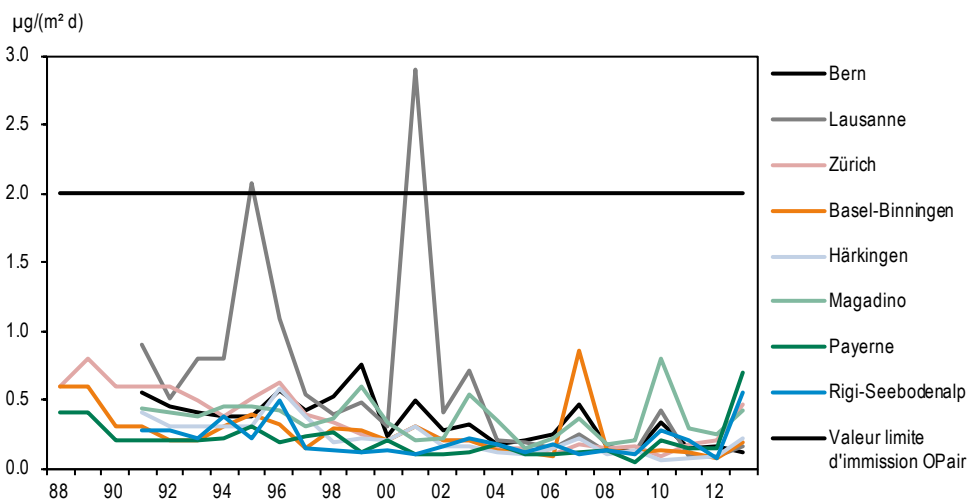


Figure 43 > Cadmium dans les retombées de poussières, moyennes annuelles de 1988 à 2013



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/m^3 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 fines. Les mesures effectuées jusqu'à présent dans les TSP (figure 42) peuvent ainsi également être interprétées comme des mesures du cadmium dans les PM10.

Comme le montre le tableau 18, la valeur limite du cadmium dans les poussières fines est largement respectée dans toutes les stations. Les concentrations se situent partout en dessous de 0,4 ng/m³. La valeur limite pour le cadmium dans les retombées de poussières (tableau 19) est aussi respectée dans toutes les stations.

Valeurs limites généralement respectées

Tableau 19 > Métaux lourds dans les retombées de poussières, statistique annuelle 2013

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	10,3	0,12	165,8	0,015	0,65	6,18	90,6
	Lausanne-César-Roux	23,3	0,16	150,1	0,015	0,49	3,63	76,9
Urbain	Zürich-Kaserne	4,9	0,47	44,4	0,014	0,38	2,17	30,4
Suburbain	Basel-Binningen	5,9	0,19	28,7	0,012	0,28	1,08	17,3
Rural, autoroute	Härkingen-A1	3,9	0,22	63,3	0,013	0,61	2,22	18,1
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	4,6	0,42	22,2	0,025	0,52	2,63	8,0
	Payerne	1,6	0,69	13,3	0,009	0,19	0,85	3,7
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	3,5	0,55	17,6	0,017	0,29	1,27	4,7
Valeur limite d'immission OPAir		100	2	400	2			

10.3

Zinc

Si le zinc est un oligo-élément essentiel pour les plantes, les animaux et l'homme, il devient toxique pour les plantes et 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 1970 ont porté leurs fruits, les émissions de zinc dues au trafic ont, elles, augmenté.

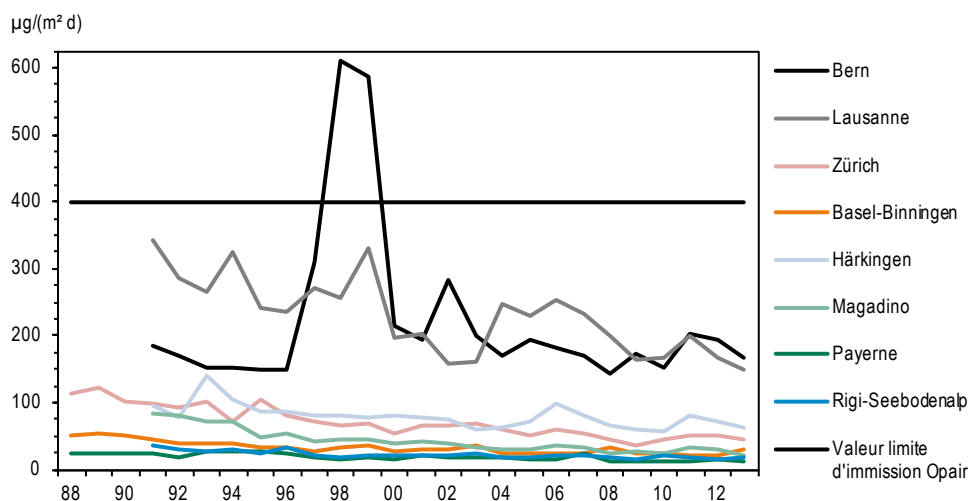
Sources de zinc

Depuis 1991, les retombées de zinc ont diminué de 40 à 60 %, sauf à Berne et à Härkingen, où les valeurs les plus élevées (moyennes annuelles) ont été mesurées en 2013 (tableau 19 et figure 44). L'usure des pneus et du revêtement routier a certainement joué un rôle déterminant dans les résultats de ces deux stations.

Depuis 1991, 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 44 > Zinc dans les retombées de poussières, moyennes annuelles de 1988 à 2013



10.4 Thallium

Les immissions de thallium proviennent principalement de l'industrie du ciment. Élément 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 (valeur maximale de 0,025 µg/(m² d)) sont largement en dessous de la valeur limite (tableau 19).

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 dépassements des valeurs limites observés sont le fait d'événements particuliers (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 2013 étaient de 0,74 ng/m³ pour l'arsenic et de 2,2 ng/m³ pour le nickel, soit nettement en dessous des valeurs cibles européennes (6 ng/m³ pour l'arsenic et 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 de gouttelettes d'eau et de particules 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-}), qui est l'anion de l'acide sulfurique, est issu en grande partie de la transformation du dioxyde de soufre. Le nitrate (NO_3^-) est l'anion de l'acide nitrique et 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 45 à 50 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 valeur du pH des eaux de pluie a fortement augmenté depuis 1998 (figure 45), ce qui indique une diminution des substances très acides dans l'atmosphère. 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 46) 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 47) 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 49 et 50) 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 25 dernières années au nord des Alpes (figure 51). La charge en sulfate a baissé ces 25 dernières années (figure 52), alors que les charges d'autres ions, comme le nitrate (figure 53) ou l'ammonium (figure 54), par exemple, sont restées pratiquement inchangées.

Charge ionique inchangée

Figure 45 > Valeur de pH des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2013

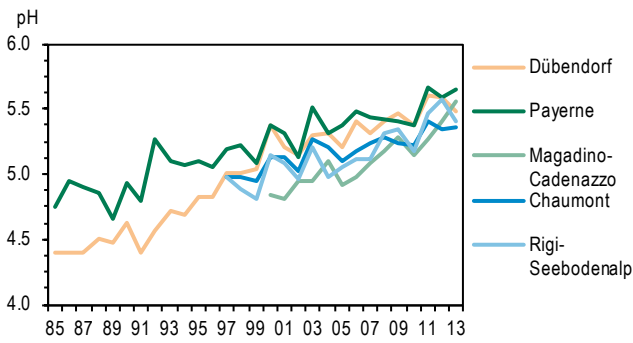


Figure 46 > Sulfate (SO₄²⁻-S) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2013

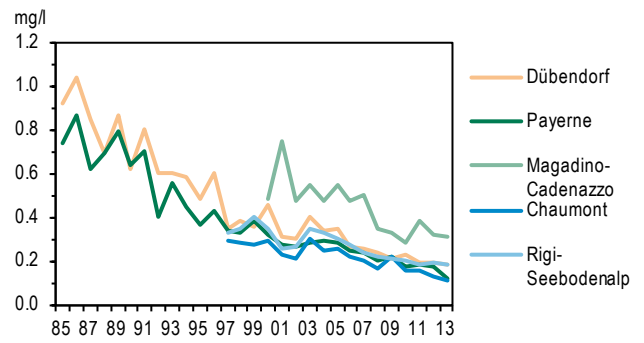


Figure 47 > Nitrate (NO₃⁻-N) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2013

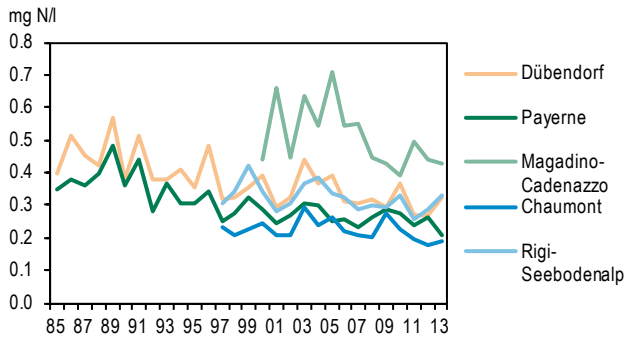


Figure 48 > Chlorure (Cl⁻) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2013

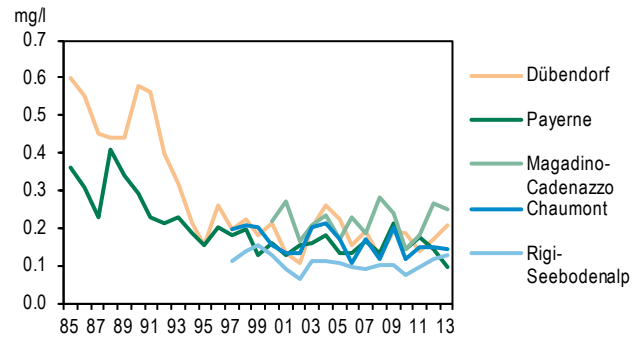


Figure 49 > Ammonium (NH₄⁺-N) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2013

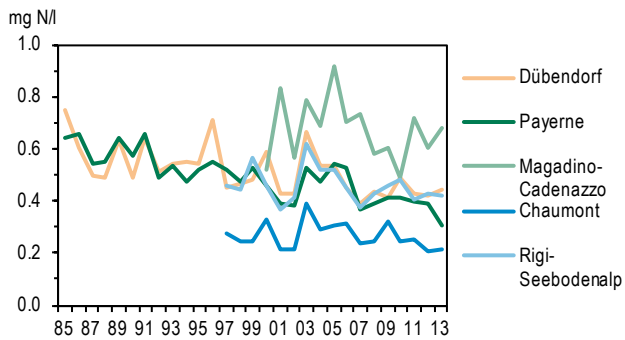


Figure 50 > Sodium (Na⁺) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2013

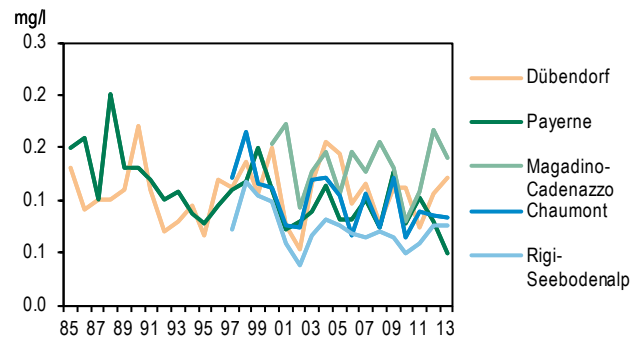


Figure 51 > Taux de précipitations analysé, somme des années 1985 à 2013

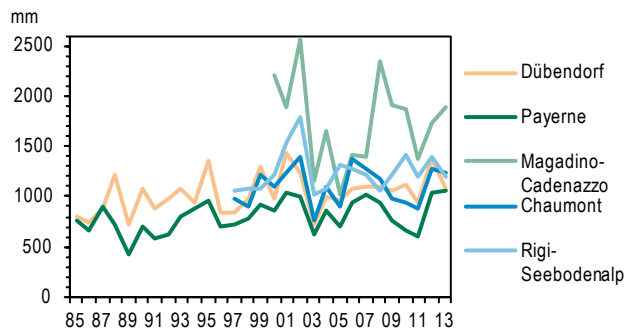


Figure 52 > Sulfate ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$), moyennes annuelles des charges de 1985 à 2013

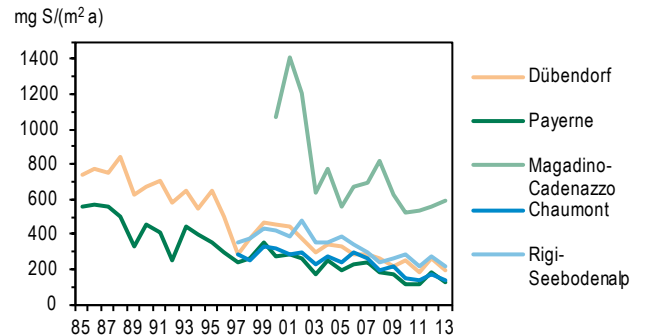


Figure 53 > Nitrate ($\text{NO}_3^-\text{-N}$), moyennes annuelles des charges de 1985 à 2013

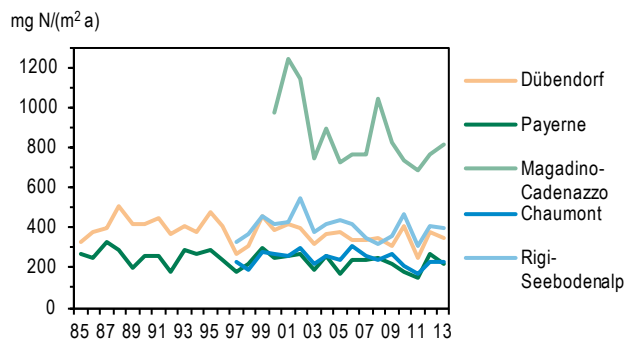
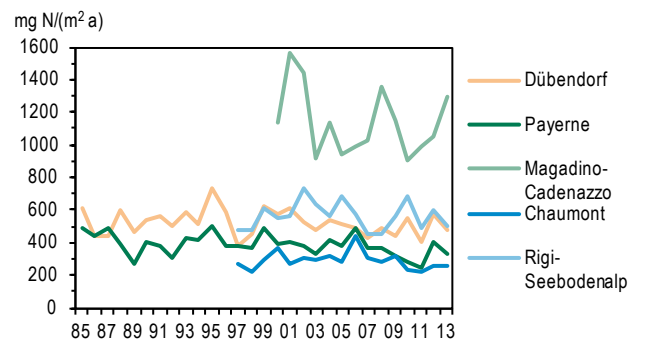


Figure 54 > Ammonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), moyennes annuelles des charges de 1985 à 2013



11.3 Situation en 2013

La statistique annuelle des substances contenues dans les eaux de pluie est présentée dans les tableaux 20 et 21. Les moyennes annuelles des concentrations (tableau 20) 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^+ ($\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$).

Les moyennes annuelles des concentrations doivent servir notamment pour l'analyse des tendances. En revanche, pour l'environnement, ce sont principalement les charges (tableau 21) 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» et qu'elles existent en quantités suffisantes pour être analysées.

Les charges annuelles déterminent l'apport de polluants

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 récemment 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. Des essais réguliers permettent de s'assurer que l'analyse des ions quantifiés est suffisamment fiable. À côté du bicarbonate, des composants d'origine minérale peuvent jouer un rôle. À Payerne, de tels apports sont facilement concevables, puisque de vastes terres cultivées sont exploitées près de la stations de mesure. L'anion phosphate ne semble pas entrer en ligne de compte, car 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 de Chaumont, Dübendorf, Payerne, Rigi-Seebodenalp et Magadino-Cadenazzo. Tous les composants ont des concentrations qui varient plus ou moins nettement selon les stations (tableau 20). On ne peut alors pas déceler de tendance générale. La station Magadino-Cadenazzo présente les valeurs les plus élevées de nitrate, sulfate et ammonium.

Différence spatiale peu significative

Tableau 20 > Concentrations des substances contenues dans les eaux de pluie, statistique annuelle 2013

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	5,48	8,72	0,21	0,32	0,18	0,12	0,45	0,04	0,02	0,26
Magadino-Cadenazzo	5,56	12,01	0,25	0,43	0,31	0,14	0,68	0,04	0,04	0,43
Payerne	5,65	5,89	0,10	0,21	0,12	0,05	0,31	0,03	0,02	0,20
Chaumont	5,36	5,92	0,14	0,19	0,11	0,08	0,21	0,03	0,02	0,17
Rigi-Seebodenalp	5,41	8,22	0,13	0,33	0,18	0,08	0,42	0,04	0,02	0,21

Tableau 21 > Charges en substances contenues dans les eaux de pluie, statistique annuelle 2013

Station	Moyennes annuelles									
	Précipitation 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	1072	223	345	195	131	478	42	24	279	
Magadino-Cadenazzo	1892	467	810	592	265	1290	81	83	817	
Payerne	1064	101	221	129	53	326	34	17	213	
Chaumont	1237	176	233	140	103	262	40	20	212	
Rigi-Seebodenalp	1206	151	398	215	90	507	47	21	248	

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 le présent 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^- et NH_4^+ 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.

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. Les résultats de ce programme 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.

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 transfrontière à longue distance en ont fixé le cadre. En 1999, le nouveau protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique a été signé à Göteborg par la Suisse et la plupart des Etats membres de l'UE, ainsi que les Etats-Unis et le Canada. Tout comme la majorité des 26 autres Etats signataires, la Suisse a atteint les objectifs fixés par le protocole pour 2010. Toutefois, les émissions doivent encore être réduites, car elles restent trop élevées. C'est pourquoi les Etats signataires se sont prononcés en faveur d'une révision du protocole de Göteborg. Celle-ci prévoit des objectifs de réduction nationaux d'ici à 2020 ainsi que l'instauration de valeurs limites plus basses pour les émissions de polluants provenant des installations de combustion (chauffages et installations industrielles), les émissions de solvants, les gaz d'échappement des véhicules à moteur et des machines et les émissions d'ammoniac dues à l'épandage et au stockage de lisier ainsi qu'à l'élevage agricole.

