

# > NABEL

## La pollution de l'air 2015

*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 2015

*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](mailto:luftreinhaltung@bafu.admin.ch)

### **Référence bibliographique**

OFEV 2016: NABEL – La pollution de l'air 2015. Résultats du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL). Etat de l'environnement n° 1624. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.

### **Photo de couverture**

Station de mesure Basel-Binningen

### **Téléchargement au format PDF**

[www.bafu.admin.ch/uz-1624-f](http://www.bafu.admin.ch/uz-1624-f)

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand.

© OFEV 2016

# > Table des matières

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>5 Ozone</b>	<b>45</b>
<b>Avant-propos</b>	<b>7</b>	5.1 Formation et propriétés	45
<b>Résumé</b>	<b>9</b>	5.2 Evolution des immissions	46
<hr/>		5.3 Situation en 2015	50
<b>1 La pollution de l'air en Suisse (aperçu)</b>	<b>15</b>	5.4 Variations saisonnières de l'ozone	51
1.1 Emissions de polluants	15	5.5 Evaluation	51
1.2 Transport et transformation chimique des polluants (transmission)	15	<hr/>	
1.3 Situation en Suisse	17	<b>6 Composés organiques volatils</b>	<b>52</b>
1.4 Effets de la pollution de l'air	19	6.1 Formation et propriétés	52
<hr/>		6.2 Quantité totale de COV	53
<b>2 Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL)</b>	<b>21</b>	6.3 Composés aromatiques	54
2.1 Création du réseau de mesure	21	6.4 Hydrocarbures saturés et hydrocarbures insaturés	55
2.2 Objet du réseau de mesure	21	6.5 Composés halogénés	56
2.3 Tâches du réseau de mesure	22	6.6 Evaluation	58
2.4 Emplacement des stations de mesure	23	<hr/>	
2.5 Programme et méthodes de mesure	24	<b>7 Dioxyde de soufre</b>	<b>59</b>
2.6 Assurance de la qualité	24	7.1 Formation et propriétés	59
2.7 Autres publications NABEL	26	7.2 Evolution des immissions	59
<hr/>		7.3 Situation en 2015	60
<b>3 Oxydes d'azote</b>	<b>27</b>	7.4 Evaluation	61
3.1 Formation et propriétés	27	<hr/>	
3.2 Evolution des immissions	27	<b>8 Monoxyde de carbone</b>	<b>62</b>
3.3 Situation en 2015	29	8.1 Formation et propriétés	62
3.4 Evaluation	33	8.2 Evolution des immissions	62
<hr/>		8.3 Situation en 2015	63
<b>4 Poussières fines</b>	<b>34</b>	8.4 Evaluation	64
4.1 Formation et propriétés	34	<hr/>	
4.2 Evolution des immissions	35	<b>9 Gaz à effet de serre</b>	<b>65</b>
4.3 Situation en 2015	35	<hr/>	
4.4 Mesure des PM <sub>2,5</sub>	37	<b>10 Retombées de poussières</b>	<b>67</b>
4.5 Mesure du nombre de particules	39	<hr/>	
4.6 Soufre dans les poussières fines	40		
4.7 Evaluation	41		
4.8 Benzo(a)pyrène dans les poussières fines	42		
4.9 Teneur en suie des poussières fines	43		

<b>11 Métaux lourds dans les poussières fines et les retombées de poussières</b>	<b>68</b>	<b>Annexe A</b>	<b>89</b>
11.1 Plomb	68	Annexe A1: valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air	90
11.2 Cadmium	70	Annexe A2: description des emplacements des stations	91
11.3 Zinc	72	Annexe A3: programme de mesure NABEL	92
11.4 Thallium	73	Annexe A4: méthodes de mesure	93
11.5 Evaluation	73	Annexe A5: unités de mesure et grandeur statistique	94
11.6 Autres métaux	73	Annexe A6: homogénéisation des séries de mesures de la station de Berne	95
<b>12 Substances contenues dans les précipitations</b>	<b>74</b>	<b>Annexe B</b>	<b>97</b>
12.1 Formation et propriétés	74	Annexe B1: Résultats des mesures effectuées dans les 16 stations du réseau national d'observation des polluants atmosphériques NABEL 2015	97
12.2 Evolution des immissions	75	Annexe B2: Valeurs des COV	130
12.3 Situation en 2015	77		
12.4 Evaluation	79		
<b>13 Composés azotés (particules ou gaz)</b>	<b>80</b>		
13.1 Quantité totale de composés azotés	80		
13.2 Phase gazeuse et phase particulaire des composés azotés	82		
13.3 Ammoniac	82		
<b>14 Conditions météorologiques</b>	<b>84</b>		
14.1 Situation en 2015	84		
<b>15 Chiffres du trafic</b>	<b>86</b>		
<b>16 Perspectives</b>	<b>87</b>		

## > 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 2015. The ambient air quality during 2015 can be characterised as follows: Exceedances of the ambient air quality standard were partially observed for ozone, respirable fine particulates (PM10) and nitrogen dioxide. The standards for sulphur dioxide, carbon monoxide, dust fall, and heavy metals were respected at all NABEL stations. 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 2015. Die Luftbelastung des Jahres 2015 kann wie folgt charakterisiert werden: Bei den Schadstoffen Ozon, lungengängiger Feinstaub (PM10) und Stickstoffdioxid wurden die Immissionsgrenzwerte teilweise überschritten. An den NABEL-Stationen werden die Grenzwerte für Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Staubbiederschlag und die Schwermetalle eingehalten. 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 2015. Pour 2015, la situation d'immissions peut être caractérisée ainsi: Les valeurs limites d'immission pour l'ozone, les fines particules respirables (PM10) et le dioxyde d'azote ont été dépassées en partie. Celles pour le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, les retombées de poussières et les métaux lourds ont pu être respectées dans toutes les stations NABEL. 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 2015. La situazione relativa alle immissioni in Svizzera nel 2015 può essere descritta nel modo seguente: I valori limite per ozono, polveri fini respirabili (PM10) e le sostanze biossido di azoto sono superato in parte. I valori dell'anidride solforosa, del monossido di carbonio, della precipitazione di polveri e dei metalli pesanti sono stati rispettati nelle stazione NABEL. 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 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 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<sub>2,5</sub>, 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 2015

La pollution de l'air en 2015 présente une situation analogue aux années précédentes. Les charges polluantes en poussières fines (PM10), dioxyde d'azote et dioxyde de soufre ont continué à diminuer de manière significative, sur la plupart des sites, depuis 2000, en raison de la baisse des émissions, alors que les concentrations d'ozone sont dans le domaine des variations des années 2000 à 2014. Malgré l'amélioration obtenue au cours des 20 dernières années, les valeurs limites d'immission pour l'ozone, le dioxyde d'azote et les poussières fines sont encore dépassées en 2015. Ceci s'explique par le fait que les émissions polluantes restent en quantités excessives en Suisse et dans les pays voisins.

Aperçu

Les conditions météo durant l'hiver 2015, comme l'année précédente, furent particulièrement instables avec des fréquents épisodes de vents et de précipitations, qui favorisent la dispersion des polluants, telle que celles de poussières fines. L'été fut par contre particulièrement ensoleillé et plus chaud que la moyenne, surtout en juillet, sur l'ensemble de la Suisse. En conséquence, les concentrations d'ozone mesurées en 2015 sont les plus élevées des cinq dernières années.

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 (586 à 794 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 63 à 88 jours. Dans les autres régions du nord des Alpes, des valeurs d'ozone excessives ont été relevées durant 46 à 407 heures, réparties sur 15 à 61 jours. Une des stations NABEL au Tessin a enregistré une moyenne horaire maximale de 272  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  alors qu'au Nord des Alpes, elle atteignait au maximum 205  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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 2015 variaient de 15 à 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en ville sur un site encaissé avec un intense trafic routier on a mesuré 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (valeur limite d'immission: 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En zone rurale, le long des autoroutes, des valeurs de 17 à 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ont été enregistrées. A l'écart des routes au nord des Alpes, les valeurs relevées en zone rurale (13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se situaient très en dessous de la valeur limite. Il en va de même pour les stations situées au-dessus de 1000 m d'altitude (8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La valeur limite journalière moyenne de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a été dépassée dans les villes et les agglomérations durant 1 à 8 jours, atteignant des valeurs maximales entre 57 et 92  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En zone rurale sur le versant Nord des Alpes, la valeur de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  n'a pas été dépassée (maxima: 47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Aux stations de Chaumont et de

Poussières fines

Rigi-Seebodenalp (à plus de 1000 m alt.), aucune moyenne journalière supérieure à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  n'a été enregistrée.

En 2015, les valeurs limites d'immission en moyenne annuelle pour le dioxyde d'azote ont été dépassées uniquement le long des principaux axes de circulation. Dans les villes et les zones suburbaines, la charge avoisinait la valeur limite ou se situait en dessous. En zone rurale, à l'écart des routes, les valeurs de dioxyde d'azote sont restées nettement en dessous de la valeur limite. En 2015, des dépassements de la valeur limite journalière du dioxyde d'azote ont été enregistrés uniquement à proximité immédiate d'autoroutes et dans des centre-villes durant 1 à 2 jours.

Dioxyde d'azote

En 2015, 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 ( $\text{NO}_x$  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 ( $\text{NO}_2$ ), 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  $\text{PM}_{10}$  ont pu être estimées grâce à des mesures comparatives étendues des  $\text{PM}_{10}$  et des TSP durant l'année 1997/1998. La pollution de l'air par les poussières fines ( $\text{PM}_{10}$ ) a nettement diminué depuis 1990. La teneur accrue en poussières fines en 2003 et 2006 est due à de longues situations d'inversion. La valeur de la charge polluante des  $\text{PM}_{10}$  est très fortement déterminée par la fréquence d'apparition des situations d'inversion thermique en hiver. Celles-ci empêchent les échanges d'air et entraînent des concentrations de  $\text{PM}_{10}$  très élevées à proximité du sol.

Poussières fines

La pollution de l'air par le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) 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 ( $\text{NO}_x$ ) ont diminué plus fortement que les valeurs de  $\text{NO}_2$ . Cela signifie que le rapport entre NO et  $\text{NO}_2$  s'est systématiquement modifié au cours des dernières années. Avec un recul des émissions de  $\text{NO}_x$  et un potentiel d'oxydation de l'atmosphère qui reste constant, on pouvait toutefois s'attendre à une telle évolution.

Dioxyde d'azote

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 des teneurs en suie et en benzo(a)pyrène prises depuis quelques années affichent une tendance à la baisse des concentrations.

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. Les deux restent supérieurs aux charges critiques pour les écosystèmes sensibles (cf. chapitre 11).

Les valeurs observées en 2015 par rapport aux valeurs limites d'immission fixées dans l'ordonnance sur la protection de l'air sont présentées dans la figure 3. La figure 4 donne un aperçu de la diminution de la pollution de l'air mesurée dans les stations NABEL entre 1988 et 2015.

### **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.

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.

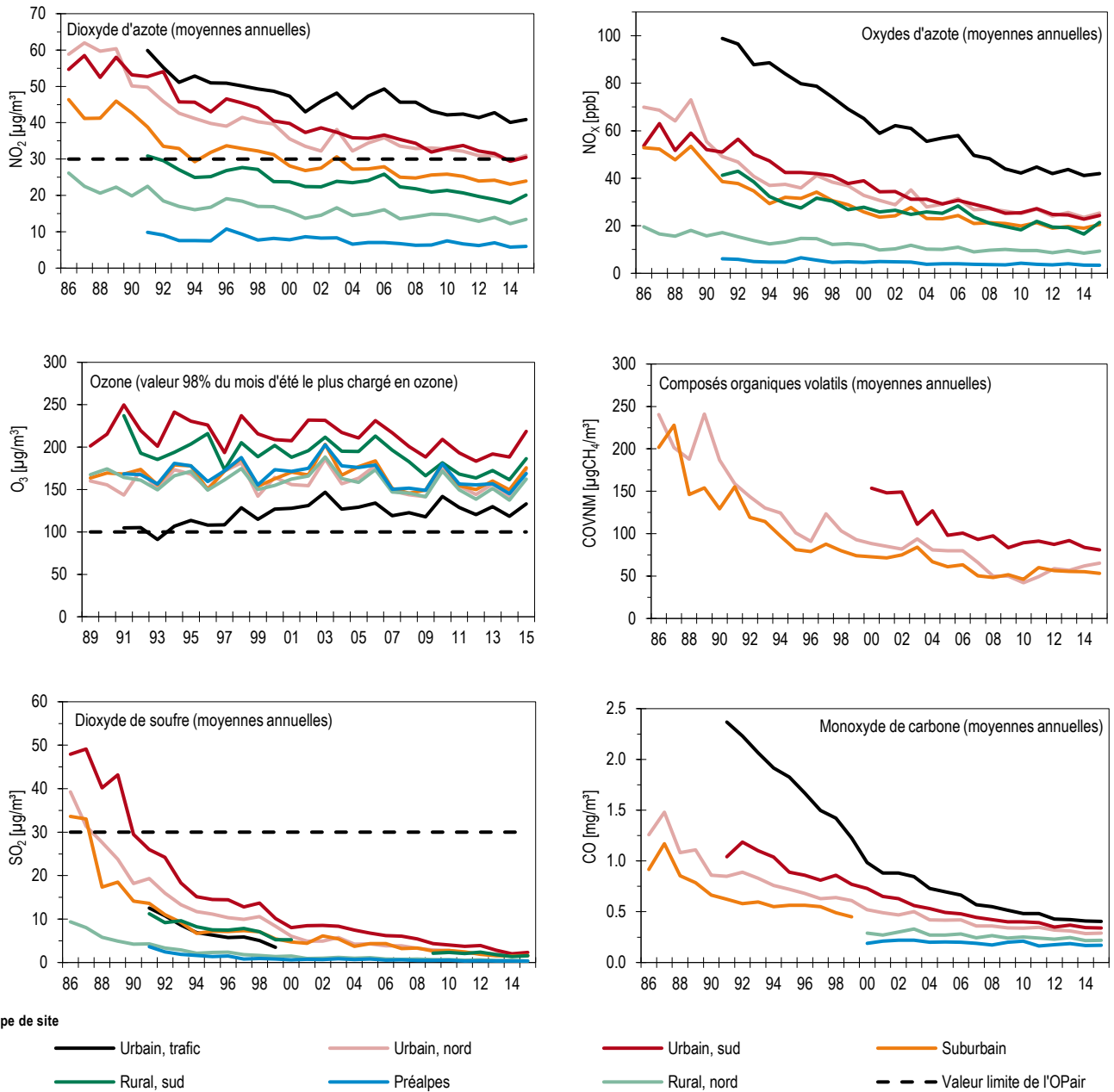
Autres polluants

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

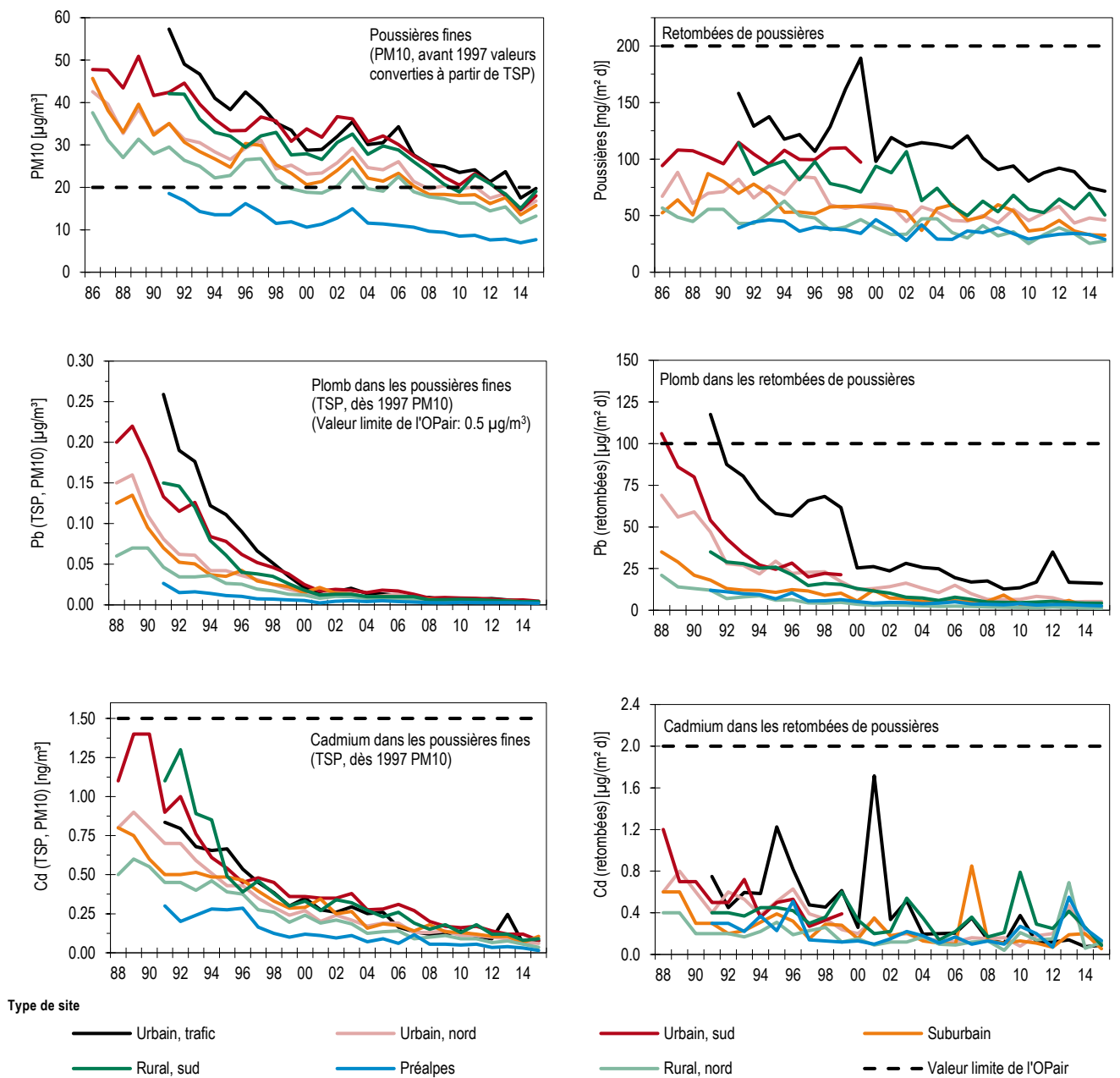
D'autres mesures sont nécessaires

**Fig. 1** > Evolution de 1986 à 2015 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).

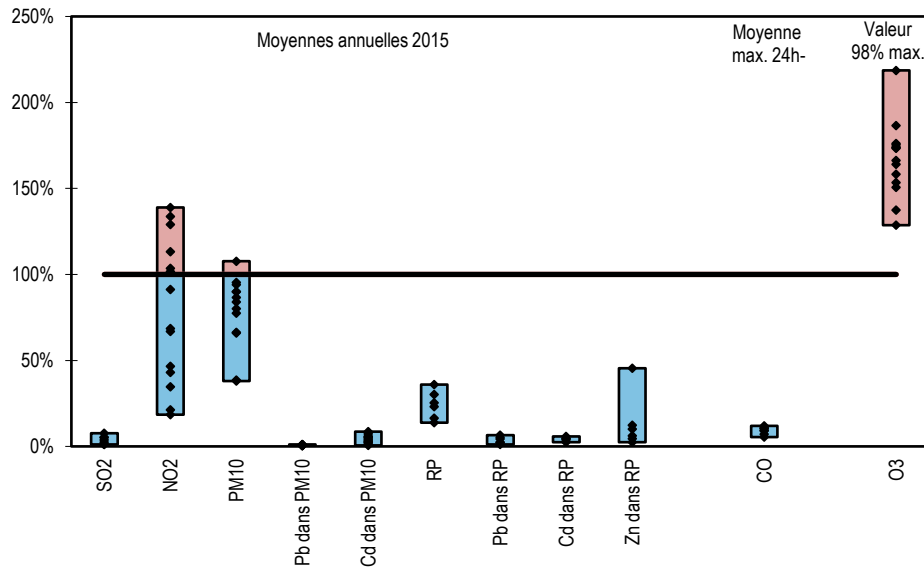


**Fig. 2** > Evolution de 1986 à 2015 des polluants suivants (moyennes annuelles): poussières fines (PM10; valeurs avant 1997 converties à partir de mesures TSP), retombées de poussières, plomb et cadmium (dans les poussières fines et les retombées de poussières) en différents emplacements



**Fig. 3 > Concentrations de polluants en 2015 mesurées dans les stations NABEL par rapport aux valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air**

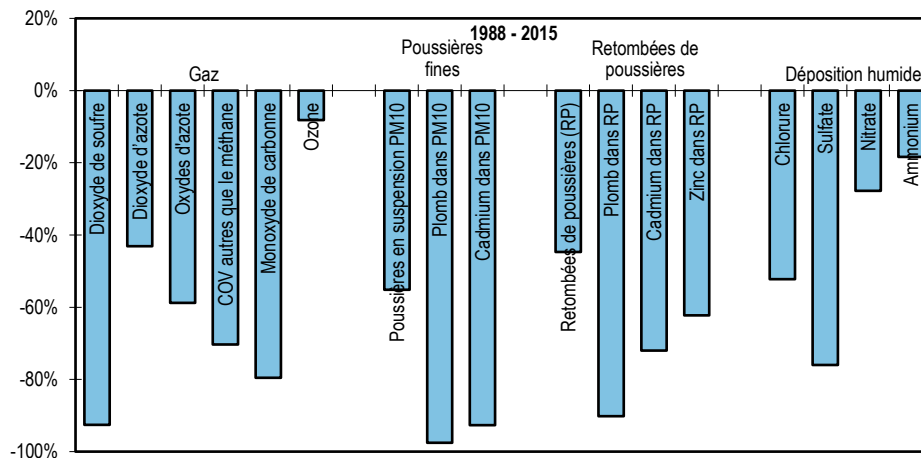
Le graphique présente les valeurs mesurées à toutes les stations NABEL à l'exception des stations alpines de Davos et du Jungfraujoch.



RP = Retombées de poussières

**Fig. 4 > Diminution de la pollution de l'air mesurée dans les stations NABEL en Suisse entre 1988 et 2015**

Toutes les stations fonctionnant selon un système de série continue de mesures (à l'exception des stations alpines de Davos et du Jungfraujoch) 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<sub>x</sub>), de poussières fines (PM10), de composés organiques volatils (COV), de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), 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<sub>x</sub>, de SO<sub>2</sub> 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.

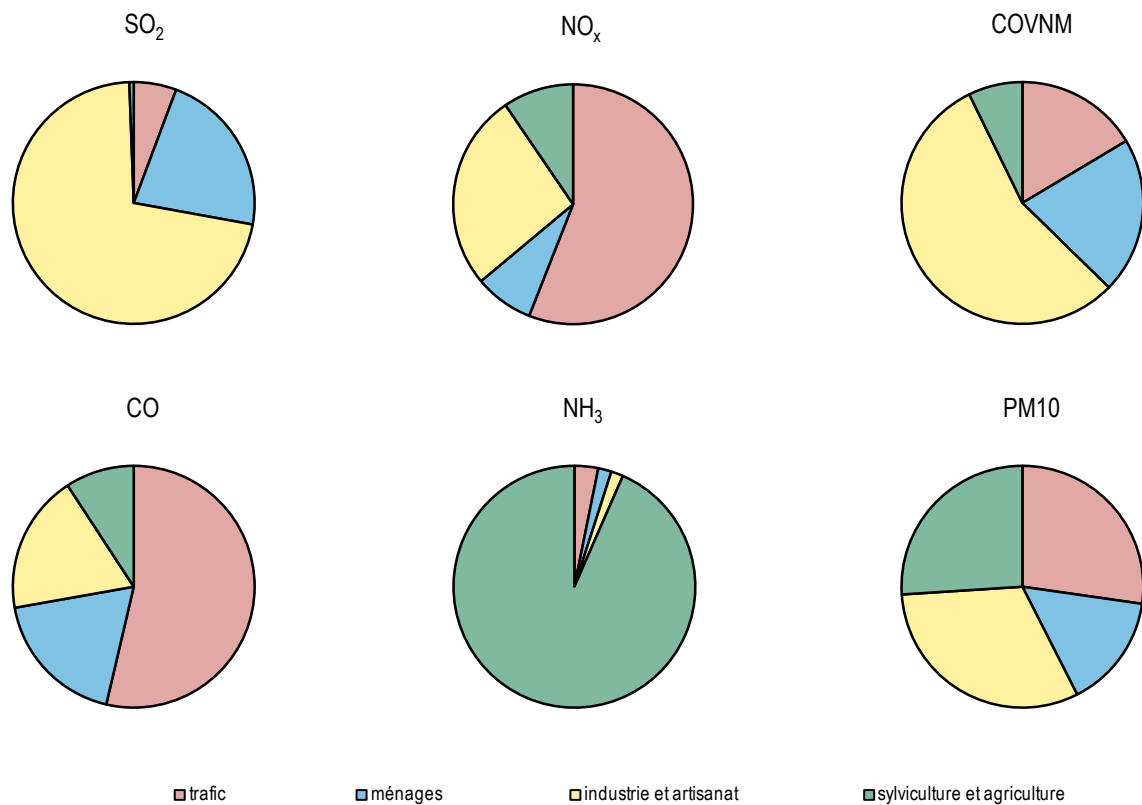
Contribution des différents groupes

## 1.2 Transport et transformation chimique des polluants (transmission)

Les polluants dégagés directement par les sources d'émission, comme le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), les composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM), le monoxyde de carbone (CO), l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et les poussières fines (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 PM10); ces nouvelles substances ont souvent des propriétés et des effets très différents des premières.

Polluants primaires et secondaires

Fig. 5 > Contribution des différents groupes aux émissions anthropiques en Suisse calculées selon le principe de la territorialité: dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>), composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM), monoxyde de carbone (CO), ammoniac (NH<sub>3</sub>) et poussières fines (PM10); état en 2014



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 dispersent 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 intense et prolongé; une température élevée de l'air favorise encore la réaction. C'est en conséquence par beau temps et par vent faible (situation anticyclonique), du printemps à l'automne, que l'on enregistre les plus fortes charges en ozone.

Smog estival

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

Dépôts

### 1.3

## Situation en Suisse

En Suisse, la qualité de l'air est déterminée en mesurant les immissions dans les stations de la Confédération, des cantons et de quelques villes. Les données de toutes ces stations de mesures peuvent être prises en compte dans l'évaluation de la qualité de l'air afin d'obtenir un aperçu de la pollution de l'air sur l'ensemble de la Suisse. Elles sont également utilisées pour établir une représentation graphique de la pollution atmosphérique actuelle et permettent de présenter la qualité de l'air actuelle via l'application smartphone « airCheck » (<http://cerclair.ch/fr/>) ou (<http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/aktuell/index.html?lang=fr>).

Réseaux d'observation en Suisse

La figure 6 montre l'état de l'air en 2015 en comparant les mesures des stations de la Confédération, des cantons et des villes, aux valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air. Les valeurs limites d'immission en moyenne annuelle pour le dioxyde de soufre, les retombées de poussières, les métaux lourds dans les poussières fines et les dépôts de métaux lourds, ainsi que la moyenne journalière pour le monoxyde de carbone ont été respectées dans presque toute la Suisse, avec des mesures parfois nettement en dessous de la valeur limite. On observe encore quelques charges importantes de pollution à proximité immédiate de grandes installations industrielles, mais ce problème reste local. Les valeurs limites d'immission pour les poussières fines, le dioxyde d'azote et l'ozone ont par contre été dépassées dans de nombreux endroits, ce qui témoigne d'un problème d'hygiène de l'air généralisé en Suisse.