Retombées humides comme partie de l'ensemble des apports

Limites des charges critiques

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. Chaque jour, un échantillon est prélevé sur des filtres imprégnés de base et sur des filtres imprégnés d'acide. Ces mesures ont été effectuées à Payerne entre 1993 et 1999. Elles ont ensuite eu lieu 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. Elles sont utilisées 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 22 > Quantité totale de composés azotés, statistique annuelle 2013

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	3,3	16,1	1,1	7,1
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	1,7	9,2	0,8	4,7

La figure 55 présente les valeurs moyennes annuelles des mesures effectuées jusqu'ici. Dans la série de mesures relevées 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 47 et figure 49). 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. L'ammoniac (NH_3) notamment se dépose rapidement et présente des valeurs élevées à proximité de la source.

Pollution inchangée

Figure 55 > Quantité totale de composés azotés, moyennes annuelles de 1994 à 1999 et de 2004 à 2013 (Payerne) et de 2000 à 2013 (Rigi-Seebodenalp)

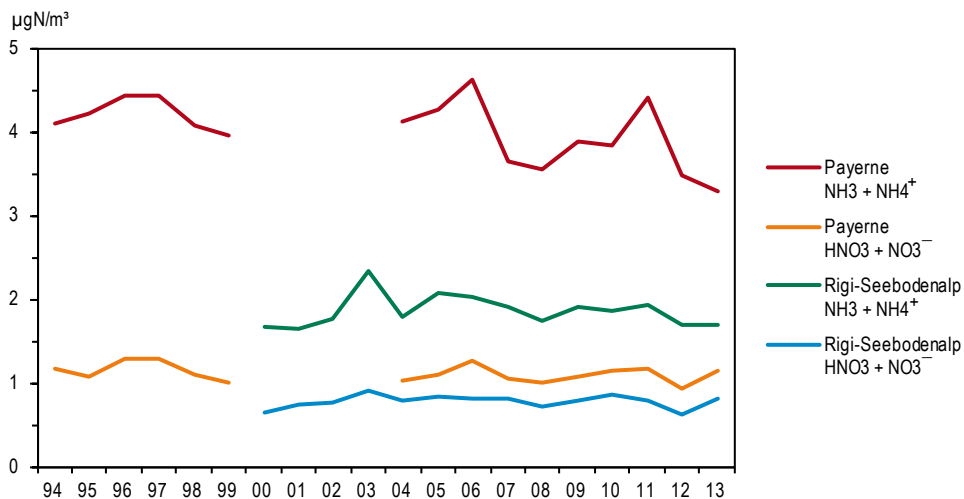
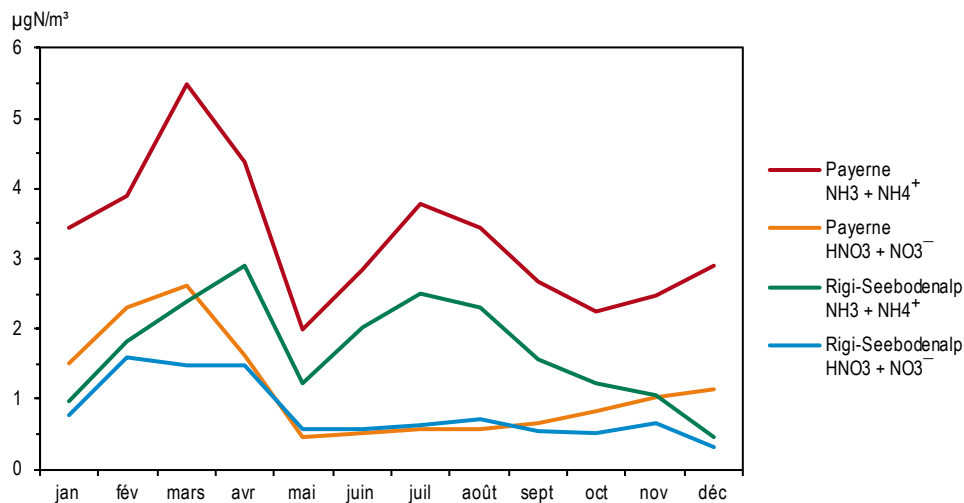


Figure 56 > Quantité totale de composés azotés, moyennes mensuelles 2013 (Payerne et Rigi-Seebodenalp)



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 56 que ces composés accusent un maximum au printemps. 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, il convient de mesurer 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 été effectuées sur le versant sud des Alpes, à Magadino-Cadenazzo, et, depuis 2013, également à Tänikon. En moyenne annuelle, les teneurs relevées à basse altitude (tableau 23) 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.

Tableau 23 > Composés azotés réactifs, moyennes annuelles 2013

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	1,90	1,35	0,23	0,92	4,40	48 %	52 %
	Tänikon	4,27	1,31	0,25	0,87	6,70	67 %	33 %
	Magadino-Cadenazzo	3,76	0,97	0,44	0,63	5,80	72 %	28 %
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	0,86	0,96	0,19	0,58	2,59	41 %	59 %

12.3 Ammoniac

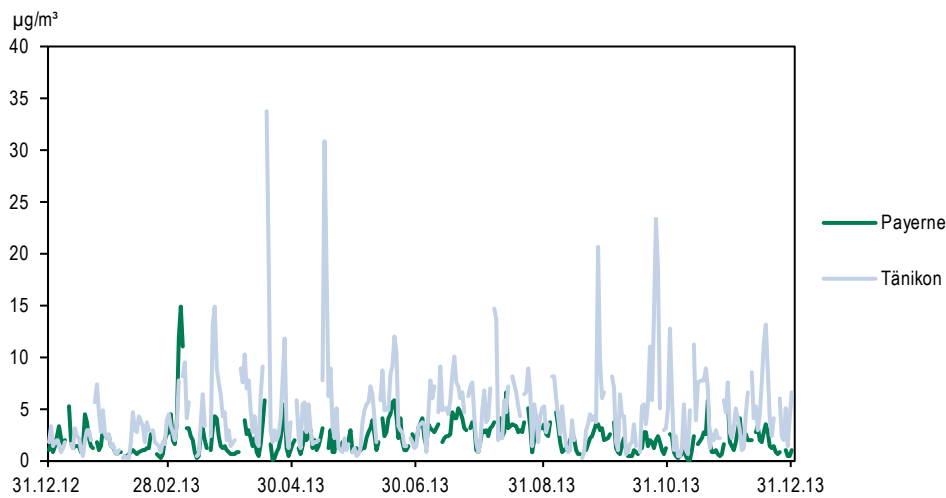
Dès 2005, la quantité d'ammoniac a été mesurée en continu à Payerne et à Härkingen. Depuis 2008, des mesures similaires sont également effectuées à Tänikon. Les concentrations de NH_3 mesurées en continu sont généralement moins élevées que les valeurs obtenues avec des capteurs passifs ou des denuder, 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 24) par rapport aux niveaux critiques recommandés 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/air sous Polluants atmosphérique/Ammoniac).

Mesures d'ammoniac en continu

Tableau 24 > Ammoniac, statistique annuelle 2013

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, altitude < 1000 m	Payerne	2,3	15	26
	Tänikon	4,7	34	133

Dans les deux stations, le profil annuel (figure 57) montre 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 retombe au niveau de pollution de fond habituelle pour le site en question, ce qui montre que l'épandage de lisier contribue à cette pollution, mais qu'il faut également tenir compte des sources d'émission continue.

Figure 57 > Valeurs moyennes journalières des concentrations d'ammoniac, 2013

13 > Conditions météorologiques

13.1 Situation en 2013

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

Le début de l'année s'est caractérisé par un climat relativement doux, et le Tessin a enregistré des températures supérieures à 20 °C début janvier en raison du foehn soufflant du nord. Après des chutes de neige à la mi-janvier, les températures ont à nouveau fortement grimpé vers la fin du mois. Le mois de février a connu d'abondantes chutes de neige, d'abord en montagne, puis aussi en plaine. En altitude en particulier, l'hiver a été très froid. Au mois de mars, le foehn a été à l'origine de températures clémentes pendant plusieurs jours au nord des Alpes, avant de céder à des masses d'air froid sur le Plateau. Jusqu'en avril, les températures sont restées généralement basses avec quelques chutes de neige.

Après un début d'année doux, climat hivernal jusqu'en avril

Vers la mi-avril, l'air chaud en provenance du sud-ouest a fait monter localement les températures à plus de 25 °C. Puis, à la fin du mois, le climat est redevenu hivernal. Au nord du pays, la neige est tombée en abondance jusqu'en plaine. Dans les Alpes, 50 à 90 cm de neige fraîche sont tombés, alors que le Tessin a eu beaucoup de pluie. Début juin, de l'air humide venant de la Méditerranée a entraîné de fortes précipitations sur le versant nord des Alpes. Du nord du pays à la Suisse orientale, la période de janvier à mai a été la moins ensoleillée depuis plus de 50 ans.

Un printemps extrêmement maussade

Le mois de juin a connu quelques jours ensoleillés. Le temps est ensuite redevenu instable et, le 20 juin, un front orageux accompagné de grêle et de rafales a traversé l'ouest du pays. Les mois de juillet et d'août ont été très ensoleillés. Sur le Plateau, on a enregistré l'été le plus ensoleillé depuis plus de 100 ans (série de mesures de Zurich), si l'on fait abstraction de l'été 2003. Le climat est resté très estival et chaud jusqu'au début septembre avec des températures atteignant les 30 °C.

Un été digne de son nom

L'automne s'est imposé mi-septembre avec de l'air frais, des précipitations abondantes et des vents forts. En octobre, la première neige est tombée sur le Plateau suite à l'incursion d'air polaire. La seconde moitié d'octobre a été caractérisée par un climat plutôt doux. Malgré la pluie et le vent, le mois de novembre a débuté par un temps doux. A partir du 11 novembre, un anticyclone s'est installé pendant une longue période, engendrant un climat automnal typique avec du soleil en montagne et des stratus en plaine. A partir de décembre, des masses d'air sec ont été à l'origine d'un fort ensoleillement et de peu de brouillard sur le Plateau. Plusieurs épisodes de foehn ont engendré des températures douces au nord des Alpes. Au sud des Alpes, une situation de barrage a provoqué d'abondantes chutes de neige autour du Nouvel An.

Incursion hivernale tôt sur le Plateau, mais seul le Sud a ensuite eu beaucoup de neige

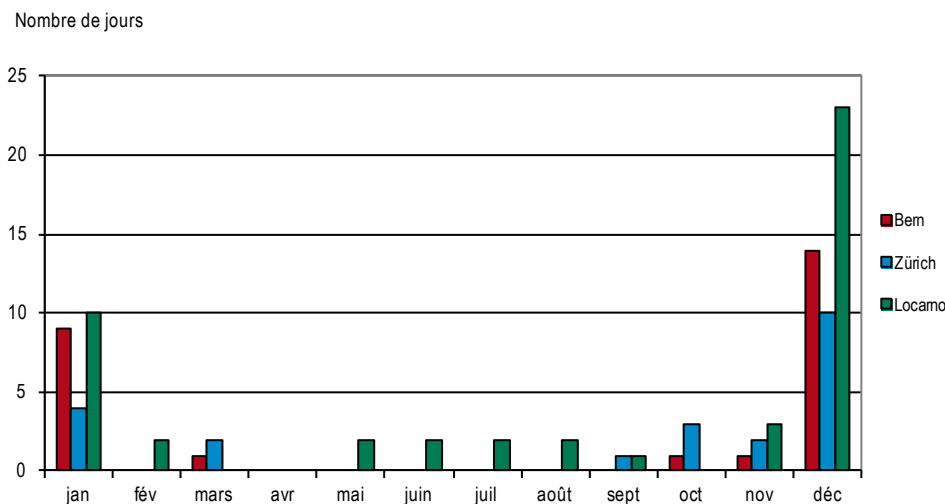
13.2 Inversions

Les inversions empêchent la dispersion verticale des polluants. En outre, celles qui se situent à basse altitude avant tout, entre 800 et 1000 mètres, provoquent en général des concentrations élevées de polluants. Pour identifier les situations d'inversion, les températures entre 12 heures et 14 heures ont été analysées. Les stations de Zurich et de Berne, dont les stations en altitude se situent respectivement sur l'Üetliberg (dénivelé de 458 m par rapport à la station de base) et sur le Bantiger (dénivelé de 542 m), sont représentatives de la situation du Plateau.

La figure 58 montre pour chaque mois de l'année 2013 le nombre de jours pendant lesquels on a enregistré des inversions. Comme escompté, la fréquence des inversions est la plus élevée en hiver. De mars à septembre, la forte insolation ne permet guère de situations d'inversion ou de stratus. S'agissant du Plateau, les stations de Berne et de Zurich présentent des bilans similaires. Au total, elles ont enregistré respectivement 26 et 22 jours d'inversion. Le plus grand nombre de jours d'inversion (resp. 14 et 10) a été recensé en décembre sur le Plateau. Toutefois, l'air très sec pendant cette période a largement empêché la formation de stratus.

Les stations de Magadino-Cadenazzo et de Locarno-Monti ne permettent pas d'évaluer les inversions avec la même précision. D'une part, le dénivelé de 180 mètres est très faible, et, d'autre part, la station de mesure de Monti se situe sur le versant sud au-dessus de la ville. En été, on y enregistre parfois des températures plus élevées qu'à la station en ville, ce qui est probablement dû à la plus forte insolation. En janvier et en décembre, on y a enregistré la plus grande fréquence d'inversions. En décembre 2013, des inversions ont eu lieu presque chaque jour, à l'exception de la période de Noël.

Figure 58 > 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 pour la station de montagne et celle de plaine)



14 > Chiffres du trafic

Le niveau de pollution de l'air relevé dans les stations proches du trafic dépend notamment du volume de ce dernier. Pour pouvoir évaluer l'évolution des concentrations de polluants mesurées, il est nécessaire de connaître le nombre de véhicules circulant à l'endroit où les mesures sont effectuées; c'est pourquoi dans les quatre stations du réseau NABEL situées dans une zone de trafic dense, on mesure également le trafic. La figure 59 indique la moyenne annuelle du volume du trafic à la station de Sion-Aéroport, ainsi que les concentrations d'oxydes d'azote (NO_x) et de monoxyde de carbone (CO). De 1991 à aujourd'hui, le nombre de voitures circulant en moyenne chaque jour a plus que doublé, tandis que, dans le même laps de temps, la concentration de NO_x a diminué de 35 %. Les valeurs extrapolées de CO affichent un recul de plus de 50 %. Comme les valeurs mesurées dans cette station sont essentiellement influencées par le trafic et que celui-ci représente la source d'émission de NO_x et de CO principale, on peut en déduire que les émissions moyennes par véhicule ont regressé de manière nettement plus significative que les concentrations mesurées. Ces observations sont également confirmées par les mesures effectuées à Lausanne (Figure 60), où le volume du trafic est resté quasiment inchangé depuis 1991 alors que les concentrations de polluants ont, elles, fortement reculé, à savoir de 55 % pour le NO_x et de 70 % pour le CO. Dans les stations de Härkingen et Sion, le trafic a augmenté, ce qui a compensé une partie des réductions d'émissions dues aux véhicules.

Figure 59 > volume de trafic et concentration de polluants, 1991 – 2013, Sion-Aéroport

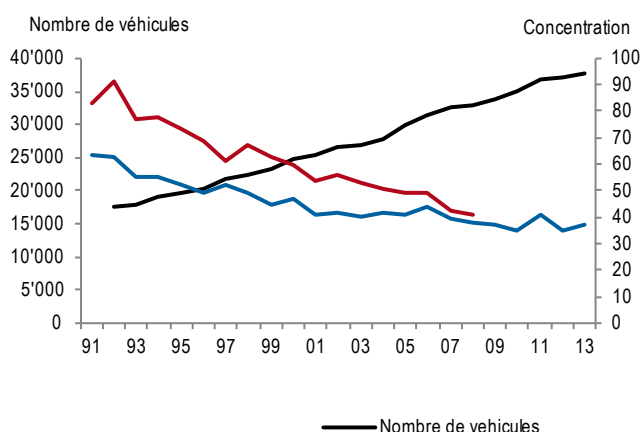
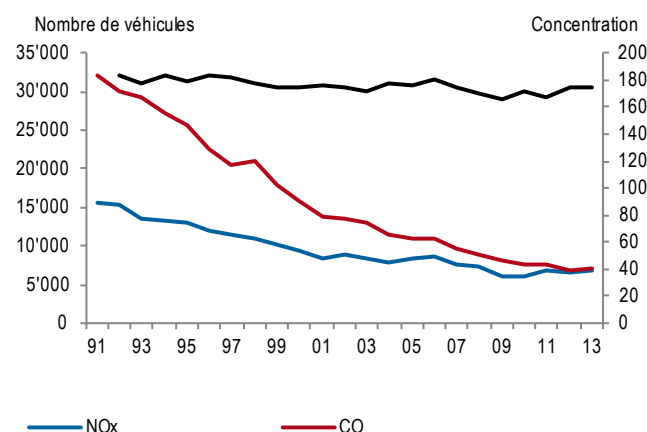


Figure 60 > volume de trafic et concentration de polluants, 1991 – 2013, Lausanne-César-Roux



Concentration en ppb (NO_x) et en µg/m³*100 (CO)

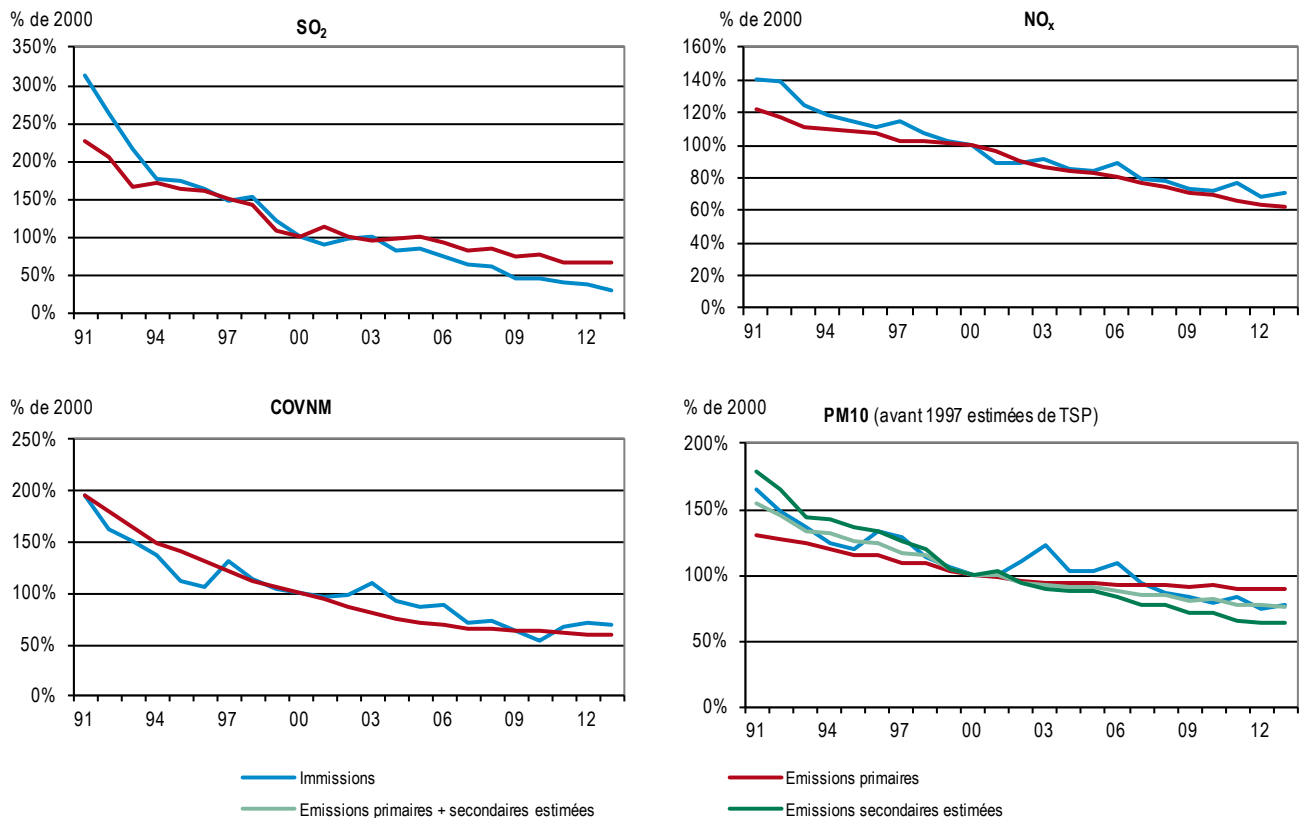
15 > Perspectives

La pollution de l'air en Suisse a considérablement diminué depuis le milieu des années 1980. Cette amélioration est le résultat des 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 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 61).