Dépassements de la valeur limite pour le NO<sub>2</sub>, les PM<sub>10</sub> et l'ozone

Les valeurs limites déterminées pour le dioxyde d'azote sont encore dépassées dans les centres villes. Dans les zones suburbaines, les taux de NO<sub>2</sub> mesurés à l'écart des principaux axes routiers se situent généralement en dessous de la valeur limite. Dans les régions rurales – exception faite des corridors suivant les autoroutes – les valeurs limites pour le NO<sub>2</sub> sont respectées.

Dioxyde d'azote

Dans les villes et les zones suburbaines, les concentrations de poussières fines respirables (PM<sub>10</sub>) sont nettement supérieures aux valeurs limites d'immission ; dans les zones rurales, elles avoisinent les valeurs limites. Ce n'est qu'en altitude (au-dessus de 1000 m) que les charges en PM<sub>10</sub> se situent très en dessous des valeurs limites annuelle et journalière.

Poussières fines

Durant les périodes où le smog estival recouvre toute la Suisse, les charges en ozone sont parfois considérablement plus élevées 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

Ozone

routes, les taux d'ozone sont parfois plus bas, car le monoxyde d'azote, qui a la propriété de réduire l'ozone, est présent en grandes quantités. Ainsi, les stations de mesure aux centres des villes, qui enregistrent les concentrations d'ozone les plus faibles, sont aussi celles qui recensent les taux les plus élevés de NO<sub>2</sub>.

Outre les valeurs limites d'immission de l'OPair, les charges critiques des dépôts d'azote (critical loads) dans les écosystèmes sensibles doivent également être respectées. La CEE-ONU a défini ces charges critiques dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance afin d'éviter l'acidification et l'eutrophisation. Afin de déterminer les dépôts d'azote, on mesure l'ammoniac et d'autres composés azotés et on procède à la modélisation des dépôts d'azote. Les émissions d'azote sont encore trop importantes dans une partie des écosystèmes naturels de Suisse.

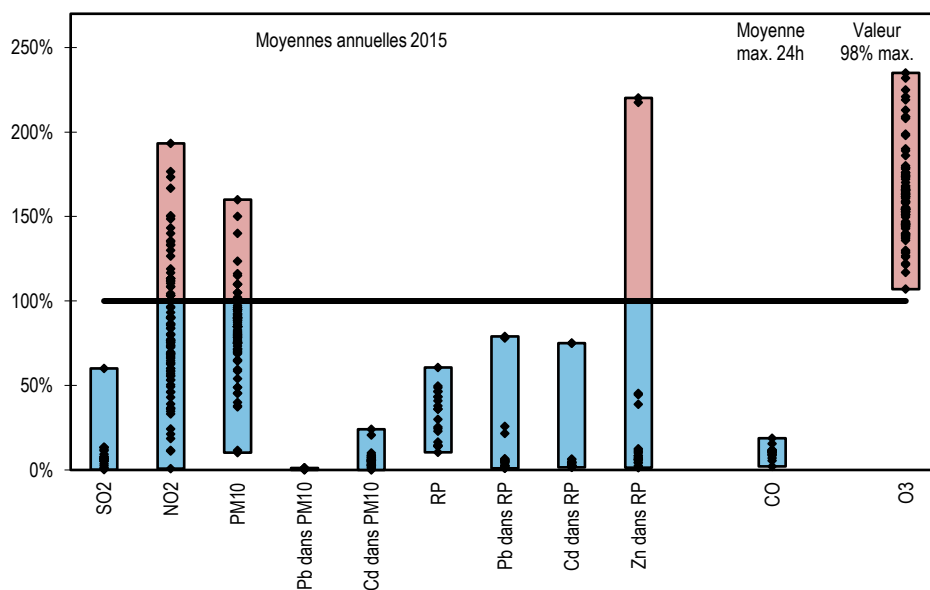
Composés azotés

Comme c'est le cas pour d'autres polluants atmosphériques, les poussières fines et le dioxyde d'azote ont des effets néfastes directes sur la santé humaine. Dans la figure 7, chaque point représente les concentrations de NO<sub>2</sub> et PM10 d'une station. En Suisse, les mesures observées ont donné des résultats variés, qualifiant l'air de très propre dans les hautes régions alpines et pollué dans les sites encaissés des villes. Les stations de mesure NABEL, dont les données sont documentées dans les chapitres suivants de ce rapport, couvrent une grande partie de la pollution en Suisse.

Dioxyde d'azote et PM10

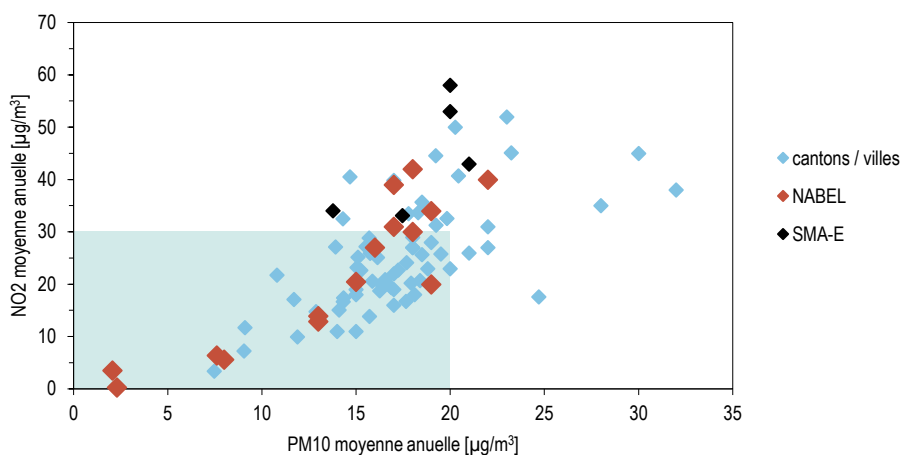
**Fig. 6 > Concentrations de polluants en 2015 mesurées dans toutes les stations suisses par rapport aux valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air**

Le graphique représente les valeurs mesurées dans toutes les stations permanentes de la Confédération, des cantons et des villes. Chaque polluant n'est pas mesuré dans toutes les stations.



**Fig. 7 > Nuage de points en moyenne annuelle pour le dioxyde d'azote et les poussières fines en 2015**

Le graphique représente les valeurs mesurées dans toutes les stations permanentes de la Confédération, des cantons et des villes. Les valeurs du NABEL sont données en rouge et celles du SMA-E sont en noir. Le projet SMA-E (<http://www.bafu.admin.ch/verkehr/15435/index.html?lang=fr>) contrôle la qualité de l'air directement le long des tronçons d'autoroute des axes de transit nord-sud. Tous les points qui apparaissent dans la surface grisée respectent les deux valeurs limites annuelles.



#### 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 «Pollution de l'air et santé», 2014:

<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01798/index.html?lang=fr>).

Les PM10, PM2,5 et la suie se sont révélées être des bons indicateurs 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.

Des études menées dans le cadre de SAPALDIA et de SCARPOL ont montré que la santé des adultes et des enfants s'améliore rapidement lorsque la pollution de l'air

Effets sur différents organes

Effets des poussières fines

Etudes en Suisse

diminue. Les mesures prises pour améliorer la qualité de l'air ont donc un impact positif mesurable sur la santé de la population.

Le dioxyde d'azote cause des inflammations des voies respiratoires et renforce l'action irritante des allergènes. Lors de pics de concentration de NO<sub>2</sub> dans l'air, on constate 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. En cas de concentrations élevés, on peut observer 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 sensibles. 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 (produit à partir de NO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub>) 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 > Réseau national d'observation 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-LRTAP). 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 du Jungfraujoch et du Rigi-Seebodenalp font partie du «Global Atmosphere Watch» (GAW) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

Echange de données au plan international

**Tab. 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

Tab. 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](http://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 (NO<sub>2</sub>), monoxyde d'azote (NO), poussières fines respirables (PM10), ozone (O<sub>3</sub>), dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), 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 composés azotés dans les aérosols.

Polluants

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

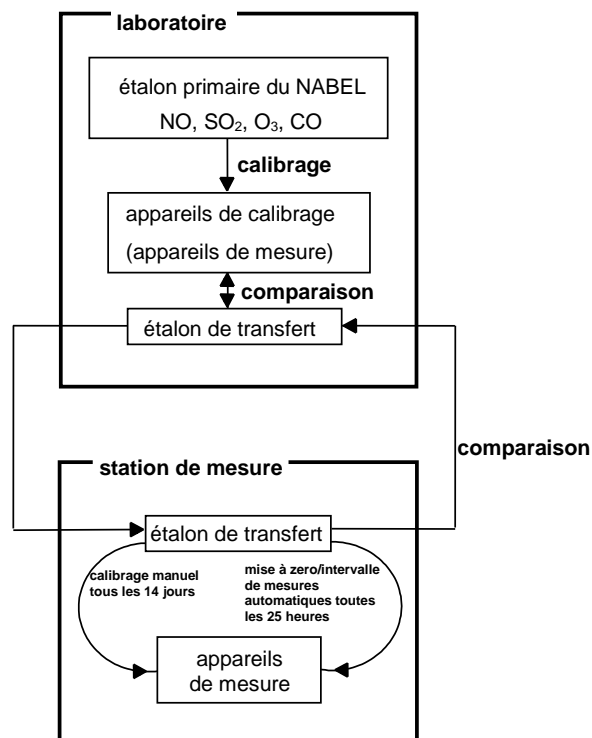
L'assurance de la qualité des données revêt une grande importance pour le réseau NABEL. Les mesures générales suivantes sont prises pour garantir la qualité:

- > 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: SO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub> 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 8. 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.

**Fig. 8 > Traçabilité pour quatre substances: SO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub> 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), 2015 ([www.empa.ch/fr/web/s503/nabel](http://www.empa.ch/fr/web/s503/nabel)).

**Tab. 3 > Incertitudes des procédés de mesure utilisés par le réseau NABEL aux environs des valeurs limites (cf. Rapport technique, 2015, [www.bafu.admin.ch/luft/00612/00625/?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/luft/00612/00625/?lang=fr))**

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

## 2.7 Autres publications NABEL

Une grande partie des données NABEL est disponible sur Internet à l'adresse [www.bafu.admin.ch/air](http://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 521 du télétexte (SRF1, RTS1 et RSI1).

Télétexte

Des rapports mensuels sont également publiés. Ils reprennent, sous forme de tableaux et de graphiques, les principaux paramètres pour la pollution atmosphérique au cours d'un mois civil ([www.bafu.admin.ch/air](http://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.bafu.admin.ch/luft/00612/00625/?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/luft/00612/00625/?lang=fr)).

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 Jungfraujoch (voir chapitre 9 et <http://www.empa.ch/climategases>, en anglais). 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 9 à 11 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

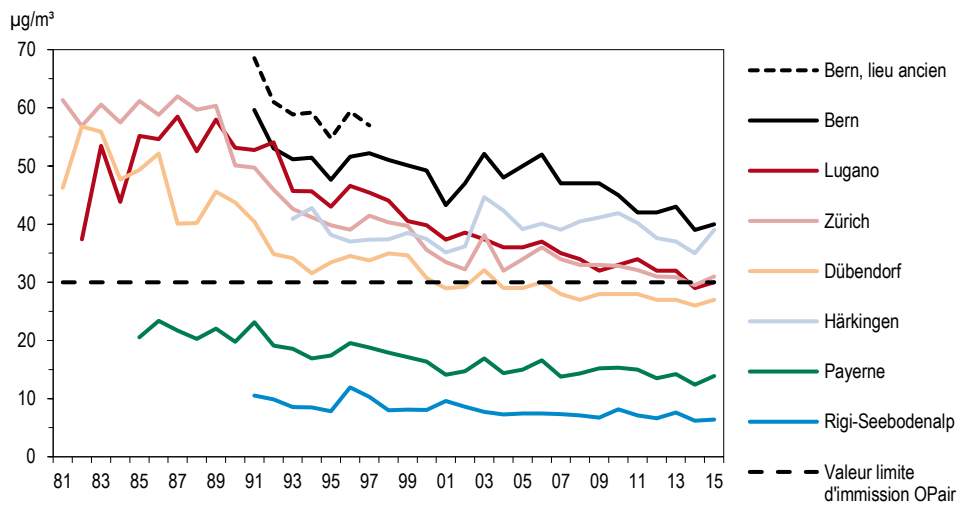
Il ressort de ces graphiques que la pollution de l'air par les oxydes d'azote est restée à peu près constante jusqu'à la fin des années 1980 environ. Certaines stations ont enregistré de légères baisses, d'autres de faibles augmentations, mais depuis 1989, la charge en oxyde d'azote a considérablement 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  $NO_2$

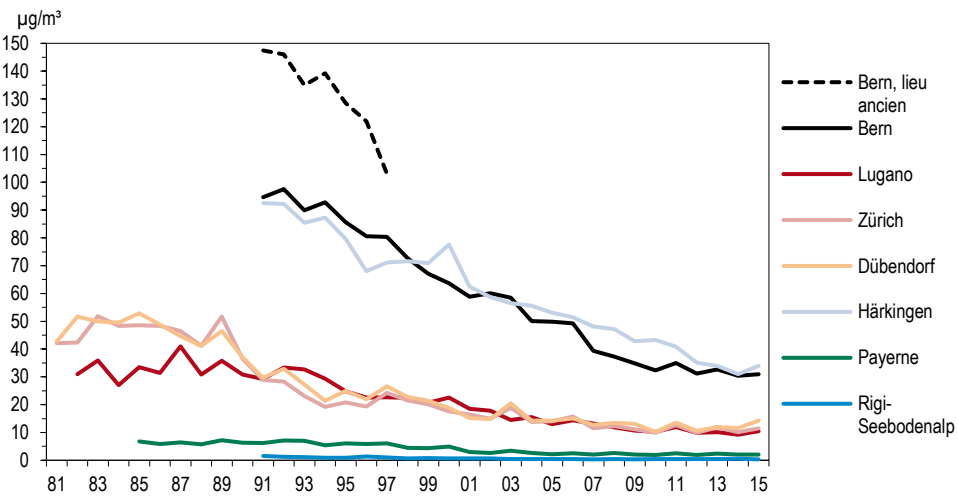
émissions de NO<sub>x</sub> et le potentiel d'oxydation de l'atmosphère constant, cette évolution était toutefois prévisible.

**Fig. 9 > Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), moyennes annuelles de 1981 à 2015**

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

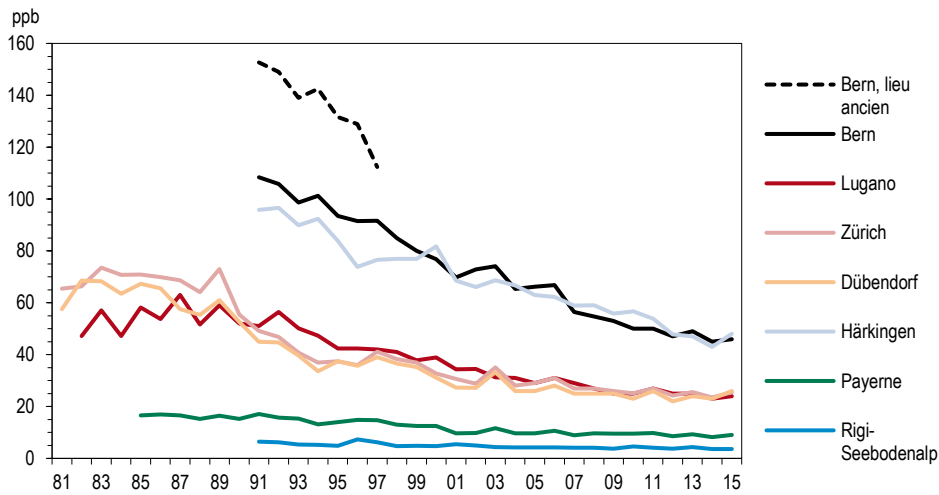


**Fig. 10 > Monoxyde d'azote (NO), moyennes annuelles de 1981 à 2015**



**Fig. 11 > Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), moyennes annuelles de 1981 à 2015**

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



Si l'on compare les valeurs mesurées en 2015 à celles du milieu des années 1980, on constate une diminution de 40 à 54 % des charges de NO<sub>2</sub> et de 51 à 65 % de celles de NO<sub>x</sub>. 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 NO<sub>2</sub> et de NO<sub>x</sub> ont fortement diminué là aussi (-38 % et -53 %).

Diminution de 35 à 50 % du NO<sub>2</sub> depuis le milieu des années 1980

### 3.3 Situation en 2015

Les principaux résultats des mesures NABEL pour l'année 2015 sont résumés dans les tableaux 4 à 6. La pollution due au dioxyde d'azote présente les particularités suivantes: les stations situées dans des centres-villes proches du trafic et les stations rurales en bordure d'autoroute enregistrent des moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> nettement au-dessus de la valeur limite. Certains jours, la moyenne journalière dépasse les 80 µg/m<sup>3</sup> (dépassement des valeurs limites d'exposition de courte durée), alors que les valeurs 95 % se situent toutes au-dessous des 100 µg/m<sup>3</sup>. Ces résultats dénotent une charge en NO<sub>2</sub> trop élevée en permanence, mais indiquent aussi que les pics sont plutôt rares.

Sites exposés au trafic: valeur limite dépassée

Les stations situées en zone suburbaine enregistrent, elles, des taux moyens nettement inférieurs à ceux des centres-villes. En 2015, les moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> étaient au-dessous de la valeur limite.

Suburbain: valeur limite approchée

Les stations rurales du Plateau enregistrent des moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> 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 12) 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

Tab. 4 > Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), statistique annuelle 2015

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m <sup>3</sup>	Valeur 95 % µg/m <sup>3</sup>	Moyenne journalière max. µg/m <sup>3</sup>	Nombre de dépassements de la moyenne journalière
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	40	79	80	0
	Lausanne-César-Roux	42	80	78	0
Urbain	Lugano-Università	30	72	72	0
	Zürich-Kaserne	31	68	84	1
Suburbain	Basel-Binningen	21	52	62	0
	Dübendorf-Empa	27	65	79	0
Rural, autoroute	Härkingen-A1	39	82	84	1
	Sion-Aéroport-A9	34	83	82	2
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	20	54	57	0
	Payeme	14	34	43	0
	Tänikon	13	33	56	0
	Lägeren	10	27	45	0
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	6	14	27	0
	Rigi-Seebodenalp	6	17	43	0
	Davos-Seehornwald	4	9	21	0
Haute montagne	Jungfraujoch	<1	<1	5	0
Valeur limite d'immission OPair		30	100	80	1

Fig. 12 > Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), moyennes mensuelles, 2015

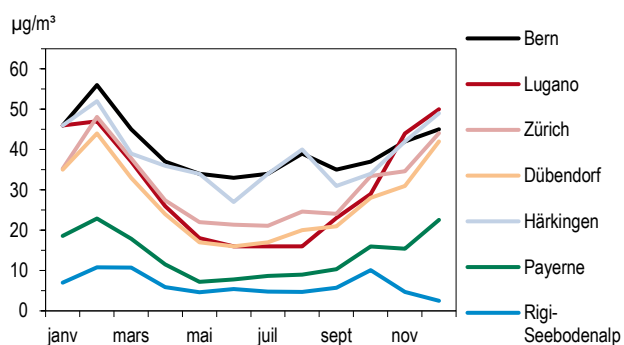
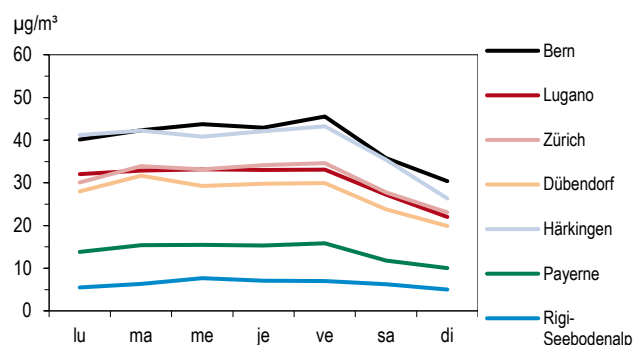


Fig. 13 > Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), fluctuations hebdomadaires, 2015





**Tab. 5 > Monoxyde d'azote (NO), statistique annuelle 2015**

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m <sup>3</sup>	Valeur 95 % µg/m <sup>3</sup>	Moyenne journalière max. µg/m <sup>3</sup>
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	31	113	130
	Lausanne-César-Roux	20	68	76
Urbain	Lugano-Università	11	57	72
	Zürich-Kaseme	12	64	126
Suburbain	Basel-Binningen	6	33	74
	Dübendorf-Empa	14	82	140
Rural, autoroute	Härkingen-A1	34	134	110
	Sion-Aéroport-A9	23	106	122
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	14	76	124
	Payeme	2	12	28
	Tänikon	4	18	86
	Lägeren	1	4	11
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	<1	1	3
	Rigi-Seebodenalp	<1	2	5
	Davos-Seehornwald	<1	<1	3
Haute montagne	Jungfraujoch	<1	<1	<1

Les variations saisonnières sont nettement plus évidentes pour le total des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>, figure 14). 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<sub>x</sub> 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 NO<sub>2</sub>, qui, sous l'influence du rayonnement solaire, donne naissance à des polluants secondaires (p. ex. acide nitrique, PAN).

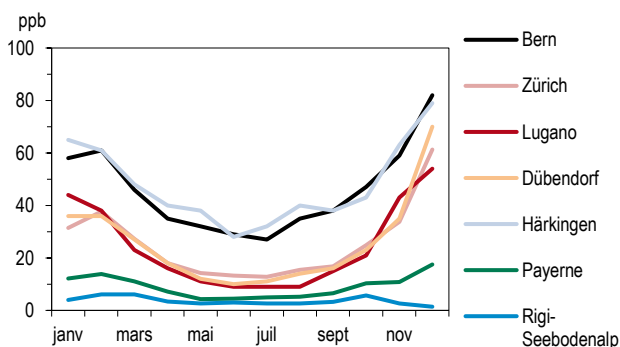
Dans pratiquement toutes les stations, les fluctuations hebdomadaires (figures 13 et 15) présentent une baisse caractéristique de la charge en oxyde d'azote en fin de semaine. Le recul du total des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) est particulièrement marqué. La diminution du nombre de poids lourds en fin de semaine explique ces résultats. Avec le NO<sub>2</sub>, la baisse est certes moins prononcée, mais elle est toujours reconnaissable.

**Fluctuations hebdomadaires:  
fort recul en fin de semaine**

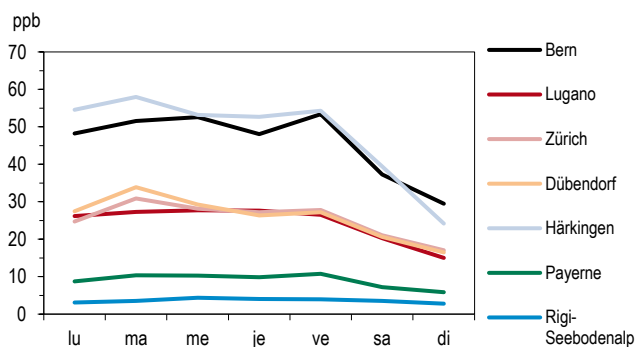
**Tab. 6 > Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), statistique annuelle 2015**

Type de site	Station	Moyenne annuelle ppb	Valeur 95 % ppb	Moyenne journalière max. ppb
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	46	126	132
	Lausanne-César-Roux	38	91	93
Urbain	Lugano-Università	24	81	95
	Zürich-Kaserne	25	82	131
Suburbain	Basel-Binningen	15	49	84
	Dübendorf-Empa	26	96	142
Rural, autoroute	Härkingen-A1	48	146	127
	Sion-Aéroport-A9	36	126	137
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	21	85	123
	Payerne	9	25	36
	Tänikon	10	32	85
	Lägeren	6	17	29
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	3	8	17
	Rigi-Seebodenalp	4	10	26
	Davos-Seehornwald	2	6	15
Haute montagne	Jungfrauoch	<1	<1	4

**Fig. 14 > Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), moyennes mensuelles par type de station, 2015**



**Fig. 15 > Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), fluctuations hebdomadaires, 2015**



### 3.4 Evaluation

Les immissions de dioxyde d'azote restent trop élevées aux abords des principaux axes routiers. La valeur limite en moyenne annuelle y est encore largement dépassée. Dans les zones suburbaines (à l'écart des routes très fréquentées), la situation se présente mieux: là, les taux de NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> est également dépassée.

De nouvelles mesures («*Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA)*», version 3.2, 2014, [www.hbefa.net/e/index.html](http://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. En revanche, les concentrations extrêmes de dioxyde d'azote sont rares. La pollution par les oxydes d'azote, en particulier 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 NO<sub>2</sub>, 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 NO<sub>2</sub> ait diminué au cours des dernières années, cette pollution reste un problème grave qui touche une grande partie de la population.

Immissions de NO<sub>2</sub> 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  $\mu\text{m}$ , 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  $\mu\text{m}$ , on parle alors de mesure PM10 (PM10 = particulate matter < 10  $\mu\text{m}$ , fraction thoracique des poussières en suspension). Si l'on ne saisit que la poussière fine d'un diamètre inférieur à 2,5  $\mu\text{m}$ , 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  $\mu\text{m}$ ) 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

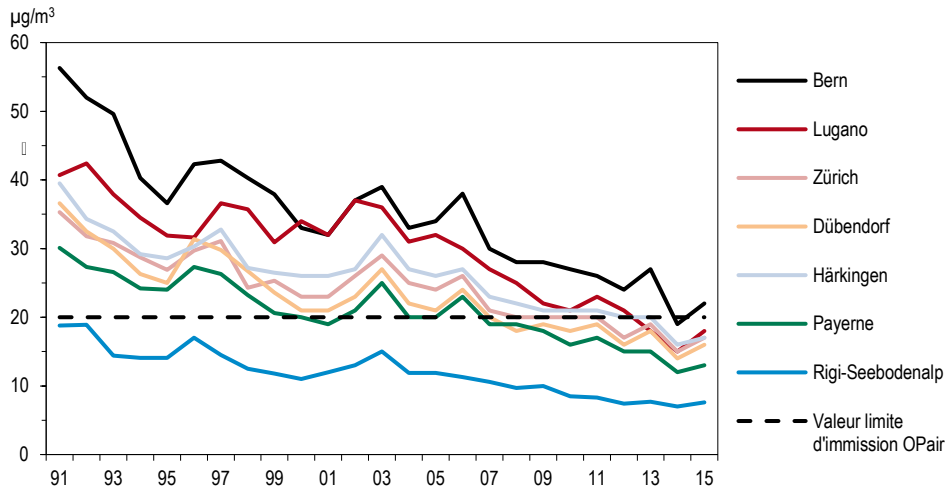
## 4.2 Evolution des immissions

La figure 16 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 émissions 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.