Diminution des émissions et des immissions

Figure 61 > 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 les écosystèmes. 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. Il faut donc continuer à prendre des mesures visant à réduire les émissions.

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 incommodantes (c'est-à-dire excessives).

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: valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air

Annexe A2: description des emplacements

Annexe A3: programme de mesure

Annexe A4: méthodes de mesure

Annexe A5: unités de mesure et grandeurs statistiques

Annexe A6: homogénéisation des séries de mesures de la station de Berne

Annexe A1: 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 A1). 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: les valeurs limites à brève échéance (p. ex. moyennes horaires, moyennes journalières ou valeur 95 % des moyennes semi-horaires), qui reflètent les fortes fluctuations des concentrations de polluants dans l'air, ainsi que les pics momentanés de pollution, et 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 A1 > 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	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
	100 µg/m ³	95 % des moyennes semi-horaires d'une année ≤ 100 µg/m ³
	80 µg/m ³	Moyenne par 24h; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Poussières fines PM10	20 µg/m ³	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
	50 µg/m ³	Moyenne par 24h; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Ozone (O ₃)	100 µg/m ³	98 % des moyennes semi-horaires d'un mois ≤ 100 µg/m ³
	120 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	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
	100 µg/m ³	95 % des moyennes semi-horaires d'une année ≤ 100 µg/m ³
	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 fines (PM10)	500 ng/m ³	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Cadmium (Cd) dans les poussières fines (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»

Annexe A2: description des emplacements des stations

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 2011 (www.empa.ch/nabel) sur le réseau NABEL.

Tableau A2 > 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 Biènné; 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 l'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.
Payeme 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-Kaseme 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 A3: programme de mesure NABEL

Tableau A3 > Programme de mesure NABEL (état au 1^{er} janvier 2013)

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

X = Moyennes de 10 minutes

W = Moyennes hebdomadaires

XA = Moyennes de 10 minutes (relevées par MétéoSuisse)

¹⁾ composantes uniques

S = Moyennes horaires

2S = Moyennes sur 2h

T = Moyennes journalières

2W = Moyennes sur 2 sem. M = Moyennes mensuelles J = Moyennes annuelles

Annexe A4: méthodes de mesure

Tableau A4 > Méthodes et appareils de mesure (état 2013)

Polluant	Prélèvements	Méthode	Remarques
Oxydes d'azote (NO et NO ₂)	moyennes de 10 minutes	chimioluminescence	étalonnage avec du NO (gaz de référence), degré d'efficacité du convertisseur: titrage en phase gazeuse
Ozone (O ₃)	moyennes de 10 minutes	absorption UV	contrôle de fonctionnement avec générateur de O ₃ ; étalonnage: photomètre UV (photomètre de référence standard NIST)
Composés organiques volatils (non méthaniques)	moyennes de 10 minutes	détecteur FID	étalonnage avec du méthane, vérification du cutter avec du propane
Composés organiques volatils (Composantes uniques)	moyennes 1h ou 2h	Chromatographie gazeuse avec détecteur FID ou PID	étalonnage avec du pentane et du benzène (NIST) ou un étalon de composants NPL30
Dioxyde de soufre (SO ₂)	moyennes de 10 minutes	fluorescence UV	étalonnage au moyen de gaz de référence (SO ₂) sous pression
Monoxyde de carbone (CO)	moyennes de 10 minutes	absorption infrarouge, Cavity Ring-Down Spectroscopy	étalonnage au moyen de gaz de référence (CO)
Dioxyde de carbone (CO ₂)	moyennes de 10 minutes	Cavity Ring-Down Spectroscopy	étalonnage au moyen de gaz de référence (CO ₂)
Poussière fines (PM10, PM2,5, PM1)	moyennes journalières	gravimétrie sur filtres en fibre de verre	résultats comparables avec le procédé de référence selon la norme CEN 12341
	moyennes de 10 minutes	TEOM-FDMS ou absorption de rayonnement bêta	
Soufre dans PM10	moyennes journalières	Chromatographie à ions	
Pb, Cd dans PM10	échantillon semestriel / moyenne annuelle	séparation dans des récipients sous semi-pression en fours à microondes, analyse par ICP-MS	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, Ni dans les retombées de poussière	échantillon trimestriel / moyenne annuelle	hydrolyse acide, analyses avec ICP-MS	sur la base du même échantillon liquide selon la norme VDI 2267, Bl. 4 (Cd, Pb), Zn, Cu, Tl, Ni et As
Substances dans les précipitations	moyennes hebdomadaires	pluviomètre «Wet-only» analyses: pH par électrodes en verre, conductivité par cellules de mesure et chromatographie à ions	Manuel EMEP
Aérosols à base d'azote	moyennes journalières	séparation sur filtres imprégnés, chromatographie à ions	Manuel EMEP
Ammoniac	moyennes de 10 minutes	Cavity Ring-Down Spectroscopy	Étalonnage au moyen d'ammoniac (perméation)
Nombre de particules	moyennes de 10 minutes	compteur de particules de condensation	Instruments utilisés en mode de comptage un par un grâce à une dilution prédéterminée
Suie (BC)	moyennes de 10 minutes	Appareil de photométrie d'absorption multi-angle ou éthalomètre	Calibrage selon le protocole EUSAAR-2

*) Les modèles d'appareils utilisés sont décrits dans l'annexe C du rapport technique sur NABEL.

Annexe A5: 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 Jungfrauoch (653 hPa, -8 °C) et de Davos (831 hPa, 3 °C).

Tableau A5 >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)	Jungfrauoch (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 A5 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 immisions 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 A6: 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 2013

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

L'année 2013 en chiffres	Basel-Binningen		Coordonnées: 610 890 / 265 605
	Suburbain		Altitude: 316 m

Polluants			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	2,7	2,3	2,2	1,6	0,8	0,8	1,0	0,8	1,0	1,5	1,5	2,7	1,6
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	6,0	5,2	5,4	3,5	2,3	2,0	2,4	3,1	3,2	3,3	5,4	6,7	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	32,3	29,2	30,9	20,1	10,3	10,4	14,5	13,0	14,8	21,6	25,6	35,9	21,5
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	54,6	55,8	63,9	34,6	21,7	24,7	31,5	22,4	28,0	38,4	53,6	62,6	63,9
	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	8,7	5,0	5,3	2,4	1,4	1,4	1,2	1,7	2,9	6,0	10,7	20,4	5,6
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	30,2	17,1	21,2	5,5	4,4	4,3	3,1	5,4	8,0	26,2	51,2	68,5	68,5
NO _x	Moyennes	ppb	23,8	19,3	20,4	12,4	6,5	6,6	8,5	8,2	10,0	16,1	22,0	35,1	15,8
	Moyenne journal. max.	ppb	44,5	38,7	46,5	21,5	12,7	15,7	18,1	13,5	19,8	41,1	69,1	82,3	82,3
O ₃	Moyennes	µg/m ³	23	41	44	60	60	72	84	67	47	28	24	21	48
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	78	85	93	123	109	146	163	136	118	76	75	69	163
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	85	101	97	151	120	171	177	158	147	89	80	77	177
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	17	0	56	159	48	13	0	0	0	293
	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	23	24	30	21	9	11	18	14	13	12	14	21	17
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	44	66	59	53	27	23	27	32	42	33	41	38	66
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	10	19	22	-	82	45	47	62	42	33	15	25	37

-) pas de mesures disponibles

Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	1,7	0,4	3,8	10,2	11,9	17,5	21,6	19,5	15,7	12,6	5,3	3,0	10,3
	Degrés-jours chauf.1)	(°C*d)	562	549	503	255	174	9	0	0	17	98	416	528	3112
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	36	62	87	147	162	251	272	226	146	86	39	48	131
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	84	78	75	71	77	69	67	71	78	82	82	81	76
Précipitation	Total	mm	42	64	58	85	93	71	83	90	68	98	80	77	908
Pression	Moyennes	hPa	978	977	970	977	975	981	982	981	980	980	979	985	979

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.

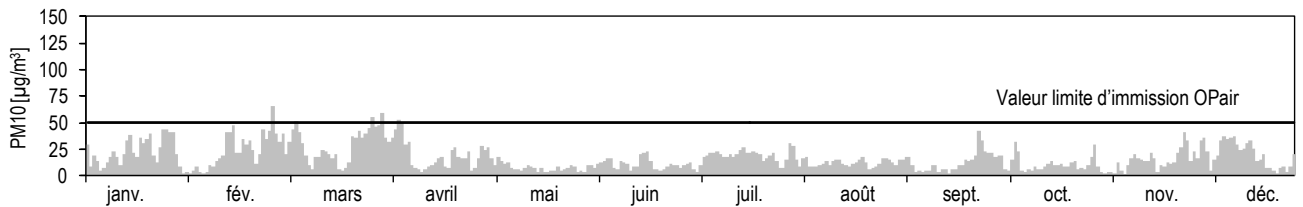
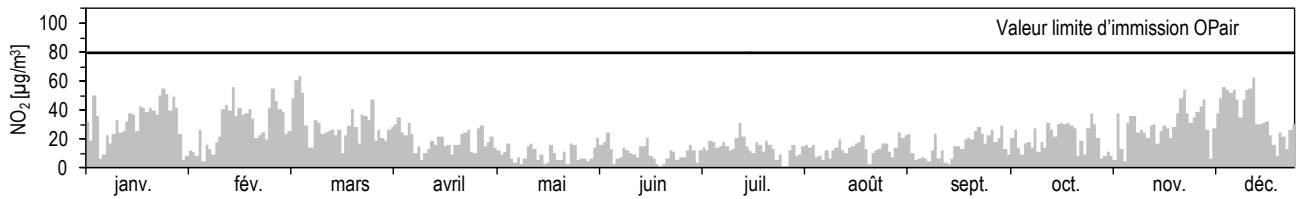
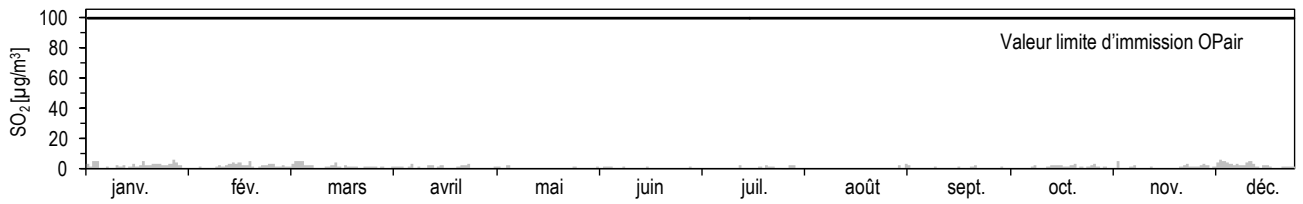
L'année 2013
en chiffres

Basel-Binningen
Suburbain

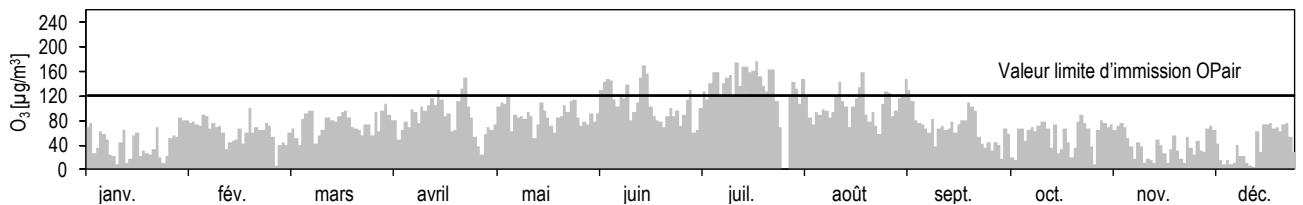


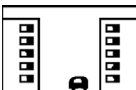
Coordonnées: 610 890 / 265 605
Altitude: 316 m

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2013 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	51	53	51	41	33	37	41	37	35	37	42	58	43
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	73	76	96	57	57	60	58	49	55	54	63	77	96
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NO	Moyennes	µg/m ³	43	30	31	22	20	20	19	20	24	38	43	81	33
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	75	66	105	43	42	32	33	34	47	67	81	160	160
NO _x	Moyennes	ppb	61	52	52	40	33	35	37	36	38	50	56	95	49
	Moyenne journal. max.	ppb	96	92	134	62	64	57	55	51	64	75	90	169	169
O ₃	Moyennes	µg/m ³	15	31	32	44	48	52	60	51	34	18	18	9	35
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	52	64	76	109	89	114	126	117	91	57	59	53	126
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	62	81	82	123	101	142	140	130	122	67	70	62	142
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	2	0	9	24	13	1	0	0	0	49
	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	0,55	0,53	0,53	0,42	0,33	0,35	0,38	0,34	0,34	0,40	0,44	0,69	0,44
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,78	0,82	0,91	0,57	0,44	0,63	0,66	0,45	0,50	0,67	0,79	1,04	1,04
	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	32	41	44	30	19	20	25	23	19	19	24	31	27
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	67	95	102	73	37	39	36	43	31	36	63	56	102
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	4	9	9	4	0	0	0	0	0	0	2	2	30
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	55	73	110	144	162	112	112	134	82	70	91	59	100

Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	1,0	-0,7	3,2	9,6	11,6	17,0	21,4	19,6	15,8	12,2	4,9	1,3	9,8
	Degrés-jours chauf.1)	(°C*d)	588	579	522	283	175	18	0	0	10	100	433	578	3287
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	47	77	99	153	176	250	270	232	157	86	46	53	137
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	80	76	75	69	70	64	63	66	72	80	78	80	73
Précipitation	Total	mm	28	34	39	75	86	67	98	60	66	117	75	43	787
Pression	Moyennes	hPa	952	951	944	952	950	956	958	957	956	956	954	961	954

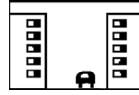
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Trafic		janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour	18 994	19 723	20 347	20 809	21 205	21 677	pour cause de travaux, aucune donnée valable n'est disponible						

L'année 2013
en chiffres

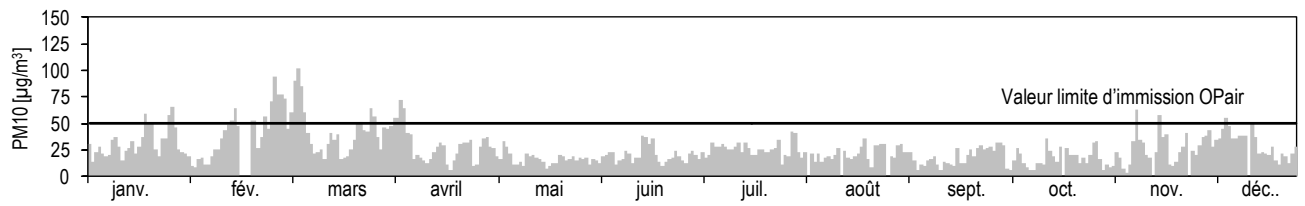
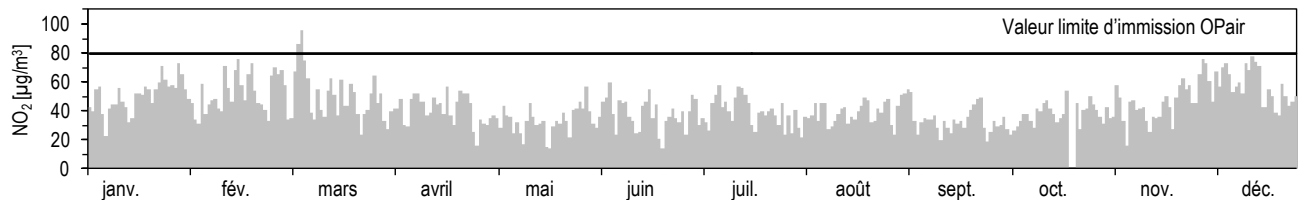
Bern-Bollwerk