Nette diminution de la charge en PM10 depuis 1991

**Fig. 16 > Poussières fines (PM10), moyennes annuelles 1991–2015**

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



## 4.3 Situation en 2015

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

Moyennes annuelles trop élevées à proximité du trafic

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 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) provenant du dioxyde de soufre, le nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) provenant des oxydes d'azote, l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 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](http://www.ofev.admin.ch); Air; Thème Poussières fines).

PM10 secondaires, transports à grande distance

**Tab. 7 > Poussières fines (PM10), statistique annuelle 2015**

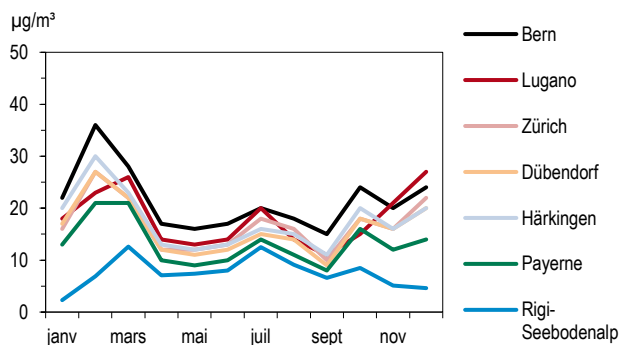
Type de site	Station	Moyenne annuelle $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne journalière max. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nombre de dépassements de la valeur limite journalière
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	22	65	11
	Lausanne-César-Roux	18	61	7
Urbain	Lugano-Università	18	92	8
	Zürich-Kaserne	17	57	5
Suburbain	Basel-Binningen	15	65	4
	Dübendorf-Empa	16	77	1
Rural, autoroute	Härkingen-A1	17	57	4
	Sion-Aéroport-A9	19	49	0
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	19	84	7
	Payeme	13	47	0
	Tänikon	13	43	0
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	8	42	0
	Rigi-Seebodenalp	8	38	0
	Davos-Seehornwald	2	15	0
Haute montagne	Jungfrauoch	2	29	0
<i>Valeur limite d'immission OPAir</i>		20	50	1

La valeur limite journalière de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été dépassée dans plusieurs stations. Dans les stations situées au-dessus de 1000 m d'altitude, aucune valeur moyenne journalière a été supérieure à cette limite.

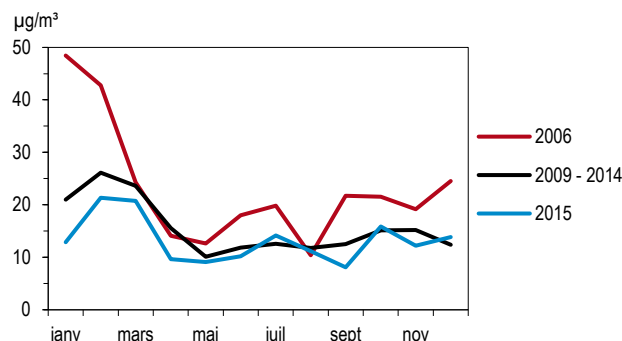
Valeur limite dépassée par endroits

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 17). 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 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.

**Fig. 17 > Poussières fines (PM10), moyennes mensuelles, 2015**



**Fig. 18 > Poussières fines (PM10) à Payerne, par rapport aux moyennes mensuelles des années précédentes**



La pollution de l'air par les poussières fines (PM10) a diminué au cours de ces 20 dernières années (figure 16) grâce à la réduction des émissions de particules primaires et de particules secondaires formées à partir de précurseurs gazeux. En 2015, les valeurs de PM10 ont en outre été influencées par des conditions météorologiques favorables. Ainsi, les variations saisonnières à Payerne (figure 18) par rapport aux courbes annuelles de 2009 à 2014 montrent des moyennes mensuelles plus basses de janvier à avril et des valeurs plus basses pour la plupart des autres mois que la moyenne sur plusieurs années. À l'inverse, l'année 2006 avait présenté des valeurs de PM10 très élevées en janvier et en février et des valeurs en dessus de la moyenne pour la plupart des autres mois.

Profil annuel: valeurs élevées en hiver

#### 4.4 Mesure des PM2,5

Des mesures des poussières très fines (PM2,5 : particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm) sont effectuées dans neuf stations NABEL.

Mesure des PM2,5

Les charges en PM2,5 (tableau 8) présentent de faibles différences dans les sites de basse altitude (10 à 13 µg/m<sup>3</sup>). La station de Berne, qui se trouve dans un goulet routier, présente la charge en PM2,5 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 PM2,5 que pour les PM10.

Distribution des PM2,5 plutôt homogène

**Tab. 8 > Poussières fines: PM10 et PM2,5. Mesures parallèles 2015**

Type de site	Station	Moyenne annuelle *	Moyenne des rapports journaliers
		PM2,5 µg/m <sup>3</sup>	PM2,5/PM10 %
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	13,4	61
Urbain	Lugano-Università	13,2	70
	Zürich-Kaserne	11,8	68
Suburbain	Basel-Binningen	11,5*	70
	Dübendorf-Empa	10,9	66
Rural, autoroute	Härkingen-A1	12,0*	66
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	9,8*	68
	Magadino-Cadenazzo	12,7*	66
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	5,8*	73

\* Mesure seulement tous les quatre jours

La figure 19 affiche toutes les moyennes annuelles de PM2,5 enregistrées aux stations NABEL. Depuis 1998, les charges en PM2,5 ont diminué de 40 %, voire 50 % et se situent aujourd'hui entre 9 et 11 µg/m<sup>3</sup> dans les zones habitées.

Les stations à moins de 1000 m d'altitude enregistrent des variations saisonnières plus prononcées pour la charge en PM<sub>2,5</sub> que pour celle en PM<sub>10</sub> (fig. 20). 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 élevées et par l'homogénéité accrue de l'atmosphère en été.

Le rapport entre les moyennes journalières des PM<sub>2,5</sub> et des PM<sub>10</sub> enregistrées à cinq stations de basse altitude sans influence directe du trafic est similaire (tab. 8). Il se situe entre 66 % et 70 %. La station de Berne, fortement exposée au trafic, affiche avec 61 % un rapport légèrement inférieur. La figure 21 montre l'évolution du rapport entre la moyenne annuelle des PM<sub>2,5</sub> et celle des PM<sub>10</sub>. Ce rapport se situe dans une fourchette étroite, à environ 0,75, sur une longue période pour la plupart des sites et des années. Seule la station de Berne-Bollwerk, goulet routier exposé au trafic, a révélé des rapports plus faibles.

Net recul des PM<sub>2,5</sub> depuis 1998  
Variations saisonnières: valeurs élevées en hiver

Rapport PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>

Fig. 19 > Poussières fines (PM<sub>2,5</sub>), moyennes annuelles 1998–2015

Rapport PM<sub>10</sub>/PM<sub>10</sub>

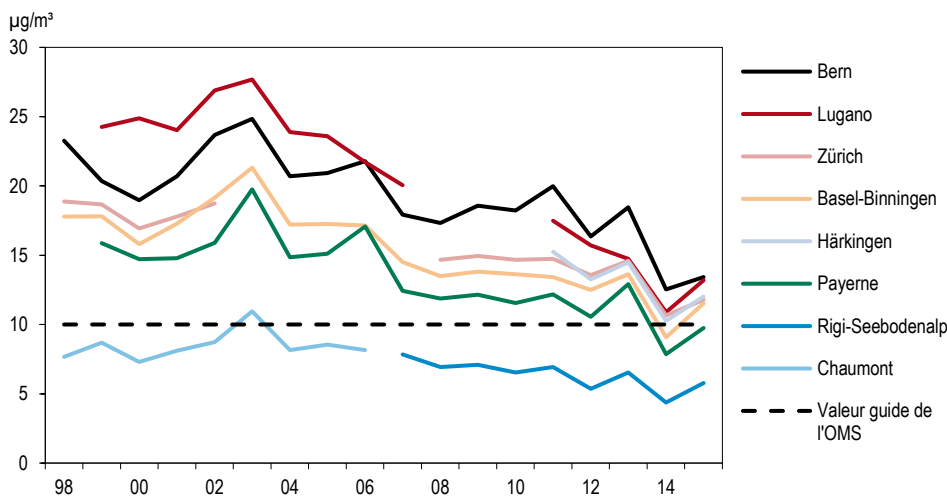
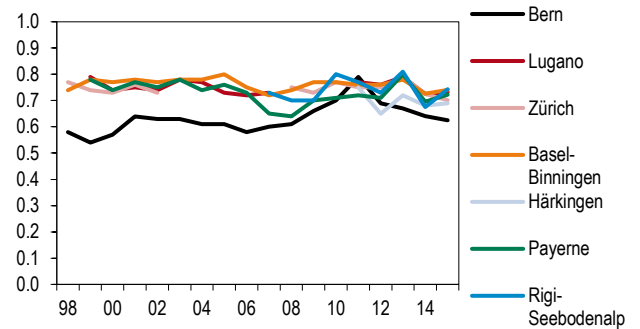
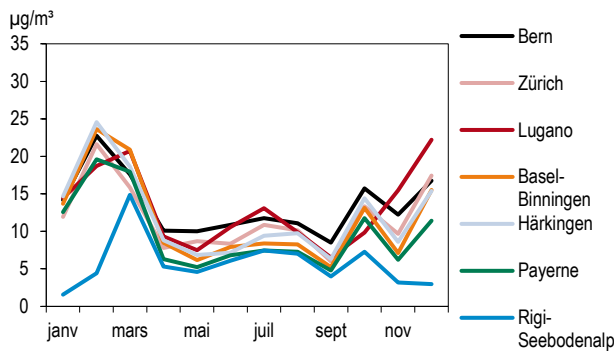


Fig. 20 > Poussières fines (PM<sub>2,5</sub>), moyennes mensuelles, 2015

Fig. 21 > Rapport PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>, moyennes annuelles de 1998 à 2015





#### 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 (tab. 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 journalières 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 50 000 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 (fig. 22). 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

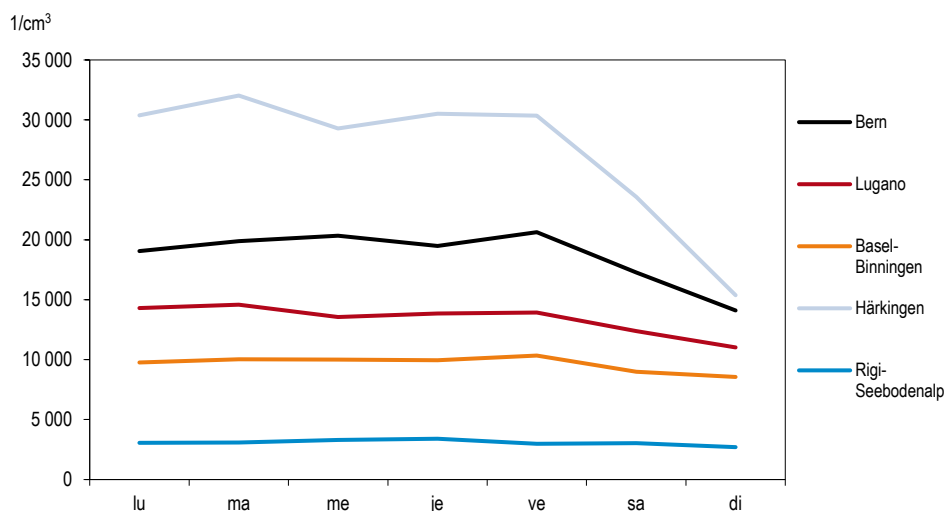
Variations hebdomadaires

Variations journalières

**Tab. 9 > Nombre de particules, statistique annuelle 2015**

Type de site	Station	Moyenne annuelle Nombre part. 1/cm <sup>3</sup>	Moyenne journalière max. 1/cm <sup>3</sup>	Valeur 95 % des moyennes semi-horaires 1/cm <sup>3</sup>
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	18 700	40 888	41 928
Urbain	Lugano-Università	13 384	33 403	36 227
Suburbain	Basel-Binningen	9 664	19 618	20 343
Rural, autoroute	Härkingen-A1	27 261	55 859	73 932
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	3 086	10 878	7 273

Fig. 22 > Concentration en nombre de particules, fluctuations hebdomadaires moyennes, 2015



4.6 Soufre dans les poussières fines

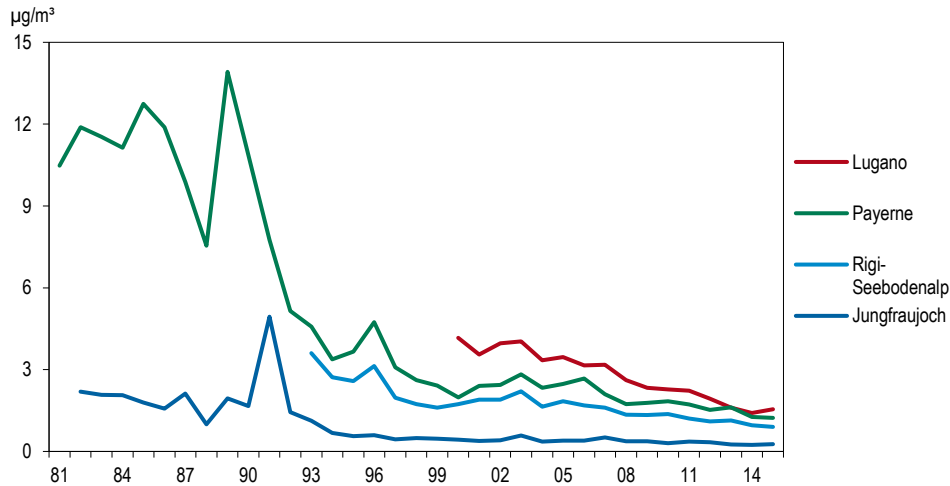
Quatre stations mesurent quotidiennement la teneur en sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) dans les poussières fines. Jusqu'en 2010, la mesure du sulfate contenu dans les particules très fines était effectuée en passant un volume-test donné à travers un filtre cellulosique pendant 24 heures. Le sulfate est présent surtout dans les particules de moins de 10 µm. Depuis le 1<sup>er</sup> 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](http://www.ofev.admin.ch); Air; Thème Poussières fines).

Teneur en sulfate sur des filtres PM10

Tab. 10 > Soufre et sulfate dans les PM10, statistique annuelle 2015

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	0,51	2,3	1,54	8,6
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	0,41	2,0	1,23	9,3
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	0,30	1,7	0,90	11,9
Haute montagne	Jungfraujoch	0,09	0,8	0,26	11,3

**Fig. 23** > Sulfate dans les PM10, valeurs moyennes annuelles 1981–2015



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 (fig. 23) 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 2015 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 12 % des 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 2015, les valeurs limites journalières 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 renforcement des directives sur les gaz d'échappement des véhicules à

Valeurs limites des PM10 nettement dépassées dans les villes

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

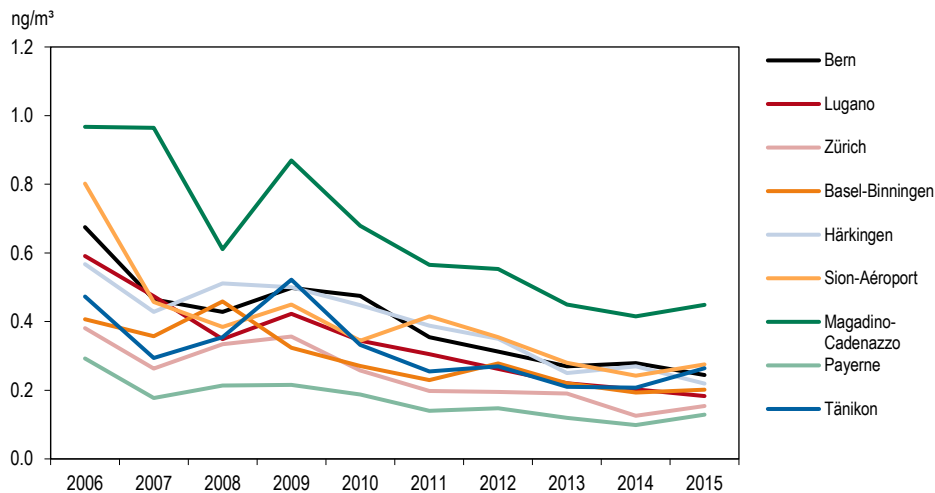
Des progrès doivent encore être faits concernant les petites particules de suie cancérogènes. Il n'y a pas de seuil en dessous duquel elles ne sont plus nocives. Conformément à la législation suisse, il faut limiter autant que possible les émissions de suies cancérogènes dans la mesure où cela est réalisable 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/m<sup>3</sup> 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 24 indique les moyennes annuelles de concentrations de benzo(a)pyrène pour les années de 2006 à 2015. Dans toutes les stations, les immissions mesurées en 2015 étaient inférieures à celles de 2006, ce qui correspond à la baisse générale des charges de PM10 en 2015. 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/m<sup>3</sup>). 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 2015*»). Selon la législation suisse, les émissions de benzo(a)pyrène cancérogène 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 A1, ch. 82).

**Fig. 24 > 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 a été élaborée: il s'agit de la méthode thermo-optique (TOT) associée au 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 2015. La figure 25 illustre l'évolution de la charge en suie durant ces dernières années. La teneur en suie est nettement plus élevée le long des routes fortement fréquentées qu'en milieu urbain ou suburbain. De plus, le long des routes fortement fréquentées, la suie constitue une part de la concen-

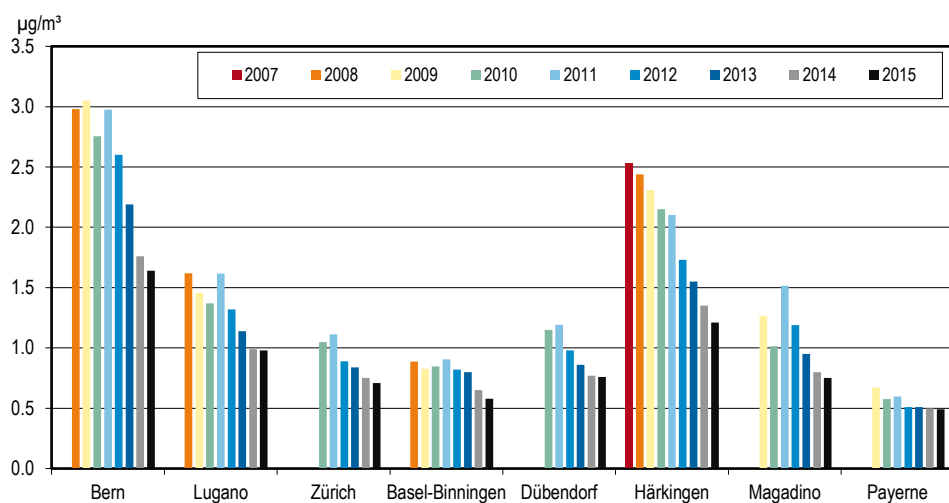
Mesure de la suie

tration massive des PM<sub>2,5</sub> considérablement plus grande que dans les zones qui ne sont pas directement exposées au trafic.

**Tab. 11 > Suie (EC) dans les PM<sub>2,5</sub>, selon le protocole TOT/EUSAAR-2, statistique annuelle 2015**

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m <sup>3</sup>	Moyenne journalière maximale µg/m <sup>3</sup>	Part de suie dans les PM <sub>2,5</sub> %
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	1,6	4,3	12%
Urbain	Lugano-Università	1,0	4,5	7%
	Zürich-Kaseme	0,7	3,2	6%
Suburbain	Basel-Binningen	0,6	1,9	5%
	Dübendorf-Empa	0,8	2,9	7%
Rural, autoroute	Härkingen-A1	1,2	3,2	10%
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	0,8	2,8	6%
	Payerne	0,5	1,5	5%

**Fig. 25 > Concentration de suie dans les PM<sub>2,5</sub>, selon le protocole TOT/EUSAAR-2, moyennes annuelles**



## 5 > Ozone

### 5.1 Formation et propriétés

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

- > Il y a d'une part le «trou d'ozone», terme souvent employé pour parler de l'ensemble des phénomènes entraînant la destruction de la couche d'ozone située dans la stratosphère (10 à 50 km au-dessus de la surface de la Terre). Ce bouclier d'ozone indispensable protège l'espèce humaine ainsi que les divers écosystèmes d'un rayonnement UV trop intensif. La destruction de cette couche protectrice est provoquée par les émissions anthropiques de chlorofluorocarbones (CFC). Ces molécules très stables ne subissent aucune réaction chimique dans la troposphère (jusqu'à une altitude de 10 km); leur effet néfaste ne se produit que dans la stratosphère.
- > Il y a d'autre part un problème très différent, celui des concentrations trop élevées d'ozone près du sol. Cet ozone-là est indésirable, car son agressivité et sa toxicité peuvent porter directement atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement. Les taux excessifs d'ozone à proximité du sol sont la conséquence surtout des émissions anthropiques d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) 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

Smog estival

Gaz à effet de serre

Au début du siècle passé, la charge en ozone au niveau du sol était de l'ordre de 15 ppb (30 µg/m<sup>3</sup>); à 1 ou 2 km d'altitude, elle était de l'ordre de 20 à 30 ppb (35 à 52 µg/m<sup>3</sup>). 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<sub>2</sub>) et les composés organiques volatils (COV). L'ozone est la principale composante du smog photochimique, qui contient cependant de nombreux autres polluants (acides organiques, peroxydes, peroxyacétylnitrate [PAN], etc.). La forma-

L'ozone polluant secondaire

tion 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 NO<sub>2</sub> 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 (<http://www.empa.ch/climategases>).

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 26 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 diminution des émissions de NO, la quantité d'ozone est moins éliminée aux alentours des sources émettrices.

**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, en partie du fait de la hausse du méthane, substance dite précurseur.

**Augmentation des valeurs moyennes d'ozone en moyenne altitude**

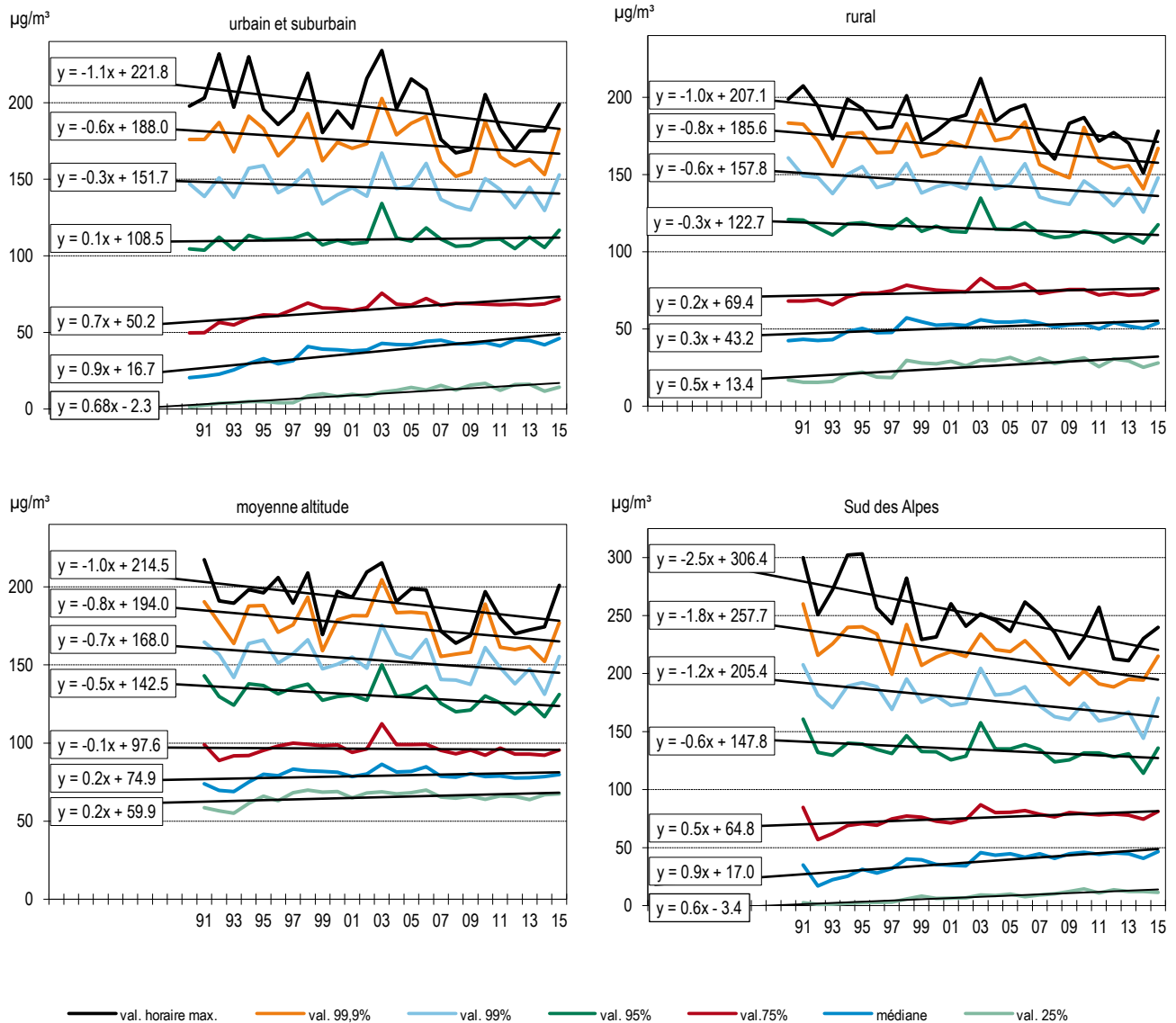
Les tendances qu'illustre la figure 26 concordent bien avec l'évolution de l'ozone prévue par les modèles théoriques. Entre 1990 et 2015, les émissions suisses de  $\text{NO}_x$  ont diminué de 50 % et celles de COVNM de 70 %. C'est ce qui empêche une hausse des maxima d'ozone en dépit d'une charge moyenne 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  $\text{NO}_x$  et des COVNM, mais pas de changement de la valeur moyenne.

**Tendances observées et modèles concordent**

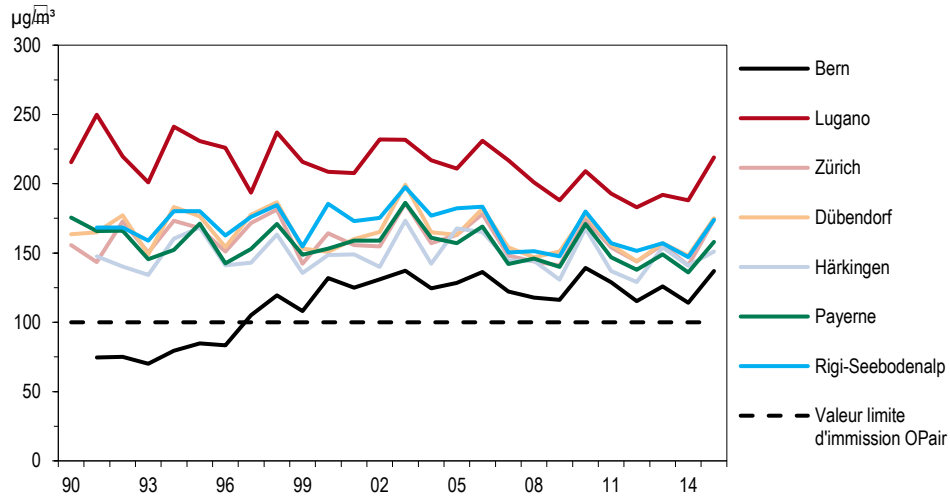
Les figures 27 et 28 présentent les deux séries temporelles qui se réfèrent aux valeurs limites de l'OPair. A l'exception des zones de trafic, on note une légère baisse. Les longues périodes de beau temps de l'été 2003 ont causé nombre de dépassements des valeurs limites d'immission, mais des valeurs 98 % à peine plus élevées.