Urbain, trafic

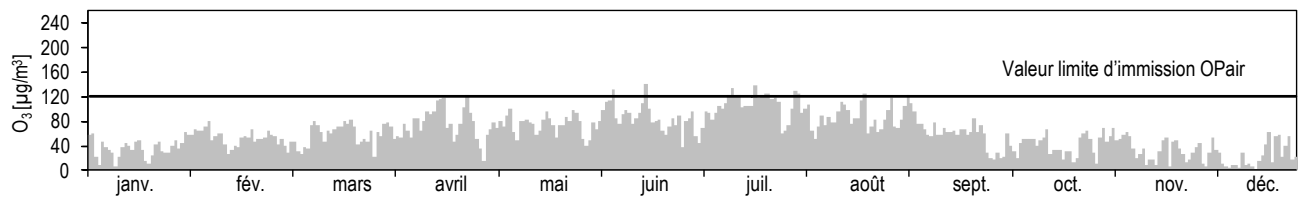



Coordonnées: 600 170 / 199 990
Altitude: 536 m

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2013 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	7,8	10,7	10,3	9,1	4,0	4,2	5,2	4,3	4,4	5,0	7,2	4,3	6,3
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	27,2	25,2	20,8	20,2	9,8	6,5	8,6	6,9	9,0	10,3	16,2	11,7	27,2
	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	0,5	0,7	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,6	0,3	0,4
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	2,9	3,5	2,4	1,6	1,0	0,6	0,4	0,6	0,8	1,1	2,4	0,7	3,5
NO _x	Moyennes	ppb	4,5	6,1	5,9	5,1	2,4	2,4	2,9	2,4	2,5	2,9	4,2	2,4	3,6
	Moyenne journal. max.	ppb	15,8	16,0	12,6	11,3	6,0	3,9	4,7	4,1	5,3	6,1	10,4	6,7	16,0
O ₃	Moyennes	µg/m ³	65	71	81	85	82	92	112	97	78	62	55	76	80
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	94	98	106	137	111	151	157	140	139	83	82	94	157
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	100	111	116	167	119	170	164	155	163	90	88	98	170
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	49	0	93	335	105	38	0	0	0	620
	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	4,4	10,3	11,7	13,7	5,5	8,5	13,3	9,7	7,1	5,0	3,3	3,2	7,9
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	17,7	31,6	34,8	48,8	16,9	21,8	20,2	16,9	17,9	12,9	10,7	8,8	48,8
	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	-1,6	-5,0	-0,4	5,0	6,4	12,1	16,9	15,1	11,7	8,7	0,9	1,7	6,0
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	669	701	634	407	421	191	8	46	191	324	574	567	4722
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	56	72	109	147	165	231	272	232	154	84	47	58	136
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	86	90	82	83	86	79	75	77	83	88	88	72	82
Précipitation	Total	mm	52	87	70	84	135	158	124	101	117	123	117	105	1273
Pression	Moyennes	hPa	884	882	877	885	884	890	893	892	889	889	885	891	887

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)

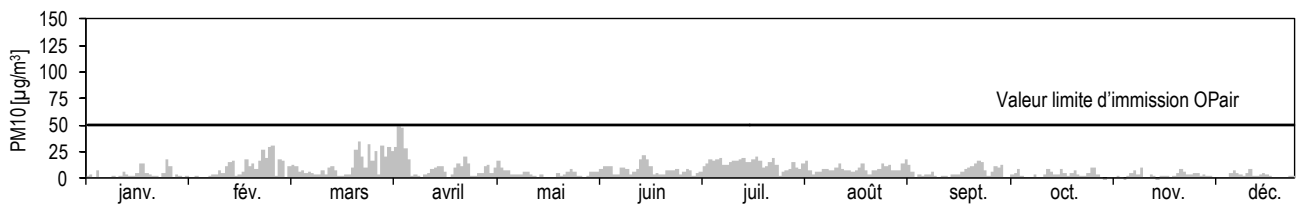
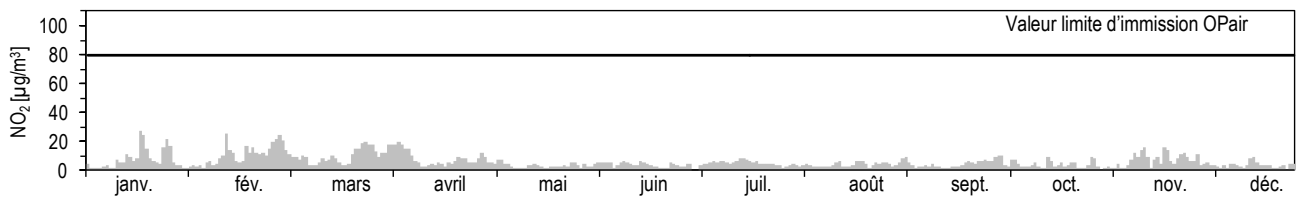
L'année 2013
en chiffres

Chaumont
Rural, altitude > 1000 m

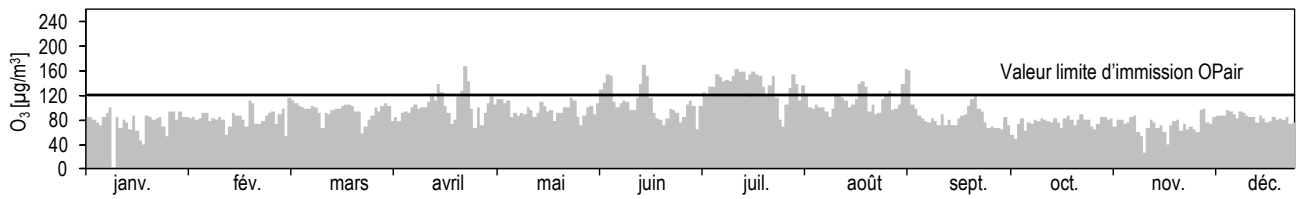



Coordonnées: 565 090 / 211 040
Altitude: 1136 m

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃




L'année 2013 en chiffres	Davos-Seehornwald		Coordonnées: 784 450 / 187 735
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1637 m

Polluants ¹⁾			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	5,9	6,5	6,0	4,3	2,3	2,4	2,5	2,3	2,5	3,0	5,8	3,3	3,9
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	20,5	17,0	19,4	11,7	3,4	3,3	4,7	3,2	5,1	6,1	22,5	7,1	22,5
	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	0,41	0,38	0,35	0,22	0,14	0,11	0,10	0,10	0,18	0,35	0,63	0,22	0,26
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	2,52	1,13	2,02	0,45	0,33	0,33	0,35	0,28	0,53	1,20	5,60	0,57	5,60
NO _x	Moyennes	ppb	3,9	4,2	3,9	2,8	1,5	1,5	1,6	1,5	1,7	2,2	4,1	2,2	2,6
	Moyenne journal. max.	ppb	14,6	11,3	13,5	7,4	2,3	2,1	3,2	2,0	3,4	4,0	18,7	4,4	18,7
O ₃	Moyennes	µg/m ³	61	68	78	80	73	74	80	70	59	49	47	69	67
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	88	90	100	114	98	113	116	102	97	76	71	82	116
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	91	94	108	122	102	118	136	115	117	82	78	87	136
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	2	0	0	5	0	0	0	0	0	7
	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
PM ₁₀	Moyennes	µg/m ³	3,06	5,6	5,8	7,17	4,19	5,5	7,1	6,87	3,01	2,65	2,25	0,98	4,5
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	13,21	30,44	22,24	22,98	31,74	14,68	18,25	20,34	8,45	6,91	4,34	1,8	31,74
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

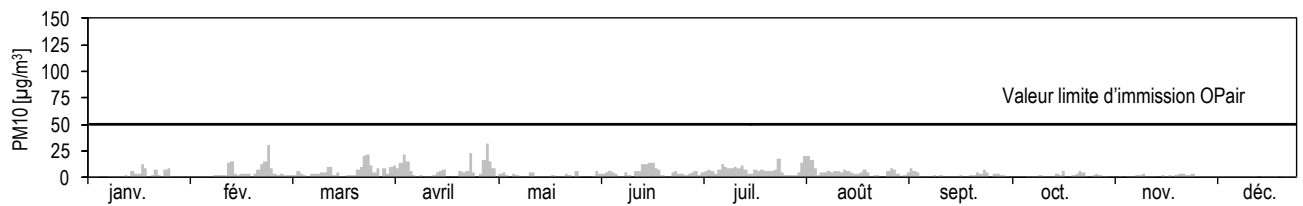
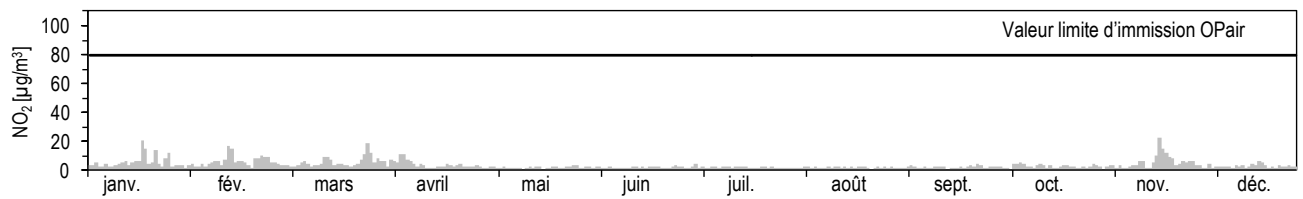
1) Station de Davos-Seehornwald: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m³ et en mg/m³ à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A5.

Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	-4,1	-7,6	-1,8	3,5	4,6	9,3	13,9	12,7	8,8	6,5	-1,5	-0,4	3,7
	Degrés-jours chauf. ²⁾	(°C*d)	746	773	676	494	478	297	44	173	307	433	644	633	5685
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	60	106	144	202	180	228	257	212	148	105	68	58	147
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	71	74	66	69	78	74	68	71	74	78	81	54	71
Précipitation	Total	mm	22	30	19	24	87	102	48	90	96	89	67	17	691
Pression	Moyennes	hPa	830	827	824	833	831	838	841	840	837	837	832	839	834

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)

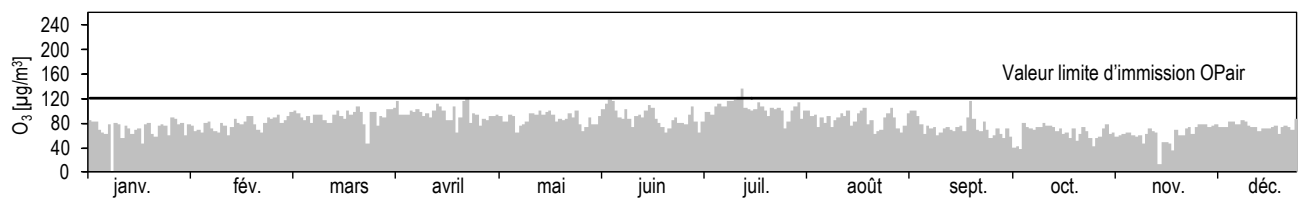
L'année 2013 en chiffres	Davos-Seehornwald		Coordonnées: 784 450 / 187 735
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1637 m

Moyennes journalières pour NO₂¹⁾




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 A5.

Moyennes horaires maximales par jour pour O₃¹⁾




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 A5.

L'année 2013 en chiffres	Dübendorf-Empa		Coordonnées: 688 675 / 250 900
	Suburbain		Altitude: 432 m

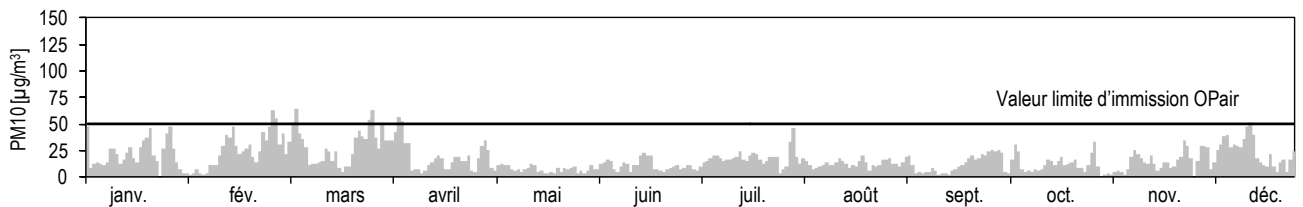
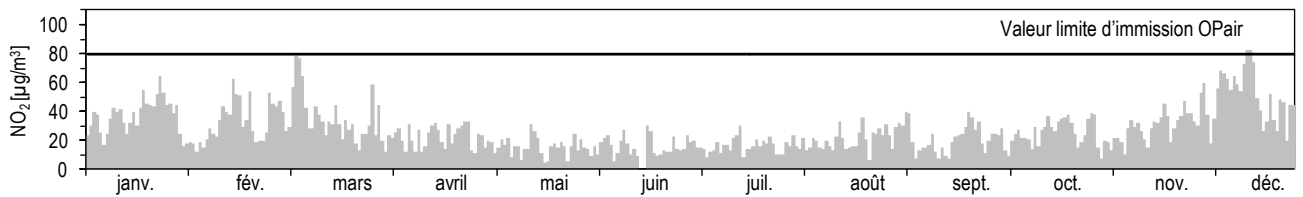
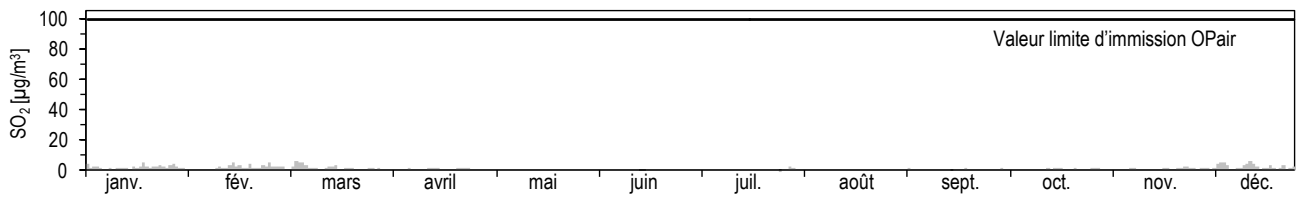
Polluants			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	2,4	2,3	2,1	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	1,0	1,2	2,6	1,3
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	5,6	5,2	6,4	1,9	1,2	1,0	1,1	2,9	1,9	1,8	2,6	6,0	6,4
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	37	33	36	23	16	16	17	20	22	26	28	49	27
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	65	62	79	34	31	30	30	36	40	39	47	83	83
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
NO	Moyennes	µg/m ³	14,4	5,2	12,2	3,1	1,9	2,2	1,5	3,4	7,2	17,5	14,8	58,7	12,0
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	67,5	25,8	81,7	12,0	8,0	6,7	5,7	11,2	29,6	65,0	85,9	208,3	208,3
NO _x	Moyennes	ppb	31	21	29	14	10	10	10	13	17	27	26	73	24
	Moyenne journal. max.	ppb	88	47	107	27	20	20	18	26	45	70	89	210	210
O ₃	Moyennes	µg/m ³	23	44	41	56	60	67	82	64	43	23	24	15	45
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	75	81	86	127	108	140	157	145	126	70	74	69	157
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	80	100	93	150	124	157	189	158	151	82	79	73	189
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	24	3	58	162	67	19	0	0	0	333
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	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	0,40	0,38	0,39	0,30	0,21	0,21	0,23	0,24	0,25	0,33	0,32	0,60	0,32
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,64	0,63	0,78	0,42	0,28	0,29	0,29	0,38	0,40	0,58	0,70	1,30	1,30
	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	61	47	58	41	31	36	44	51	59	69	52	112	55
	Moyenne journal. max.	µgCH ₄ /m ³	125	90	165	75	55	86	69	161	178	177	143	282	282
CH ₄	Moyennes	mg/m ³	1,38	1,36	1,37	1,34	1,30	1,30	1,31	1,32	1,32	1,35	1,33	1,43	1,34
PM ₁₀	Moyennes	µg/m ³	22	25	30	21	9	11	16	15	12	14	14	24	18
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	48	64	65	57	35	24	25	47	25	31	35	51	65
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	2	5	2	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	1,2	-0,4	3,1	9,6	11,9	16,9	21,6	19,4	15,3	11,7	4,7	0,8	9,7
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	584	572	524	282	165	18	0	0	10	146	439	594	3332
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	37	58	96	134	168	227	253	203	134	74	35	41	122
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	83	78	75	71	74	69	64	69	76	84	82	87	76
Précipitation	Total	mm	43	48	42	83	165	98	86	64	84	101	99	34	946
Pression	Moyennes	hPa	964	963	956	964	961	967	968	968	966	967	965	972	965

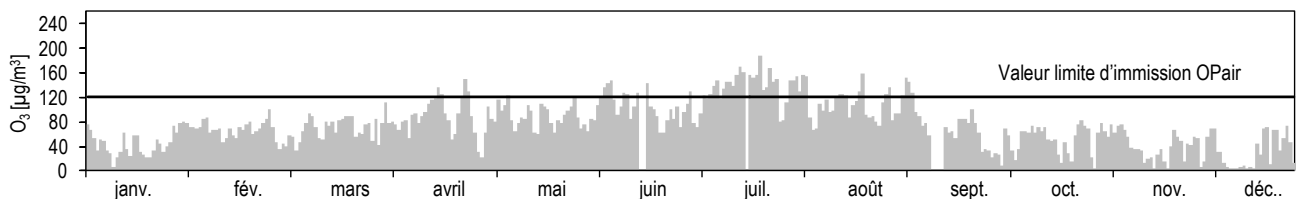
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)


L'année 2013 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 2013 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	1,1	1,2	1,1	0,7	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,3	0,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	2,7	2,6	2,3	1,5	0,8	0,8	0,8	1,0	0,9	1,7	2,2	3,0	3,0
	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	44	43	36	34	26	31	31	35	36	33	48	37
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	75	85	78	61	56	49	61	62	58	57	58	67	85
	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	43	34	38	27	30	21	21	23	33	44	32	61	34
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	92	133	126	75	63	55	47	50	70	104	93	163	163
NO _x	Moyennes	ppb	59	51	52	41	42	30	33	35	45	54	43	74	47
	Moyenne journal. max.	ppb	112	151	142	92	80	70	62	73	86	111	98	165	165
O ₃	Moyennes	µg/m ³	18	37	38	47	48	60	71	53	34	19	23	13	38
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	65	75	84	95	104	145	154	120	103	65	69	59	154
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	79	87	99	129	116	171	170	146	154	74	82	72	171
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	1	0	48	114	15	7	0	0	0	185
	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	0,41	0,41	0,40	0,32	0,23	0,21	0,23	0,23	0,24	0,29	0,28	0,45	0,31
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,62	0,72	0,68	0,44	0,30	0,27	0,32	0,39	0,35	0,42	0,48	0,87	0,87
	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	25	31	32	26	12	14	20	16	14	14	15	23	20
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	51	72	71	56	30	35	30	48	29	31	36	44	72
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	1	6	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	14
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	70	96	68	161	125	81	104	59	63	59	61	59	84

Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	1,0	-0,5	3,0	9,6	12,1	17,2	21,8	19,8	15,7	12,0	5,0	1,0	9,9
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	589	573	526	277	143	9	0	0	9	126	435	590	3277
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	44	69	100	144	181	246	273	229	144	78	43	41	133
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	85	80	77	74	74	69	65	68	76	82	80	88	76
Précipitation	Total	mm	32*	54	34	110	120	73	111	44	84	91	108	61	920
Pression	Moyennes	hPa	964	964	958	965	963	969	970	969	968	968	967	974	966

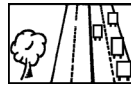
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

*) série incomplète, cf. Annexe A5, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

Trafic: pour cause de travaux, aucune donnée valable sur le trafic en 2013 n'est disponible.