**Fig. 26 > Ozone, statistique des moyennes horaires**

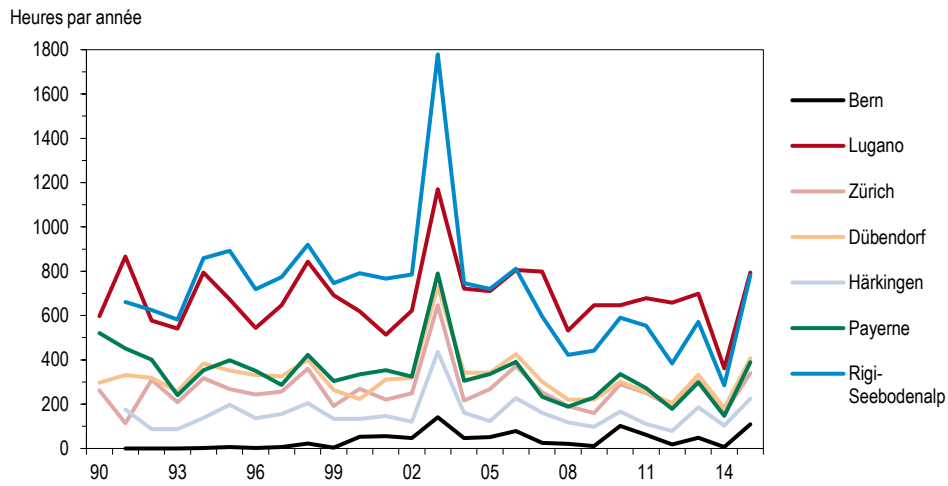
Les stations ont été regroupées par type: stations urbaines et suburbaines du nord des Alpes (Bâle-Binningen, Dübendorf, Zurich), stations rurales du Plateau (Payerne, Tänikon), stations de moyenne altitude (Chaumont, Rigi-Seebodenalp) et stations du sud des Alpes (Lugano, Magadino-Cadenazzo).



**Fig. 27** > Ozone, valeur 98 % du mois d'été le plus chargé en ozone, de 1990 à 2015



**Fig. 28** > Ozone, nombre de dépassements de la valeur limite horaire d'immission, de 1990 à 2015



5.3

## Situation en 2015

Il ressort de la statistique 2015 (tab. 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/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus d'une fois par année et 98 % des moyennes semi-horaires devant être inférieures ou égales à 100 µg/m<sup>3</sup>) 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

Tab. 12 > Ozone (O<sub>3</sub>), statistique annuelle 2015

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m <sup>3</sup>	Val. 98 %-max. µg/m <sup>3</sup>	Moyenne horaire max. µg/m <sup>3</sup>	Nombre de dépassements de la valeur limite (valeur horaire)	Nombre de jours avec moyenne horaire maximale			Moyenne 8h-max. µg/m <sup>3</sup>	Nombre de jours avec moyenne 8h max.	
						> 120 µg/m <sup>3</sup>	> 180 µg/m <sup>3</sup>	> 240 µg/m <sup>3</sup>		> 100 µg/m <sup>3</sup>	> 120 µg/m <sup>3</sup>
Type de site	Bern-Bollwerk	38	137	147	109	31	0	0	140	46	7
	Lausanne-César-Roux	45	129	143	46	15	0	0	127	42	4
Urbain, trafic	Lugano-Università	55	219	272	794	88	32	4	222	105	77
	Zürich-Kaserne	48	174	199	341	54	3	0	175	81	39
Urbain	Basel-Binningen	50	176	194	380	54	6	0	180	80	41
	Dübendorf-Empa	46	175	205	407	60	6	0	183	87	44
Suburbain	Härkingen-A1	39	151	193	224	45	2	0	168	59	24
	Sion-Aéroport-A9	43	153	183	232	44	1	0	166	79	27
Rural, autoroute Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	49	186	207	586	88	13	0	190	109	68
	Payerne	54	158	175	389	61	0	0	162	87	46
	Tänikon	56	166	181	407	61	1	0	167	93	50
	Lägeren	66	173	190	651	63	2	0	180	109	61
Rural, altitude > 1000 m	Chaumont	84	164	187	761	63	1	0	176	118	59
	Rigi-Seebodenalp	82	174	215	783	72	3	0	194	123	62
	Davos-Seehornwald	70	126	138	50	9	0	0	133	52	7
	Jungfrauoch	74	117	138	19	8	0	0	126	35	1
Valeur limite d'immission OPair			100	120	1						

1) Stations de Davos-Seehornwald et de la Jungfrauoch: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m<sup>3</sup> et en mg/m<sup>3</sup> à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A5.

## 5.4 Variations saisonnières de l'ozone

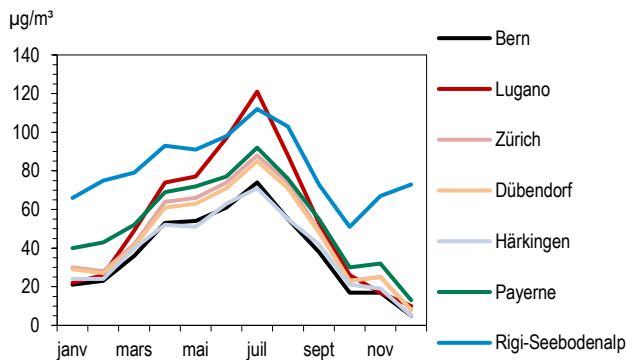
L'ozone présente des variations saisonnières qui se distinguent fondamentalement de celles de la plupart des autres polluants (fig. 29 et 30). On mesure en été des concentrations considérablement plus élevées qu'en hiver. Un examen des graphiques présentant les moyennes mensuelles (fig. 29) révèle que 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. Là, la réduction de l'ozone par d'autres polluants est moins grande et l'ensoleillement important favorise la formation de ce gaz.

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

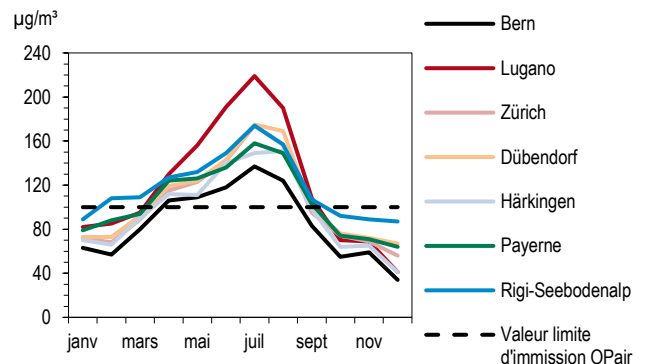
Le mois de juillet a été très ensoleillé, ce qui explique les valeurs d'ozone élevées (fig. 29).

Valeurs d'ozone élevées en juin

**Fig. 29** > Ozone, moyennes mensuelles par type de station, 2015



**Fig. 30** > Ozone, valeurs 98 % mensuelles par type de station, 2015



## 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 ( $\text{NO}_2$ ) 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 (CH<sub>4</sub>). Il est présent en assez grande quantité dans l'atmosphère et y produit des effets différents des autres COV. Aussi est-il généralement traité à part des autres hydrocarbures, d'où la distinction «composés organiques volatils non méthaniques» (COVNM).

Méthane

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

Précurseurs de la formation d'ozone

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

Effets

## 6.2 Quantité totale de COV

Trois stations mesurent en continu 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 (fig. 31) est surtout intéressante pour vérifier l'effet des mesures adoptées. Les deux stations avec de longues séries de mesures enregistrent une baisse d'environ 70 % depuis la fin des années 1980. Le tableau 13 résume les principales valeurs mesurées en 2015.

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

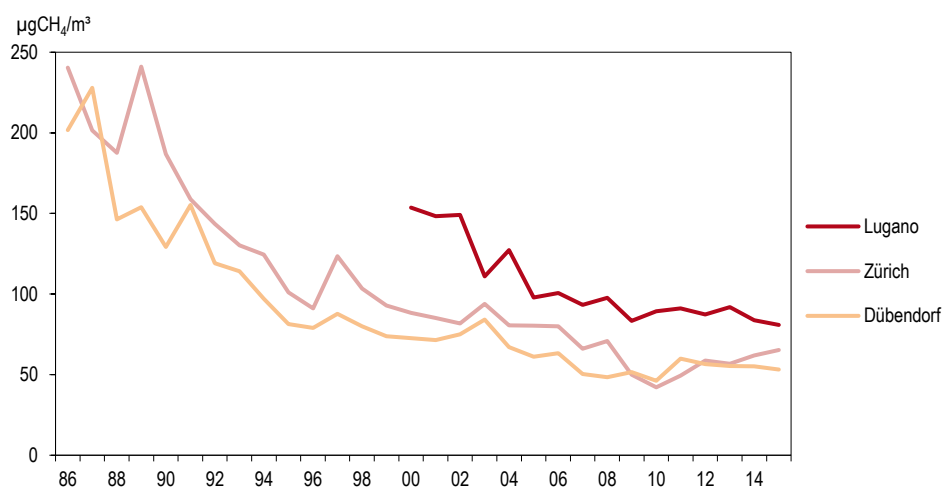
Réduction des immissions  
d'environ 75 % ces 20 dernières  
années

Valeurs plus élevées au Tessin

**Tab. 13 > COV non méthaniques (exprimés en équivalent méthane), statistique annuelle 2015**

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	81	172	203
	Zürich-Kaserne	65	152	428
Suburbain	Dübendorf-Empa	53	134	180

**Fig. 31 > COV non méthaniques (exprimés en équivalent méthane), moyennes annuelles de 1986 à 2015**



## 6.3

**Composés aromatiques**

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

Dans le tableau 14 figurent les moyennes annuelles de tous les composés aromatiques C<sub>6</sub> à C<sub>8</sub> 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.

**Tab. 14 > Composés aromatiques, moyennes annuelles 2015**

	Benzène µg/m <sup>3</sup>	Toluène µg/m <sup>3</sup>	Ethylbenzène µg/m <sup>3</sup>	m/p-xylène µg/m <sup>3</sup>	o-xylène µg/m <sup>3</sup>
Berne-Bollwerk	1,33	3,35	0,46	1,73	0,59
Zürich-Kaserne	0,72	2,70	0,48	1,58	0,58
Dübendorf-Empa	0,71	2,75			
Rigi-Seebodenalp	0,26	0,35	0,07	0,13	0,06

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 (fig. 32). Les valeurs du benzène n'ont que peu reculé entre 1994 et 1999. En revanche, on a observé un net recul entre 1999 et 2001. Ce comportement a également été observé dans les stations cantonales, qui utilisent pour la plupart des échantillonneurs passifs. Le recul entre 1999 et 2001 a été en moyenne de 30 % sur 9 stations. Le recul le plus important a été observé dans des stations proches des routes. La cause principale en est la baisse de la teneur en benzène de l'essence.

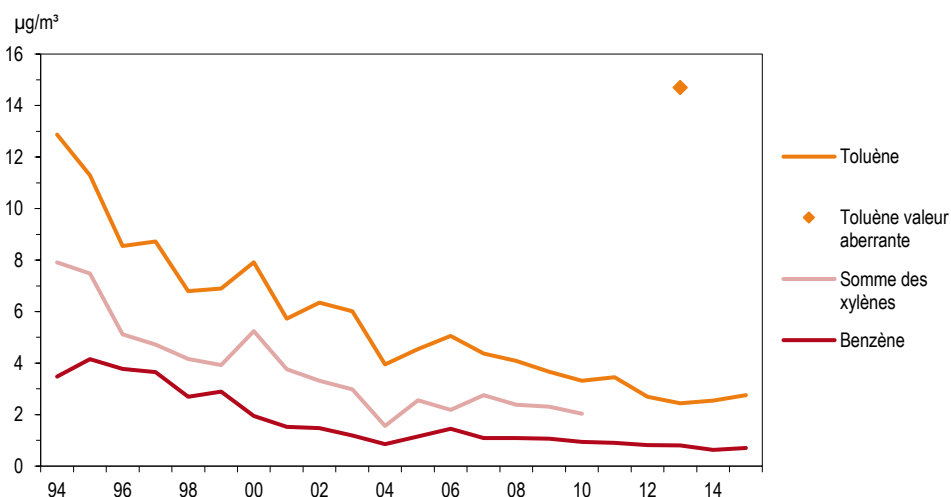
**Le benzène, le toluène et le xylène sont les composés aromatiques les plus importants**

**Diminution sensible de la charge en benzène entre 1999 et 2001**



**Fig. 32 > Composés aromatiques, moyennes annuelles de 1994 à 2015, Dübendorf**

*Dans le cas du toluène, de fortes pollutions locales ont été observées en 2013. La ligne orange présente l'évolution de ce gaz avec la valeur annuelle corrigée pour 2013.*



#### 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 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.

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).

Du point de vue toxicologique, le 1,3-butadiène est important, car il est cancérigène. La figure 33 indique les concentrations mesurées par NABEL depuis 2001. En ville de Zurich, les concentrations ont été réduites pratiquement de moitié entre 2001 et 2015, probablement en raison des améliorations apportées aux moteurs et de la pose de filtres à particules sur les véhicules.