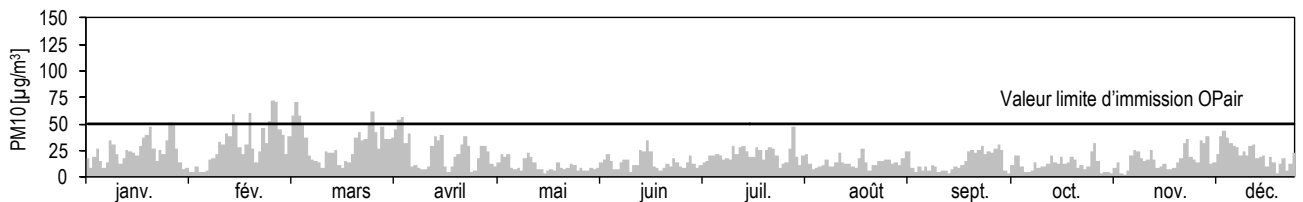
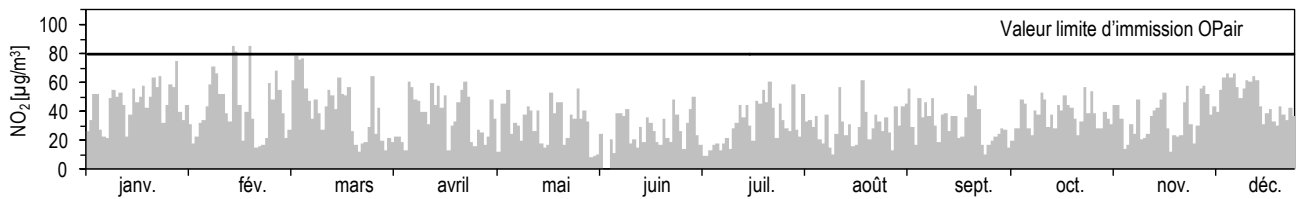
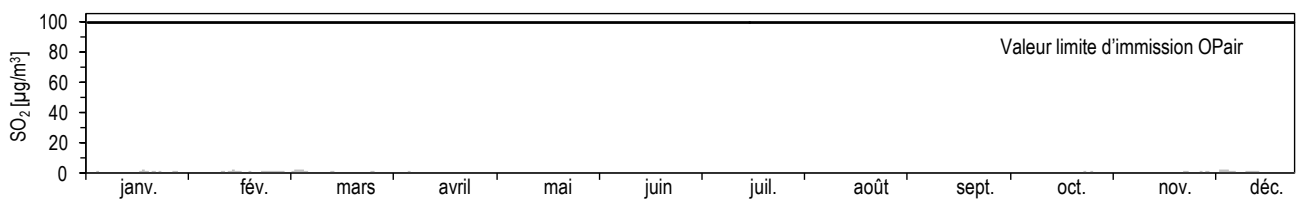
L'année 2013
en chiffres

Härkingen-A1
Rural, autoroute

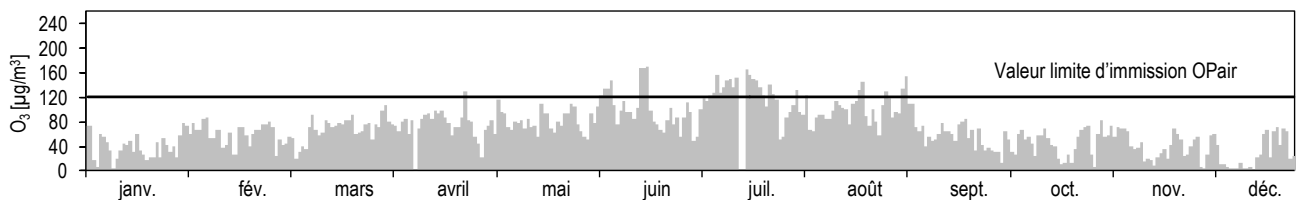



Coordonnées: 628 875 / 240 185
Altitude: 431 m

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2013 en chiffres	Jungfrauoch		Coordonnées: 641 910 / 155 280
	Haute montagne		Altitude: 3580 m

Polluants ¹⁾			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	0,05	0,07	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,03	0,01	0,10	0,06	0,06	0,04
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	0,73	0,30	0,19	0,13	0,03	0,12	0,06	0,15	0,08	0,19	0,45	0,13	0,73
	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	0,32	0,56	0,44*	-	-	-	0,18*	0,16	0,16	0,27	0,39	0,33	0,31
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	1,79	2,54	2,69*	-	-	-	0,39*	0,27	0,36	2,07	1,28	2,61	2,69
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	0*	-	-	-	0*	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m ³	0,05	0,11	0,06*	-	-	-	0,02*	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	0,31	0,56	0,27*	-	-	-	0,06*	0,05	0,07	0,23	0,17	0,41	0,56
NO _x	Moyennes	ppb	0,29	0,54	0,39*	-	-	-	0,16*	0,15	0,14	0,24	0,33	0,29	0,27
	Moyenne journal. max.	ppb	1,43	2,19	2,28*	-	-	-	0,35*	0,25	0,34	1,77	1,13	2,38	2,38
O ₃	Moyennes	µg/m ³	66	67	78	83	78	80	93	77	74	65	67	68	75
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	79	84	93	106	95	105	130	99	111	82	129	85	130
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	89	106	99	151	103	112	143	110	143	100	180	114	180
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	6	0	0	19	0	7	0	17	0	49
	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	0,12	0,11	0,09	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,16	0,21	0,17	0,18	0,12	0,13	0,14	0,11	0,10	0,11	0,12	0,15	0,21
	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	0,7	1,0	1,3	2,6	2,4	3,7	4,8	5,3	1,8	1,3	0,3	0,3	2,1
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	2,0	1,9	3,3	7,4	16,6	17,4	10,5	36,0	13,7	9,1	0,9	0,8	36,0
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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 A5.

-) pas de mesures disponibles

*) série incomplète, cf. Annexe A5, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

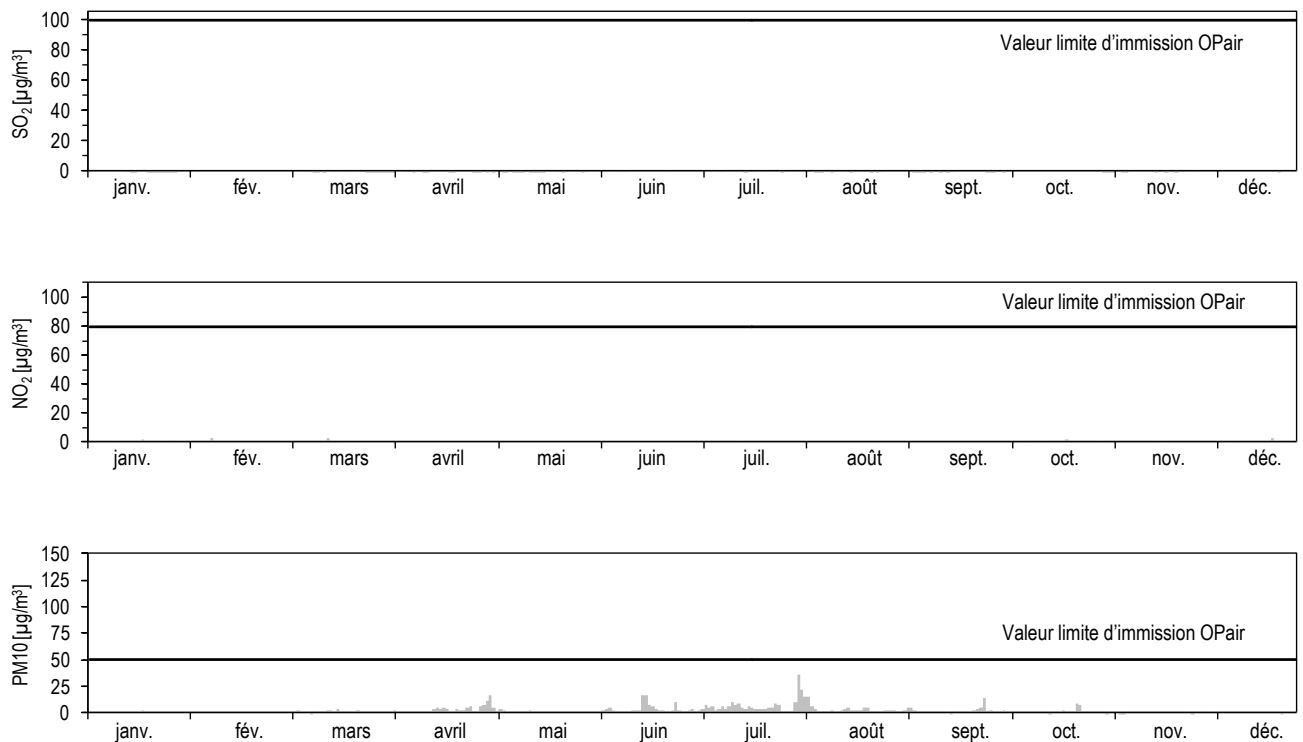
Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	-13,6	-18,6	-13,8	-7,8	-8,0	-3,2	1,7	0,7	-1,8	-4,1	-10,0	-9,6	-7,2
	Degrés-jours chauf. ²⁾	(°C*d)	1040	889	1047	833	869	695	568	598	655	770	900	918	9759
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	86	129	176	242	278	298	302	254	194	133	80	71	187
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	63	75	71	73	89	81	68	70	73	74	63	46	70
Pression	Moyennes	hPa	647	642	642	652	651	660	665	664	660	658	650	656	654

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.

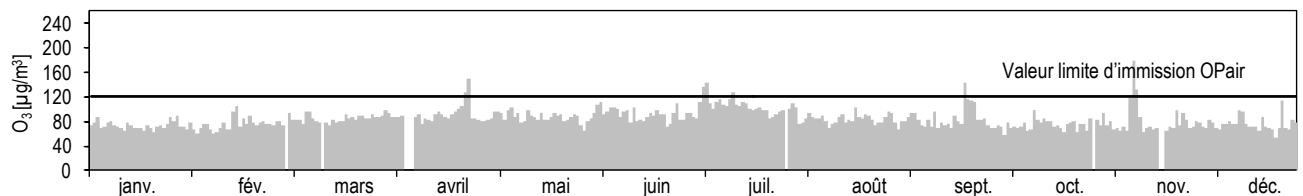
L'année 2013 en chiffres	Jungfrauoch		Coordonnées: 641 910 / 155 280
	Haute montagne		Altitude: 3580 m

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 A5.

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 A5.

L'année 2013 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	18,5	14,4	14,9	10,1	6,6	5,0	5,2	5,5	7,5	10,2	15,4	20,5	11,2
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	35,3	29,0	32,5	18,7	11,5	9,1	9,8	8,7	13,0	19,5	34,6	57,9	57,9
	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	2,4	1,3	1,4	1,0	0,8	0,6	0,4	0,5	1,0	1,3	2,0	3,5	1,4
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	11,0	2,8	4,6	1,9	1,3	1,1	0,6	1,0	2,0	5,7	10,8	26,6	26,6
NO _x	Moyennes	ppb	11,6	8,6	8,9	6,1	4,1	3,1	3,0	3,3	4,7	6,4	9,7	13,5	6,9
	Moyenne journal. max.	ppb	25,5	17,4	20,7	11,3	6,8	5,2	5,5	5,2	7,8	14,8	24,2	51,6	51,6
O ₃	Moyennes	µg/m ³	39	59	66	77	74	85	106	90	66	42	26	35	64
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	78	87	95	132	110	146	158	146	135	67	55	61	158
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	81	95	103	148	118	159	175	158	149	75	62	65	175
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	38	0	80	276	83	27	0	0	0	504
	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

Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	-0,8	-2,6	1,4	7,5	9,3	14,8	19,9	17,8	13,7	10,5	2,6	1,9	8,1
	Degrés-jours chauff. ¹⁾	(°C*d)	646	633	577	340	270	108	0	0	111	236	515	561	3987
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	39	60	99	140	180	236	284	233	147	80	41	53	133
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	89	87	78	76	80	72	63	69	80	84	88	78	79
Précipitation	Total	mm	38	32	41	115	127	42	86	42	77	104	99	40	843
Pression	Moyennes	hPa	933	932	926	934	932	938	940	939	937	937	935	941	935

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 2013
en chiffres

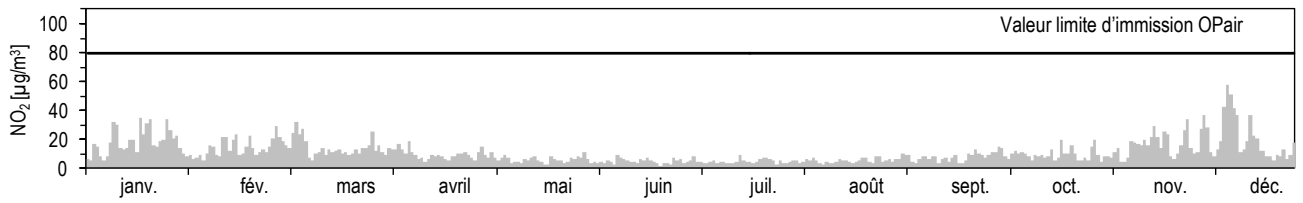
Lägeren

Rural, altitude < 1000 m

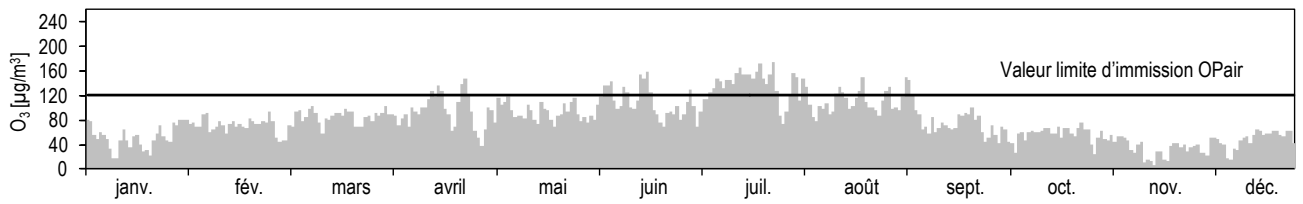


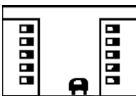
Coordonnées: 669 780 / 259 020
Altitude: 689 m

Moyennes journalières pour NO₂



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2013 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	47	45	50	40	39	39	38	34	42	40	36	57	42
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	62	74	87	66	55	62	54	55	71	51	58	78	87
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NO	Moyennes	µg/m ³	26	20	25	18	18	13	12	10	18	26	21	40	21
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	45	42	64	45	30	24	21	19	43	45	46	99	99
NO _x	Moyennes	ppb	46	39	47	35	35	31	30	26	36	42	36	62	39
	Moyenne journal. max.	ppb	65	71	97	60	48	48	42	41	71	62	64	118	118
O ₃	Moyennes	µg/m ³	23	41	35	51	52	60	76	67	43	25	26	19	43
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	61	71	80	97	87	114	134	112	91	60	62	61	134
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	70	81	92	118	96	153	141	142	108	70	73	70	153
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	10	69	9	0	0	0	0	88
	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	0,44	0,44	0,48	0,39	0,33	0,34	0,37	0,33	0,39	0,41	0,37	0,53	0,40
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,65	0,74	0,80	0,55	0,48	0,48	0,45	0,46	0,64	0,58	0,56	0,83	0,83
	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	24	30	37	25	12	15	18	14	14	15	15	25	20
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	52	77	91	67	32	36	29	23	31	36	37	46	91
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	1	4	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	17
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	57	80	93	94	108	98	78	66	66	66	80	44	78

Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	2,2	0,6	4,7	10,6	12,0	17,7	22,4	20,9	17,0	13,7	6,0	3,9	11,0
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	551	543	473	240	152	8	0	0	9	74	394	500	2944
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	46	85	99	171	174	248	273	242	157	83	54	46	140
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	76	72	70	64	69	62	60	60	68	76	73	77	69
Précipitation	Total	mm	65	48	80	86	139	89	122	40	90	213	113	101	1186
Pression	Moyennes	hPa	953	952	945	953	951	957	958	957	956	956	954	961	955

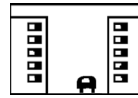
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Trafic		janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour	29 354	30 351	31 293	30 737	31 058	31 353	29 155	27 872	31 207	31 628	32 534	30 471	30 566

L'année 2013
en chiffres

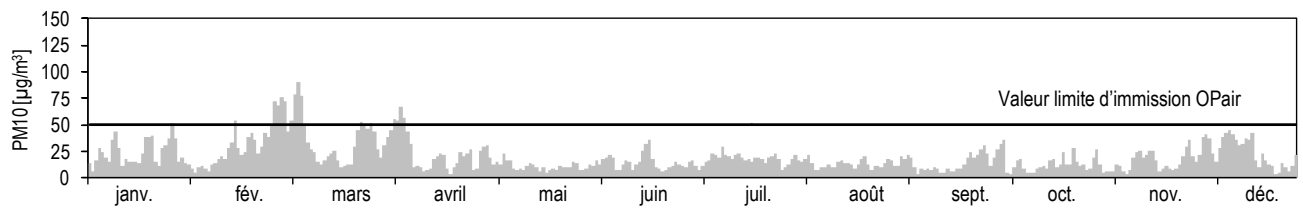
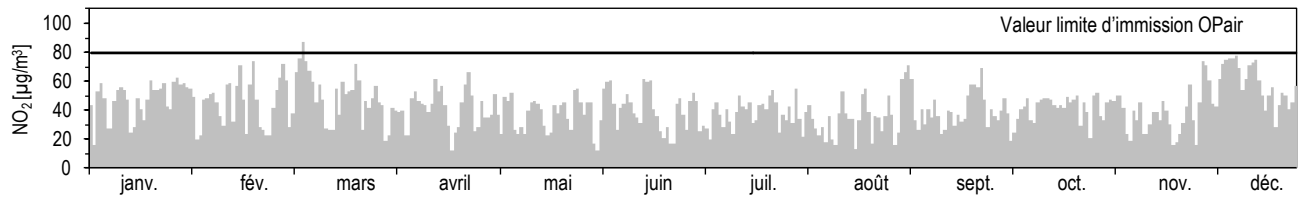
Lausanne-César-Roux

Urbain, trafic

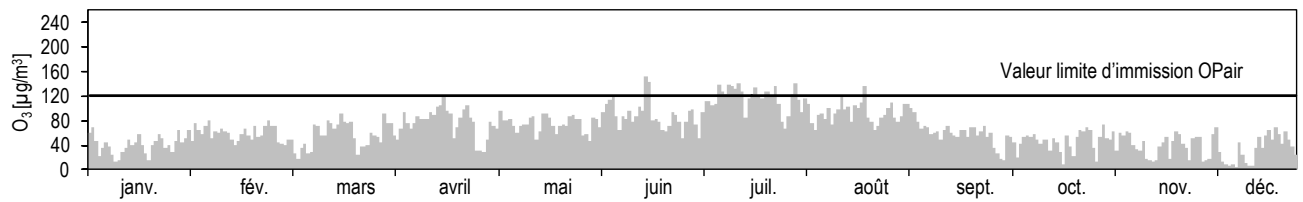


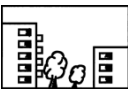
Coordonnées: 538 695 / 152 615
Altitude: 530 m

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2013 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	7,2	5,4	3,6	2,3	1,2	0,9	0,9	0,7	0,9	1,9	3,2	5,9	2,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	11,1	9,2	6,0	3,9	1,7	1,4	1,9	1,1	1,3	3,0	6,6	9,0	11,1
	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	50	45	39	32	20	17	18	17	23	32	36	49	32
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	73	77	71	50	37	28	27	25	30	50	57	70	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	24,1	13,9	6,2	4,6	2,5	1,4	2,6	1,8	3,8	12,9	15,0	32,1	10,1
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	57,1	44,0	15,9	21,9	6,1	4,3	8,0	4,3	9,6	28,9	38,2	77,5	77,5
NO _x	Moyennes	ppb	45	35	26	21	12	10	12	10	15	27	31	51	25
	Moyenne journal. max.	ppb	84	70	50	42	22	17	18	15	22	48	57	99	99
O ₃	Moyennes	µg/m ³	17	34	41	61	65	90	109	95	64	19	23	15	53
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	71	79	96	141	115	181	190	192	158	71	80	77	192
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	99	90	108	170	124	206	203	215	191	90	91	85	215
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	48	4	123	289	180	54	0	0	0	698
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	13	37	19	2	0	0	0	71
CO	Moyennes	mg/m ³	0,59	0,49	0,44	0,37	0,24	0,24	0,25	0,22	0,26	0,38	0,39	0,54	0,37
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,78	0,79	0,63	0,53	0,31	0,33	0,30	0,32	0,33	0,51	0,63	0,82	0,82
	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	112	92	82	91	67	82	82	71	82	113	97	130	92
	Moyenne journal. max.	µgCH ₄ /m ³	199	163	117	142	109	129	101	101	114	177	172	231	231
CH ₄	Moyennes	mg/m ³	1,33	1,33	1,32	1,33	1,27	1,29	1,29	1,29	1,28	1,31	1,32	1,33	1,31
PM10	Moyennes	µg/m ³	29	26	24	20	11	14	17	12	12	19	15	17	18
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	55	67	52	49	34	29	26	28	21	51	60	29	67
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	4	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	9

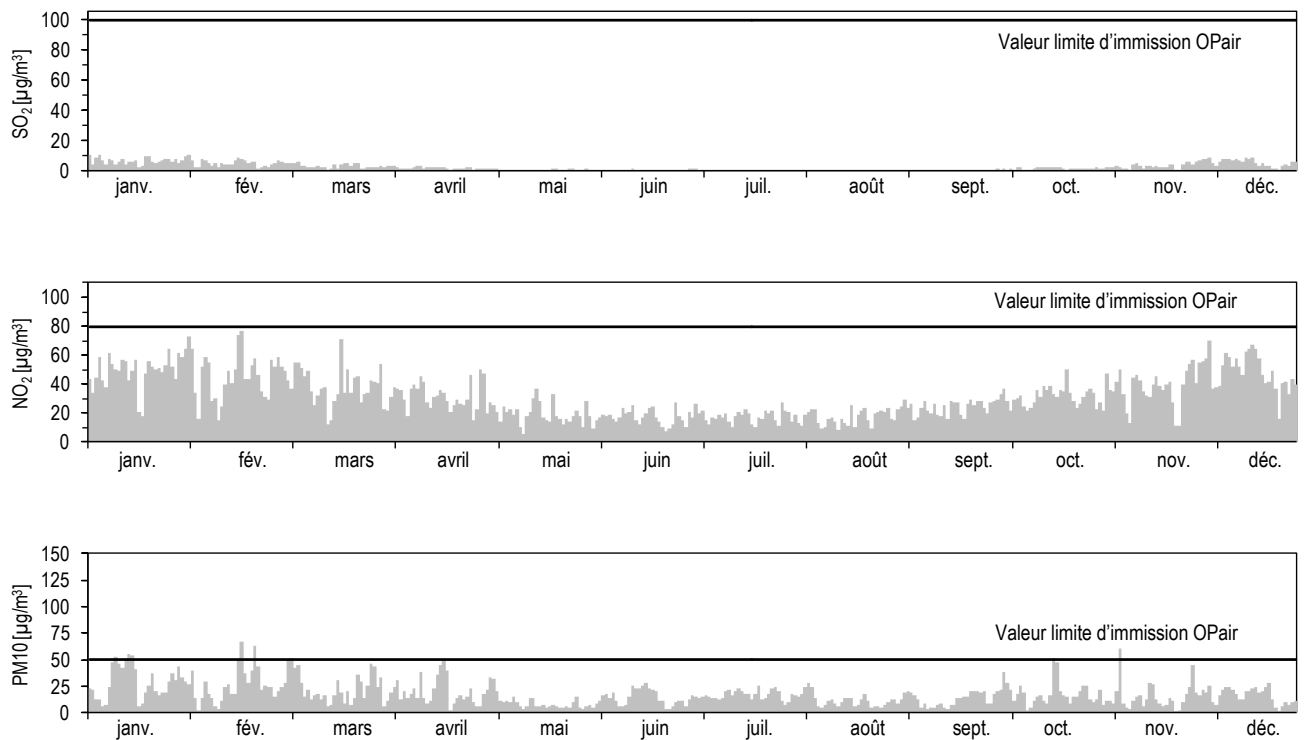
Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	4,8	3,7	6,3	11,6	14,4	20,2	23,7	22,7	18,8	13,8	8,8	5,3	12,9
	Degrés-jours chauff. ¹⁾	(°C*d)	462	457	425	175	37	0	0	0	0	47	278	457	2336
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	61	99	118	162	197	282	283	245	179	65	61	54	151
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	70	64	75	79	71	63	66	65	70	86	72	73	71
Précipitation	Total	mm	38	36	118	288	303	64	139	74	123	215	116	198	1713
Pression	Moyennes	hPa	977	976	972	979	975	980	983	981	980	984	978	988	980

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)

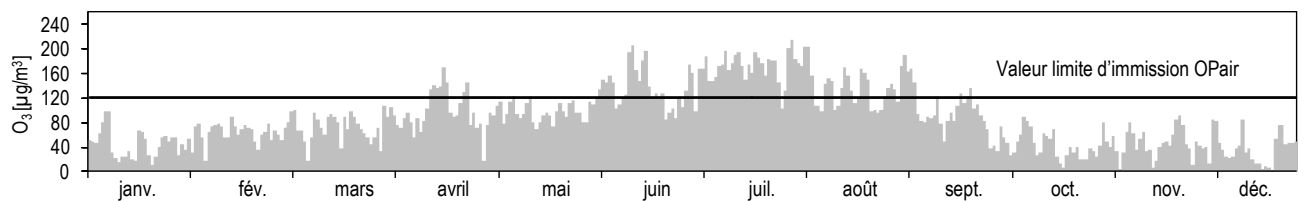
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.


L'année 2013 en chiffres	Lugano-Università		Coordonnées: 717 615 / 096 645
	Urbain		Altitude: 280 m

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃




L'année 2013 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	3,6	2,5	2,4	2,7	1,4	0,9	0,8	0,6	0,7	1,0	1,6	3,4	1,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	5,4	4,6	4,2	5,6	3,1	3,1	2,1	1,1	1,5	2,0	5,2	5,6	5,6
	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	34	28	22	17	10	8	10	9	12	17	22	39	19
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	47	56	34	24	20	14	16	14	18	27	49	63	63
	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	23,9	9,9	3,2	2,0	1,2	1,3	1,4	1,0	2,4	6,5	19,9	65,4	11,6
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	69,4	42,7	10,2	7,7	4,9	2,1	1,9	2,1	6,0	21,4	81,7	155,6	155,6
NO _x	Moyennes	ppb	36,8	22,8	14,0	10,2	6,1	5,0	6,3	5,4	8,0	14,0	27,7	72,9	19,2
	Moyenne journal. max.	ppb	79,5	63,3	25,4	16,6	11,8	8,8	9,7	9,0	13,4	29,1	91,0	157,6	157,6
O ₃	Moyennes	µg/m ³	19	38	48	65	67	79	85	70	48	20	23	13	48
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	72	86	105	146	116	157	173	159	140	70	82	79	173
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	94	97	114	163	124	192	207	207	164	91	88	91	207
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	55	6	98	210	95	27	0	0	0	491
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	2	8	8	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	31	24	23	16	9	14	17	12	11	17	17	30	18
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	63	53	45	37	29	28	25	26	24	41	48	59	63
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	17	25	26	160	73	90	59	64	56	61	26	17	56

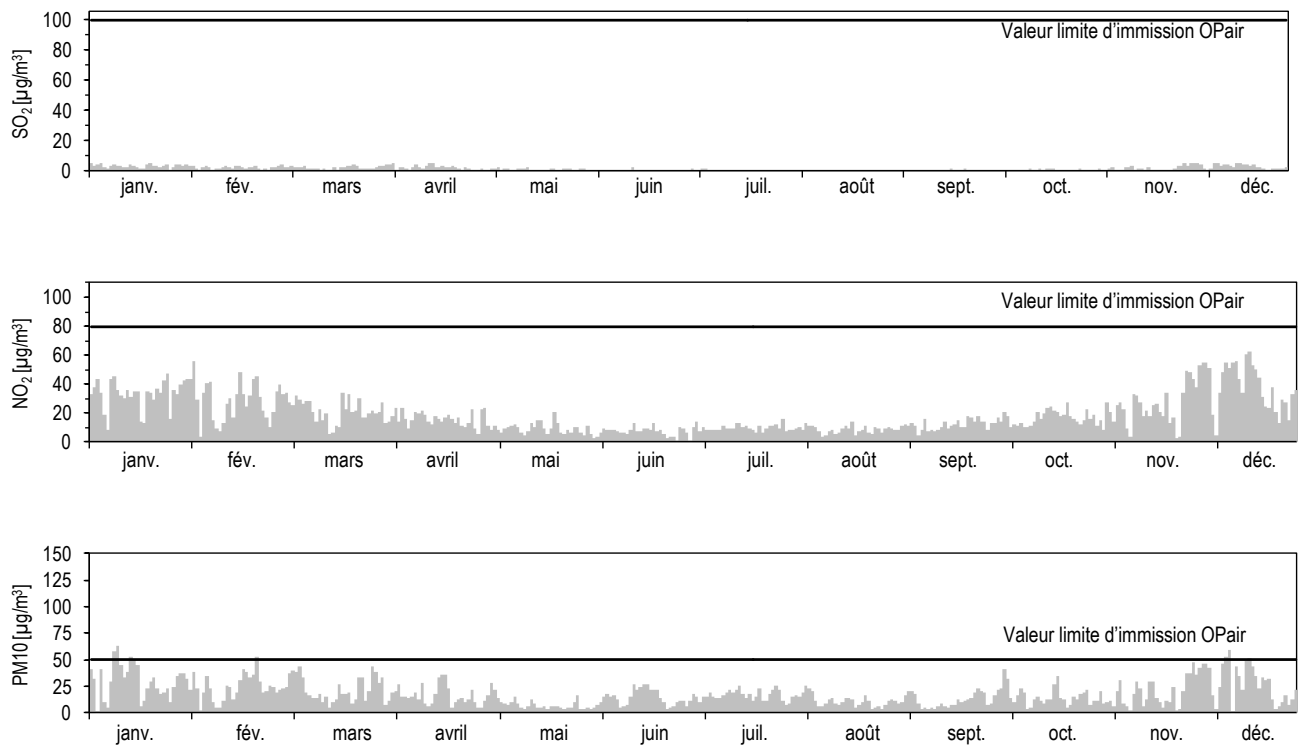
Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	2,6	2,7	6,0	11,9	14,2	19,7	22,5	21,1	17,1	13,0	7,2	1,8	11,7
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	534	486	434	171	55	0	0	0	0	98	363	563	2703
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	59	97	126	165	197	275	279	240	176	69	56	45	149
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	74	65	73	75	70	65	72	72	76	87	77	81	74
Précipitation	Total	mm	35	16	103	337	308	91	104	105	141	301	106	277	1923
Pression	Moyennes	hPa	989	987	983	990	987	992	994	992	991	995	990	1000	991

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)

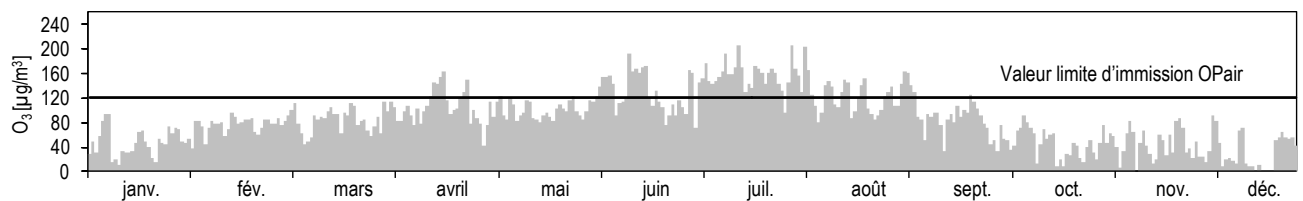
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.


L'année 2013 en chiffres	Magadino-Cadenazzo		Coordonnées: 715 500 / 113 200
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 203 m

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2013 en chiffres	Payerne		Coordonnées: 562 285 / 184 775
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 489 m

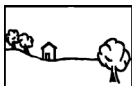
Polluants			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	0,84	0,99	0,71	0,45	0,22	0,31	0,36	0,31	0,29	0,33	0,28	0,48	0,46
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	2,19	1,96	1,68	0,75	0,38	0,51	0,58	0,80	0,74	0,48	0,84	1,15	2,19
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	22,9	20,4	19,7	13,5	7,2	7,5	8,7	8,3	9,1	12,6	15,9	24,8	14,2
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	48,9	42,3	41,4	24,5	16,3	12,2	13,4	13,6	16,3	20,3	38,8	47,6	48,9
	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	3,2	1,7	2,2	1,2	0,7	0,6	0,7	0,7	1,2	2,6	2,5	10,9	2,4
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	13,1	8,4	14,4	3,2	2,1	1,4	2,0	1,9	4,2	9,1	12,2	52,8	52,8
NO _x	Moyennes	ppb	14,6	12,1	12,1	8,0	4,3	4,4	5,1	5,0	5,7	8,6	10,3	21,7	9,3
	Moyenne journal. max.	ppb	36,1	28,8	32,1	14,5	9,7	7,5	7,8	8,1	10,1	17,9	26,1	61,8	61,8
O ₃	Moyennes	µg/m ³	34	53	50	64	65	70	82	68	52	32	34	26	52
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	74	84	95	125	105	144	149	132	124	75	76	74	149
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	83	92	106	141	122	154	158	147	157	89	83	79	158
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	24	1	50	155	49	19	0	0	0	298
	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	0,33	0,35	0,34	0,26	0,18	0,16	0,18*	0,17	0,18	0,22	0,23	0,35	0,25
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,63	0,59	0,60	0,41	0,27	0,21	0,22*	0,23	0,25	0,38	0,37	0,64	0,64
	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	19	26	28	19	7	11	16	12	11	12	12	14	15
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	46	65	72	59	24	29	23	22	28	33	29	26	72
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	9
RP	Moyennes	mg/(m ² jour)	10	13	23	60	98	43	23	52	36	27	11	13	34

*) série incomplète, cf. Annexe A5, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

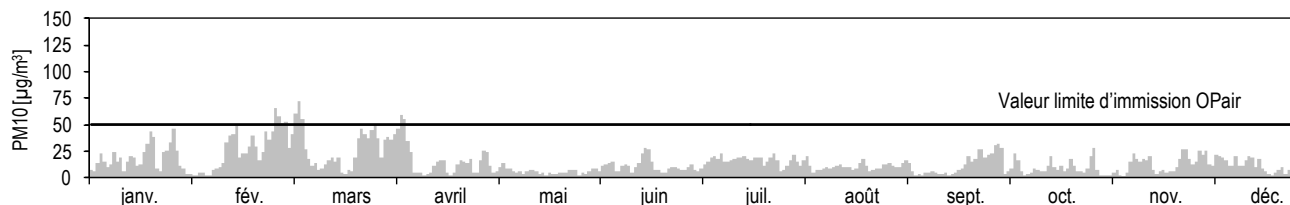
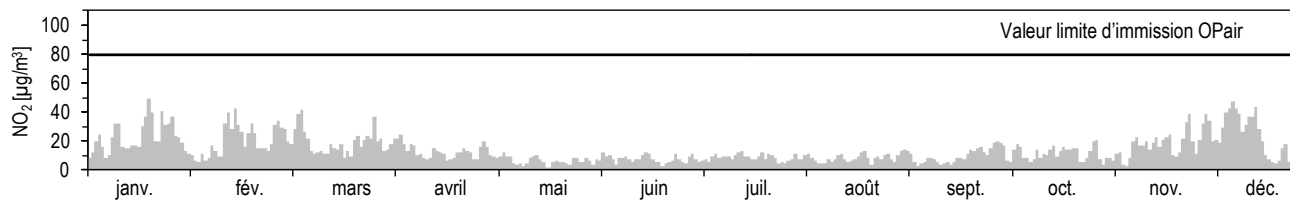
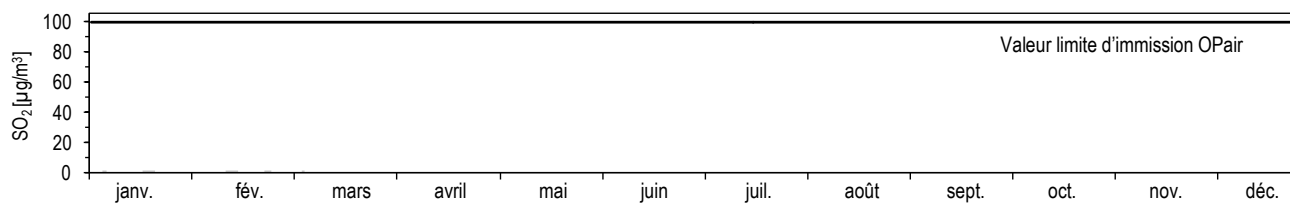
Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	0,7	-0,9	2,6	9,2	10,9	16,2	20,6	18,6	15,0	11,5	4,7	0,5	9,2
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	598	584	538	282	208	34	0	0	27	160	445	605	3483
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	50	83	100	166	187	262	280	247	163	85	52	46	144
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	84	80	82	76	78	73	70	74	80	88	82	89	80
Précipitation	Total	mm	37	47	72	92	115	57	90	69	75	137	90	77	957
Pression	Moyennes	hPa	958	957	950	957	955	961	962	961	960	961	959	966	959

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)

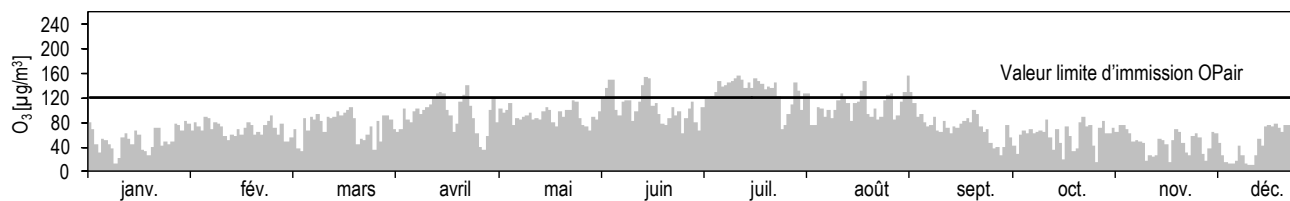
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.


L'année 2013 en chiffres	Payerne		Coordonnées: 562 285 / 184 775
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 489 m

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃




L'année 2013 en chiffres	Rigi-Seebodenalp		Coordonnées: 677 835 / 213 440
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1031 m

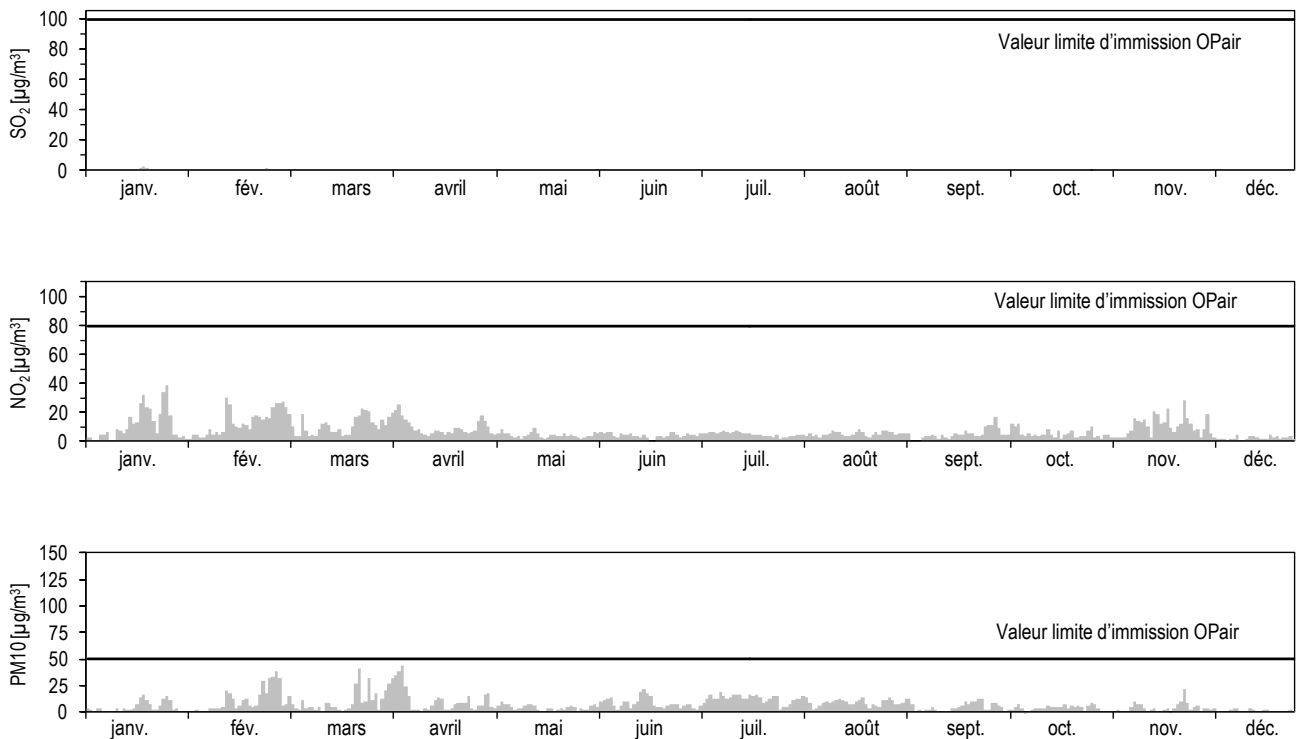
Polluants			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO ₂	Moyennes	µg/m ³	0,52	0,75	0,56	0,37	0,27	0,33	0,41	0,38	0,31	0,23	0,27	0,23	0,38
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	2,81	2,17	1,15	0,78	0,41	0,49	0,77	0,72	0,81	0,36	0,75	0,51	2,81
	Moy. jour. > 100 µg/m ³	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	Moyennes	µg/m ³	11,4	12,5	11,9	10,5	5,0	4,7	5,2	5,2	5,0	6,4	10,0	3,8	7,6
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	38,7	30,4	27,4	25,3	14,1	6,9	7,6	8,1	11,5	17,5	28,4	18,6	38,7
	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	0,79	0,80	0,74	0,55	0,20	0,17	0,18	0,19	0,28	0,51	0,82	0,15	0,45
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	4,40	2,58	2,81	2,27	1,01	0,51	0,53	0,57	0,90	3,93	5,52	1,29	5,52
NO _x	Moyennes	ppb	6,6	7,2	6,8	5,9	2,8	2,6	2,8	2,8	2,8	3,7	5,9	2,1	4,3
	Moyenne journal. max.	ppb	23,4	18,0	16,3	15,1	8,2	4,0	4,2	4,6	6,7	12,3	17,0	10,8	23,4
O ₃	Moyennes	µg/m ³	61	71	78	82	83	91	110	95	76	58	49	79	78
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	97	106	110	134	111	148	157	143	136	83	82	98	157
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	104	113	113	150	126	174	166	158	148	94	89	106	174
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	63	6	76	293	96	38	0	0	0	572
	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	0,23	0,29	0,26	0,23	0,17	0,15	0,16	0,15	0,14	0,15	0,18	0,15	0,19
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,43	0,52	0,42	0,39	0,25	0,18	0,19	0,19	0,21	0,24	0,31	0,23	0,52
	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	5,2	12,0	9,5	12,6	5,4	8,7	12,1	9,7	6,1	4,7	4,4	2,2	7,7
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	16,5	39,0	42,0	44,1	18,6	21,6	19,3	15,8	13,2	9,5	22,1	6,7	44,1
	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)	14	16	12	43	68	67	68	34	35	28	16	11	34

Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	-0,9	-4,3	0,6	5,9	7,6	13,2	17,9	16,0	12,5	9,9	1,4	2,4	6,9
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	648	680	603	381	377	154	0	34	164	246	558	544	4380
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	39	60	99	139	149	204	256	204	139	77	36	45	121
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	78	86	77	80	83	75	71	76	79	81	87	60	78
Précipitation	Total	mm	44	37	52	95	174	170	106	99	132	105	88	30	1132
Pression	Moyennes	hPa	895	893	888	896	895	901	904	902	900	900	897	903	898

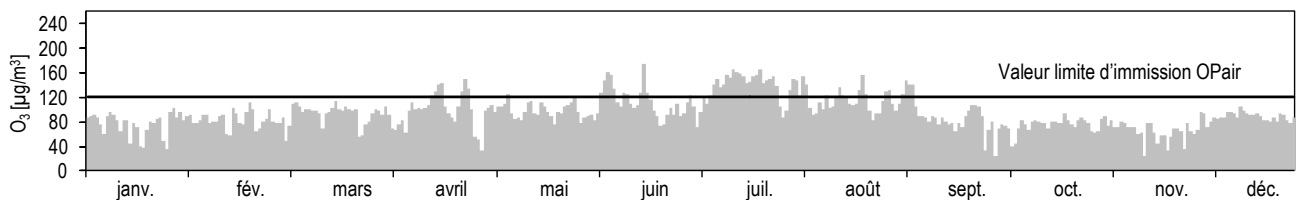
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

L'année 2013 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 2013 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	46	39	26	18	20	23	22	26	31	44	68	35
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	82	66	65	42	28	31	35	34	47	48	66	101	101
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
NO	Moyennes	µg/m ³	43,7	20,3	17,1	10,2	6,6	6,2	7,3	7,5	14,7	25,1	43,2	80,3	23,6
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	91,5	52,9	41,9	34,1	15,7	13,0	11,7	14,8	33,3	58,2	92,2	167,2	167,2
NO _x	Moyennes	ppb	66	40	34	22	15	16	18	17	26	36	57	100	37
	Moyenne journal. max.	ppb	116	76	68	45	27	27	28	28	51	71	109	187	187
O ₃	Moyennes	µg/m ³	14	36	42	55	62	64	69	60	43	21	13	11	41
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	55	80	97	117	103	120	136	120	111	63	60	51	136
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	74	89	104	129	111	134	148	151	125	76	75	61	151
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	6	0	16	68	13	4	0	0	0	107
	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	32	29	26	21	10	14	17	15	14	15	23	33	21
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	46	61	60	60	35	40	26	23	30	33	46	51	61
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	10

Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	0,9	0,4	5,6	11,2	12,8	18,2	21,9	20,5	16,3	12,7	3,8	0,5	10,5
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	593	548	448	223	116	17	0	0	0	125	485	606	3161
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	59	110	141	210	236	281	286	256	187	111	59	50	166
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	74	70	65	66	66	62	65	65	72	79	84	78	70
Précipitation	Total	mm	21	59	30	45	82	25	52	31	45	66	96	17	568
Pression	Moyennes	hPa	959	957	950	958	956	961	962	962	961	962	959	967	959

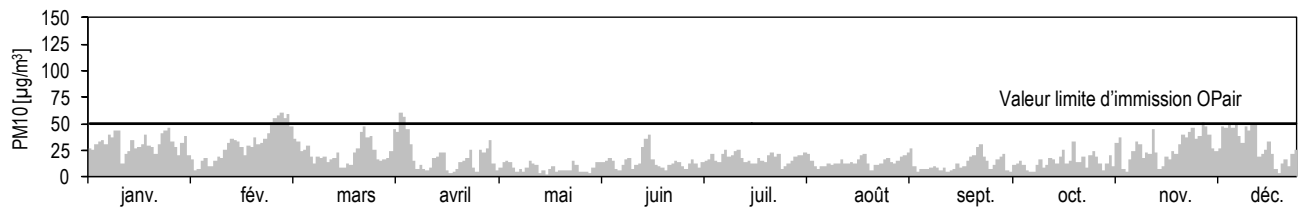
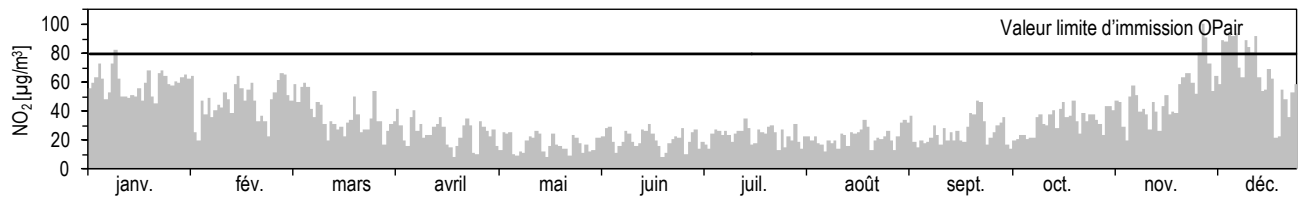
¹⁾ Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

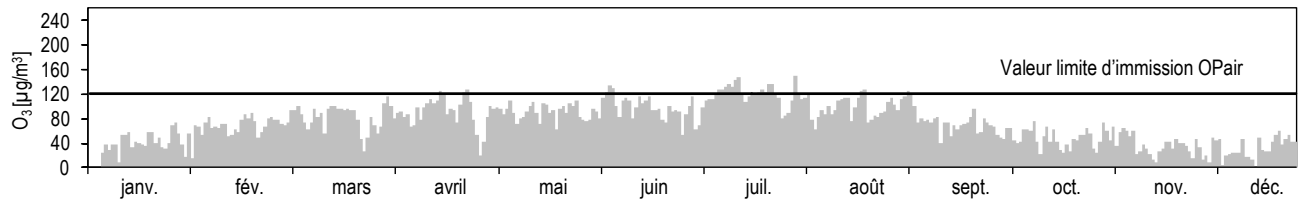
Trafic		janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour	35 501	38 063	38 953	37 521	36 636	37 406	38 707	38 866	38 755	39 120	36 955	36 982	37 758


L'année 2013 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 2013 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	21,2	20,7	18,5	11,5	7,6	7,1	7,4	8,0	8,9	13,0	16,7	24,6	13,7
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	42,0	41,8	42,9	18,1	14,8	11,7	10,3	14,9	14,5	19,8	32,0	45,2	45,2
	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	4,6	2,5	2,8	1,6	1,0	1,0	0,8	1,2	1,7	4,3	5,6	14,0	3,4
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	23,6	7,0	12,7	3,9	4,0	2,7	1,9	2,9	7,7	20,1	34,1	57,0	57,0
NO _x	Moyennes	ppb	14,8	12,8	11,9	7,3	4,7	4,5	4,5	5,2	6,0	10,3	13,3	24,1	9,9
	Moyenne journal. max.	ppb	36,6	27,5	32,6	12,2	10,9	7,4	6,3	9,9	13,3	24,8	36,7	69,2	69,2
O ₃	Moyennes	µg/m ³	36	53	54	65	67	71	85	69	51	32	30	26	53
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	80	88	92	126	110	141	154	135	123	74	75	72	154
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	90	99	100	145	122	154	183	171	154	87	82	75	183
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	20	3	50	151	58	16	0	0	0	298
	Moy. hor. > 180 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	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	18,0	26,0	27,0	18,0	9,0	10,0	15,0	12,0	10,0	12,0	12,0	16,0	15,0
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	43,0	68,0	65,0	55,0	36,0	22,0	21,0	23,0	26,0	31,0	32,0	28,0	68,0
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7

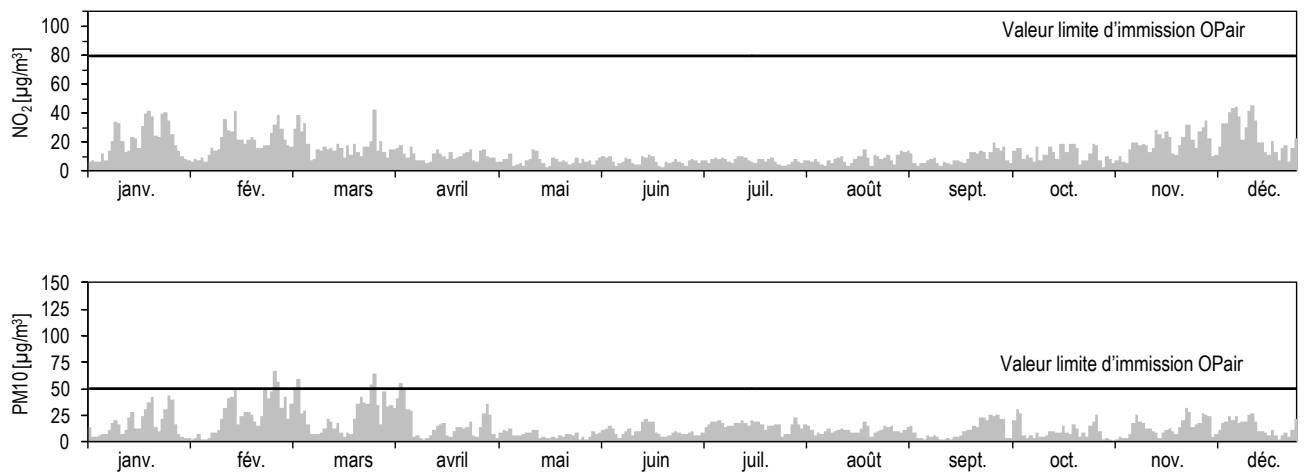
Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	0,5	-1,8	2,0	8,6	11,0	15,5	19,8	17,8	14,0	10,7	3,8	0,0	8,6
	Degrés-jours chauf. ¹⁾	(°C*d)	604	610	559	301	205	53	0	0	81	231	464	619	3718
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	42	66	104	141	182	232	277	222	143	78	39	49	132
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	84	84	80	77	78	76	71	76	82	87	86	88	81
Précipitation	Total	mm	67	76	58	106	146	130	87	68	112	110	140	35	1134
Pression	Moyennes	hPa	951	950	944	952	949	955	957	956	954	955	953	960	953

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)

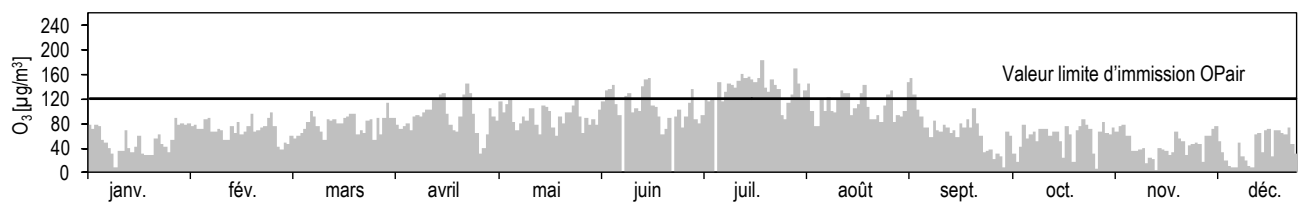
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.


L'année 2013 en chiffres	Tänikon		Coordonnées: 710 500 / 259 810
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 538 m

Moyennes journalières pour NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2013 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	3,7	3,3	3,5	1,7	1,1	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,4	3,8	2,0
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	6,3	6,8	10,0	3,2	1,9	1,5	2,1	2,8	1,9	1,9	3,6	8,3	10,0
	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	40	36	44	30	20	20	20	24	26	31	31	52	31
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	71	58	93	45	32	35	33	46	51	46	52	90	93
	Moy. jour. > 80 µg/m ³	Nb jours	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
NO	Moyennes	µg/m ³	14,8	6,7	12,8	4,6	2,7	2,4	2,2	3,3	6,4	15,8	15,1	53,2	11,8
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	67,0	21,3	73,9	16,9	7,5	4,7	5,0	11,8	22,1	60,6	93,6	200,6	200,6
NO _x	Moyennes	ppb	33	24	33	19	13	12	12	15	19	29	28	70	26
	Moyenne journal. max.	ppb	91	47	107	37	22	22	19	34	42	72	101	207	207
O ₃	Moyennes	µg/m ³	23	43	41	57	62	70	89	69	46	26	24	16	47
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m ³	73	77	86	123	108	140	156	142	121	68	71	65	156
	Moyenne horaire max.	µg/m ³	78	86	93	150	122	156	179	161	149	82	77	70	179
	Moy. hor. > 120 µg/m ³	Nb heures	0	0	0	20	2	49	161	57	16	0	0	0	305
	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	0,40	0,39	0,40	0,32	0,24	0,23	0,23	0,22	0,24	0,29	0,30	0,50	0,31
	Moyenne journal. max.	mg/m ³	0,64	0,64	0,73	0,45	0,32	0,36	0,32	0,36	0,40	0,53	0,65	1,09	1,09
	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	62	51	64	51	43	41	46	51	49	59	55	109	57
	Moyenne journal. max.	µgCH ₄ /m ³	133	79	181	122	158	84	69	106	116	157	173	273	273
CH ₄	Moyennes	mg/m ³	1,36	1,35	1,35	1,32	1,29	1,29	1,29	1,30	1,30	1,34	1,33	1,42	1,33
PM10	Moyennes	µg/m ³	23	26	31	21	10	12	16	15	12	15	15	26	19
	Moyenne journal. max.	µg/m ³	48	65	69	59	39	25	25	32	26	30	39	50	69
	Moy. jour. > 50 µg/m ³	Nb jours	0	2	6	2	0	0	0	0	0	0	0	1	11
RP	Moyennes	mg/(m ² d)	17	39	47	57	9	103	50	55	51	41	28	25	44

Météorologie			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	2,4	0,7	4,2	10,5	12,8	18,0	22,9	20,8	16,7	13,1	5,9	3,0	11,0
	Degrés-jours chauff. ¹⁾	(°C*d)	546	541	490	249	122	9	0	0	9	82	398	528	2973
Rayonnement global	Moyennes	W/m ²	36	58	95	137	169	225	267	213	141	76	36	43	125
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	77	74	70	67	69	63	58	62	70	76	76	79	70
Précipitation	Total	mm	48	43	43	89	179	100	86	69	100	114	119	36	1023
Pression	Moyennes	hPa	967	966	959	967	964	970	971	971	969	970	968	975	968

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 2013
en chiffres

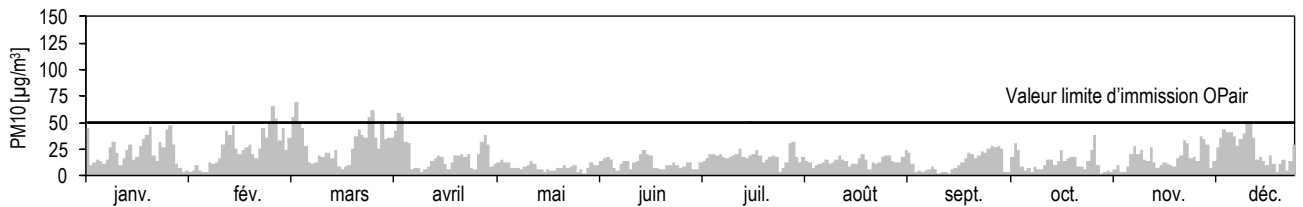
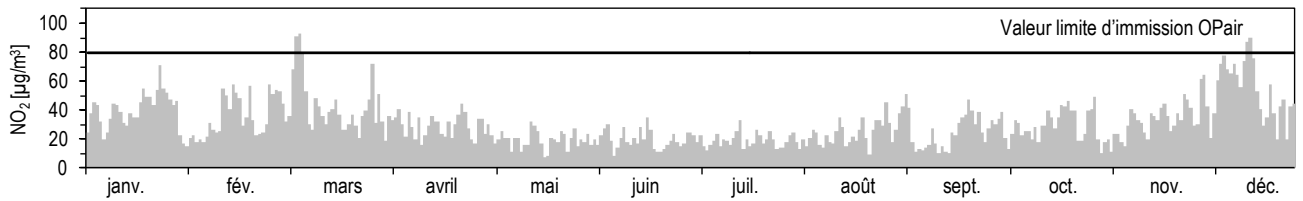
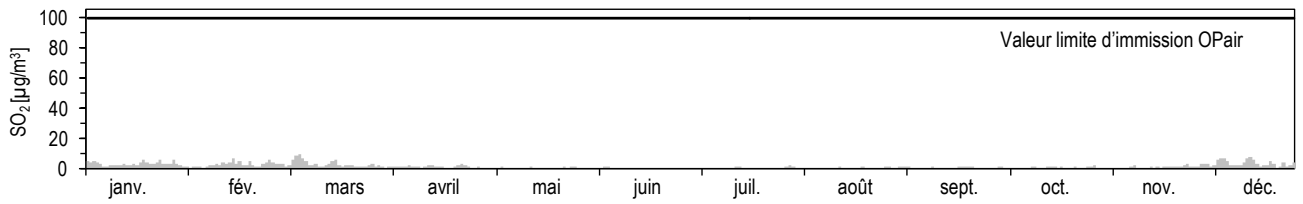
Zürich-Kaserne

Urbain

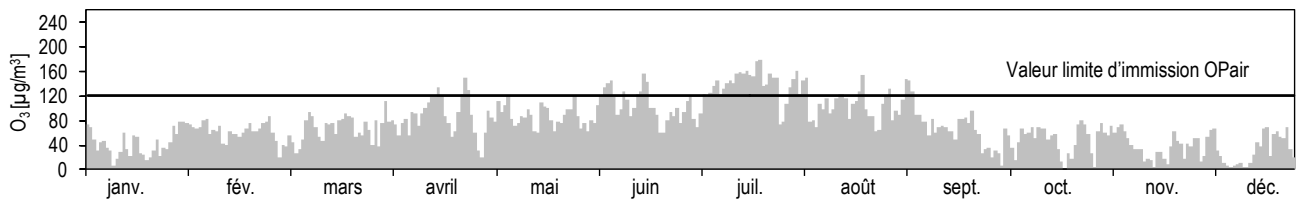



Coordonnées: 682 450 / 247 990
Altitude: 409 m

Moyennes journalières pour SO₂, NO₂ et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O₃



L'année 2013 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/m³	0,68	1,02	0,71	0,52	0,18	0,11	0,12	0,13	0,18	0,27	0,45	0,28	0,39
Toluène	Moyennes	µg/m³	0,62	0,65	0,54	0,51	0,30	0,29	0,35	0,33	0,36	0,54	0,60	0,23	0,44
Ethylbenzène	Moyennes	µg/m³	0,09	0,08	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,08	0,10	0,04	0,07
m/p-xylène	Moyennes	µg/m³	0,23	0,16	0,15	0,17	0,09	0,13	0,09	0,08	0,12	0,20	0,26	0,10	0,15
o-xylène	Moyennes	µg/m³	0,10	0,07	0,06	0,07	0,04	0,05	0,04	0,03	0,05	0,08	0,11	0,06	0,06

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

	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
--	-------	------	------	-------	-----	------	-------	------	-------	------	------	------	-------


Hydrocarbures saturés

Ethane	Moyennes	µg/m³	2,84	3,70	3,25	2,79	2,16	1,43	1,11	1,04	1,16	1,57	2,22	2,10	2,11
Propane	Moyennes	µg/m³	1,86	2,38	1,83	1,28	0,68	0,47	0,48	0,49	0,55	0,88	1,46	1,21	1,13
n-Butane	Moyennes	µg/m³	0,90	1,05	0,78	0,53	0,29	0,25	0,28	0,30	0,31	0,48	0,76	0,55	0,54
n-Pentane	Moyennes	µg/m³	0,44	0,48	0,39	0,36	0,21	0,25	0,36	0,32	0,33	0,44	0,48	0,20	0,36
n-Hexane	Moyennes	µg/m³	0,11	0,11	0,08	0,07	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,10	0,11	0,06	0,07
Isobutane	Moyennes	µg/m³	0,51	0,64	0,47	0,32	0,16	0,14	0,15	0,16	0,17	0,28	0,43	0,29	0,31
Isopentane	Moyennes	µg/m³	0,59	0,63	0,52	0,51	0,30	0,41	0,56	0,55	0,49	0,58	0,63	0,33	0,51
Σ Isohexane	Moyennes	µg/m³	0,52	0,55	0,45	0,42	0,27	0,32	0,42	0,42	0,43	0,51	0,58	0,35	0,44
Σ Isoheptane	Moyennes	µg/m³	0,27	0,28	0,22	0,19	0,12	0,09	0,11	0,11	0,14	0,22	0,27	0,10	0,18

Hydrocarbures non saturés

Ethène	Moyennes	µg/m³	1,15	1,05	0,78	0,42	0,25	0,19	0,18	0,19	0,23	0,36	0,80	0,36	0,50
Propène	Moyennes	µg/m³	0,19	0,15	0,13	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08	0,16	0,09	0,11
Σ Butène	Moyennes	µg/m³	0,18	0,12	0,10	0,10	0,12	0,17	0,14	0,13	0,12	0,14	0,14	0,07	0,13
Σ Pentène	Moyennes	µg/m³	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,04	0,04	0,06	0,07	0,04	0,06
Ethyne	Moyennes	µg/m³	0,65	0,87	0,69	0,50	0,18	0,10	0,11	0,11	0,13	0,20	0,35	0,24	0,34
Isoprène	Moyennes	µg/m³	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,07	0,15	0,12	0,07	0,07	0,04	0,02	0,08
1,3-Butadiène	Moyennes	µg/m³	0,05	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03

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 2013 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/m³	1,18	1,15	1,24	0,80	0,41	0,42	0,44	0,52	0,63	0,99	0,98	1,68	0,88
Toluène	Moyennes	µg/m³	2,89	2,12	2,95	2,36	1,85	2,29	2,32	2,60	2,85	4,21	3,75	5,57	3,04
Ethylbenzène	Moyennes	µg/m³	0,57	0,42	0,45	0,36	0,33	0,29	0,28	0,26	0,22	0,35	0,32	0,36	0,35
m/p-xylène	Moyennes	µg/m³	1,82	1,28	1,76	1,33	1,12	1,18	1,22	0,76	0,82	1,35	1,08	1,50	1,30
o-xylène	Moyennes	µg/m³	0,64	0,46	0,58	0,46	0,45	0,43	0,43	0,37	0,35	0,53	0,42	0,53	0,48

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

	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
--	-------	------	------	-------	-----	------	-------	------	-------	------	------	------	-------

Hydrocarbures saturés


Ethane	Moyennes	µg/m³	4,14	4,27	4,19	3,43	2,13	1,70	1,33	1,38	1,65	2,27	2,77	3,88	2,78
Propane	Moyennes	µg/m³	3,57	3,31	3,42	2,50	1,40	1,60	1,59	1,75	2,00	2,70	2,79	4,70	2,64
n-Butane	Moyennes	µg/m³	2,64	2,19	2,71	1,69	1,27	1,39	1,45	1,64	1,84	2,72	2,67	4,84	2,32
n-Pentane	Moyennes	µg/m³	1,05	0,79	1,07	0,83	0,60	0,84	0,97	0,95	1,17	1,49	1,15	1,92	1,09
n-Hexane	Moyennes	µg/m³	0,30	0,24	0,29	0,21	0,16	0,21	0,24	0,29	0,33	0,58	0,41	0,65	0,33
Héptane	Moyennes	µg/m³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isobutane	Moyennes	µg/m³	1,54	1,28	1,64	0,97	0,70	0,75	0,74	0,83	0,95	1,50	1,29	2,55	1,26
Isopentane	Moyennes	µg/m³	1,97	1,41	2,17	1,84	1,53	2,32	2,78	2,97	3,03	3,52	2,47	4,67	2,59
Σ Isohexane	Moyennes	µg/m³	1,83	1,38	1,94	1,50	1,24	1,59	1,76	1,98	2,17	3,25	2,25	3,49	2,04
Σ Isoheptane	Moyennes	µg/m³	1,29	0,90	1,54	1,15	0,68	0,76	0,82	0,85	0,90	1,40	1,01	1,78	1,12

Hydrocarbures non saturés

Ethène	Moyennes	µg/m³	2,55	1,74	1,89	1,09	0,61	0,66	0,61	0,70	0,94	1,35	1,67	3,37	1,47
Propène	Moyennes	µg/m³	0,68	0,50	0,60	0,42	0,32	0,35	0,38	0,42	0,48	0,60	0,64	1,15	0,56
Σ Butène	Moyennes	µg/m³	0,76	0,62	0,82	0,60	0,56	0,53	0,44	0,54	0,69	0,81	0,67	1,05	0,68
Σ Pentène	Moyennes	µg/m³	0,36	0,27	0,38	0,22	0,20	0,24	0,26	0,33	0,41	0,49	0,37	0,70	0,37
Ethyne	Moyennes	µg/m³	1,72	1,42	1,61	1,05	0,48	0,48	0,47	0,49	0,60	0,93	1,14	1,88	1,05
Isoprène	Moyennes	µg/m³	0,16	0,11	0,15	0,11	0,12	0,23	0,30	0,30	0,23	0,24	0,23	0,38	0,22
1,3-Butadiène	Moyennes	µg/m³	0,13	0,11	0,13	0,08	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,23	0,12

-) pas de mesures disponibles

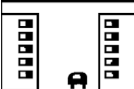
Facteurs de transformation (F): [ppb] * F = [µg/m³]
 F_Ethane = 1,25 F_Propane = 1,83 F_n-Butane = 2,42 F_n-Pentane = 3,00 F_n-Hexane = 3,58
 F_Isobutane = 2,42 F_Isopentane = 3,00 F_total Isohexane = 3,58 F_total Isoheptane = 4,17
 F_Ethène = 1,17 F_Propène = 1,75 F_total Butène = 2,33 F_total Pentène = 2,92 F_Ethyne = 1,08
 F_Isoprène = 2,83 F_1,3-Butadiène = 2,25

L'année 2013 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	1,14	1,10	1,09	0,70	0,36	0,33	0,39	0,48	0,55	0,82	1,01	1,81	0,81
Toluène	Moyennes	µg/m ³	2,32	1,59	2,37	1,76*	1,25	1,70	2,00*	17,26*	92,47*	43,07*	2,75	6,54	14,70

* Dans le cas du toluène, de fortes pollutions locales ont été observées

Facteurs de transformation (F): [ppb] * F = [µg/m³]
 F_Benzène = 3,25 F_Toluène = 3,83

L'année 2013 COV en chiffres	Bern-Bollwerk		Coordonnées: 600 170 / 199 990
	Urbain, trafic		Altitude: 536 m

COV composés aromatiques			janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Benzène	Moyennes	µg/m ³	1,71	1,46	1,38	1,07	0,86	0,84	1,05	0,98	0,93	1,02	0,98	1,75	1,17
Toluène	Moyennes	µg/m ³	5,63	3,64	4,01	3,11	2,84	3,89	4,20	3,94	4,23	4,53	3,94	6,55	4,22
Ethylbenzène	Moyennes	µg/m ³	0,78	0,51	0,59	0,52	0,51	0,58	0,68	0,62	0,64	0,69	0,53	0,86	0,63
m/p-xylène	Moyennes	µg/m ³	3,46	2,16	2,54	2,16	1,97	2,43	2,70	2,49	2,58	2,82	2,29	3,77	2,62
o-xylène	Moyennes	µg/m ³	0,97	0,65	0,77	0,68	0,63	0,76	0,86	0,79	0,81	0,89	0,71	1,14	0,81

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