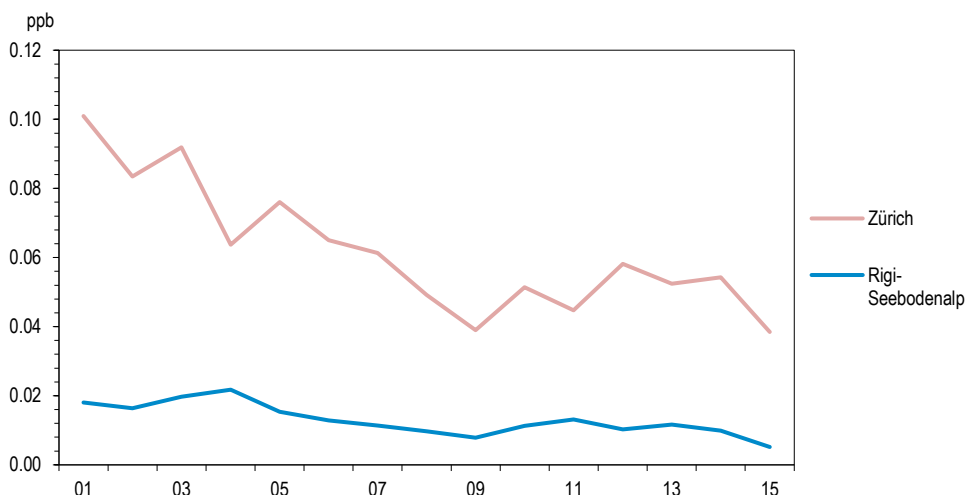
Les hydrocarbures insaturés sont importants pour la formation d'ozone

Emetteurs principaux

Mesures

1,3-butadiène

Fig. 33 &gt; 1,3-butadiène, moyennes annuelles de 2001 à 2015



## 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.

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](http://www.empa.ch/klimagase).

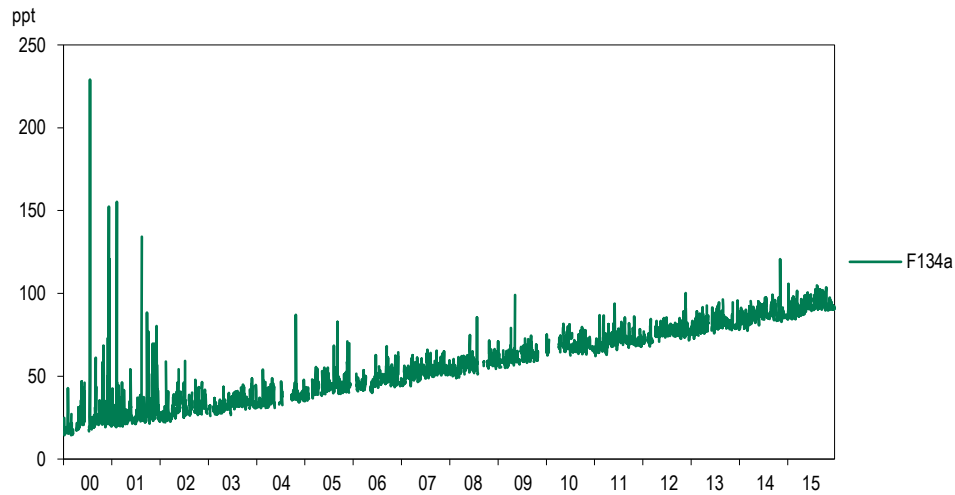
Les figures 34 et 35 présentent quelques exemples de substances halogénées dont les concentrations sont relevées à la Jungfrauoch. Le composé F134a ( $\text{CH}_2\text{FCF}_3$ ) est utilisé comme produit réfrigérant ainsi que pour la production de mousses. Selon les accords internationaux en vigueur, 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 (fig. 34).

Importance dans l'atmosphère

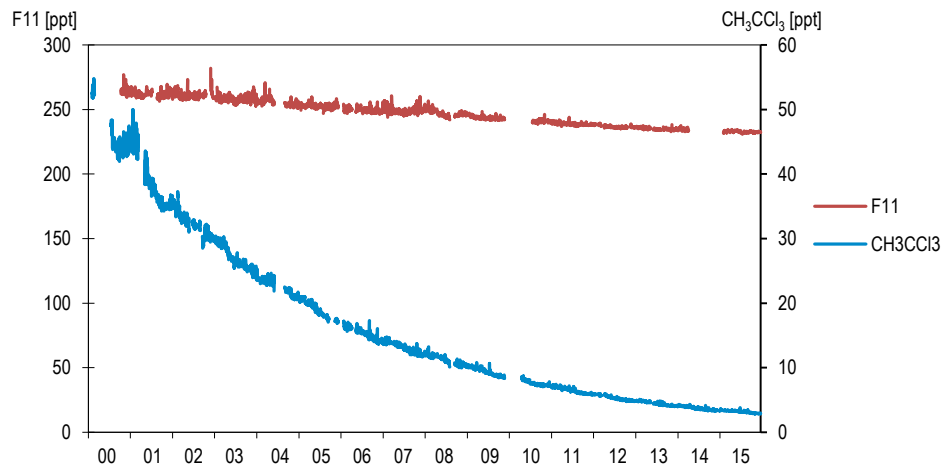
Mesures dans des stations  
NABEL

F134a: substance admise

**Fig. 34** > F134a, moyennes journalières de 2000 à 2015 sur la Jungfraujoch



**Fig. 35** > 1,1,1-Trichloréthane et F11: moyennes journalières de 2000 à 2015 sur la Jungfraujoch



La production et l'utilisation de F11 ( $\text{CCl}_3\text{F}$ ), 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 (fig. 35). 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 ( $\text{CH}_3\text{CCl}_3$ ), 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 (fig. 35).

**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

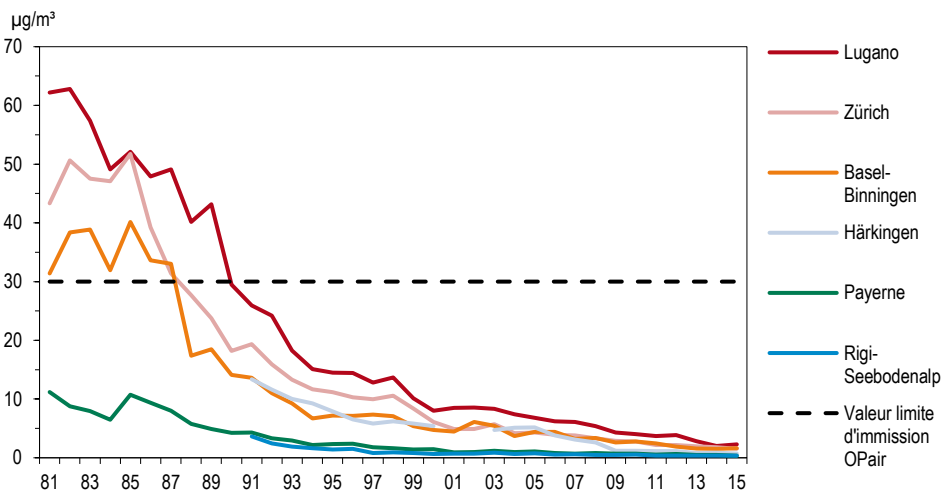
Le dioxyde de soufre est un gaz incolore, irritant et très soluble dans l'eau; lorsqu'il est fortement concentré, son odeur est piquante. Il se forme principalement lors de la combustion de carburants ou de combustibles contenant du soufre. Les émissions de dioxyde de soufre ont atteint leur maximum 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<sub>2</sub> est très phytotoxique. C'est aussi l'une des principales substances causant les pluies acides.

## 7.2 Evolution des immissions

Fig. 36 > Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), moyennes annuelles de 1981 à 2015



La charge en dioxyde de soufre a fortement diminué entre 1985 et 1994 (fig. 36). Puis, la diminution a été moins marquée. La charge en SO<sub>2</sub> est actuellement faible et sensiblement inférieure à la valeur limite d'immission de 30 µg/m<sup>3</sup> dans toutes les stations du réseau NABEL. On a également enregistré un net recul des concentrations de cette substance dans les stations installées à la campagne ainsi qu'à la Jungfrauoch (haute montagne). Depuis le milieu des années 1980, les charges en SO<sub>2</sub> ont diminué de plus de 90 % dans toutes les stations.

Diminution des immissions de plus de 90 %

### 7.3 Situation en 2015

Les résultats des mesures de 2015 portant sur le SO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup>) dans toutes les stations du réseau. Il en va de même pour les moyennes journalières les plus élevées.

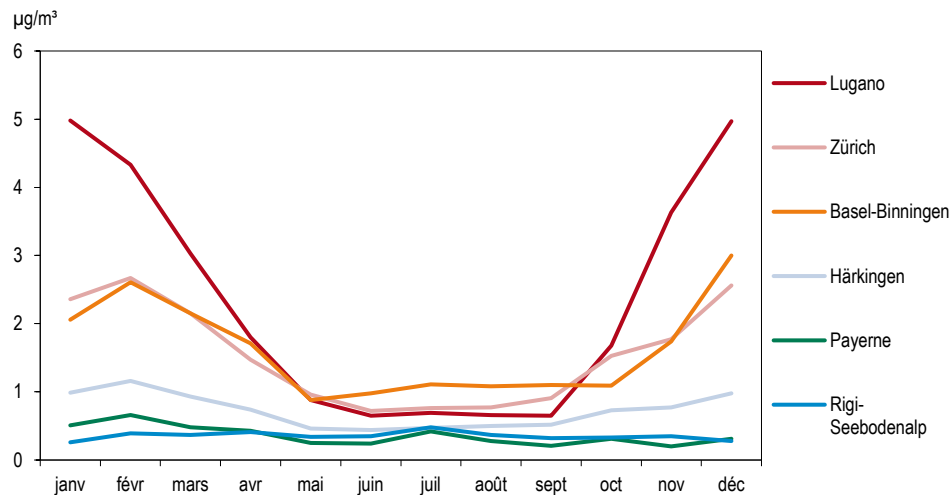
En général, charge basse

Tab. 15 > Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), statistique annuelle 2015

Type de site	Station	Moyenne annuelle µg/m <sup>3</sup>	Val. 95 %- µg/m <sup>3</sup>	Moyenne 24h max. µg/m <sup>3</sup>	Nombre de dépassements de la moyenne journalière
Urbain	Lugano-Università	2,3	6	8	0
	Zürich-Kaserne	1,5	5	5	0
Suburbain	Basel-Binningen	1,6	5	7	0
	Dübendorf-Empa	1,1	4	4	0
Rural, autoroute	Härkingen-A1	<1	2	3	0
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	1,6	4	8	0
	Payerne	<1	1	2	0
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	<1	<1	1	0
Haute montagne	Jungfrauoch	<1	<1	3	0
Valeur limite d'immission OPAir		30	30	100	100

Etant donné que la charge en SO<sub>2</sub> est depuis des années en dessous des valeurs limites, le programme de mesure du SO<sub>2</sub> 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.

**Fig. 37 > Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), moyennes mensuelles 2015**



La figure 37 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 2015, 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 SO<sub>2</sub> 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 2015

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 0,43 mg/m<sup>3</sup> (tab. 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/m<sup>3</sup>) n'est dépassée à aucun des points de mesure. La moyenne journalière la plus forte a été mesurée à Bern-Bollwerk: 0,8 mg/m<sup>3</sup>. Les valeurs des autres stations sont encore plus basses.

Forte charge de fond

Aucun dépassement de la valeur limite

**Tab. 16 > Monoxyde de carbone (CO), statistique annuelle 2015**

Type de site	Station	Moyenne annuelle mg/m <sup>3</sup>	Val. 95 %-mg/m <sup>3</sup>	Moyenne 24h max. mg/m <sup>3</sup>	Nombre de dépassements de la moyenne journalière
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	0,43	0,8	0,8	0
	Lausanne-César-Roux	0,38	0,7	0,7	0
Urbain	Lugano-Università	0,34	0,7	1,0	0
	Zürich-Kaserne	0,29	0,5	0,9	0
Suburbain	Dübendorf-Empa	0,29	0,6	0,8	0
Rural, autoroute	Härkingen_A1	0,31	0,6	0,7	0
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	0,22	0,4	0,6	0
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	0,17	0,3	0,4	0
Haute montagne	Jungfraujoch	0,09	0,0	0,2	0
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>				8,0	1

Fig. 39 &gt; Monoxyde de carbone (CO), moyennes mensuelles, 2015

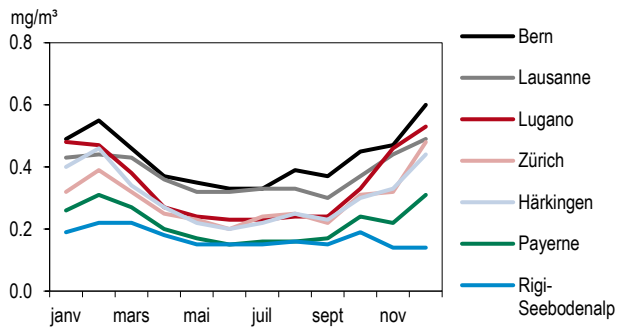
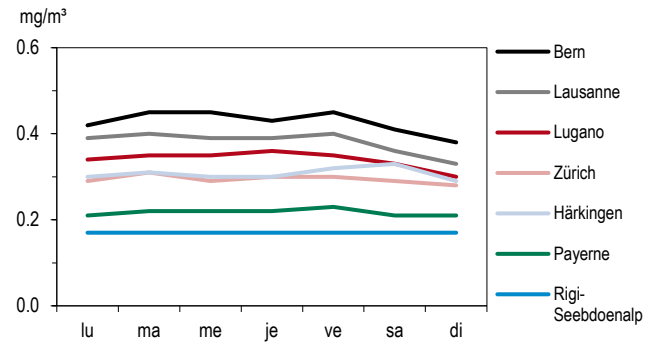


Fig. 40 &gt; Fluctuations hebdomadaires (CO), 2015



Les fluctuations annuelles du monoxyde de carbone (fig. 39) ne sont que peu marquées. Il en est de même des fluctuations hebdomadaires (fig. 40). On n'observe qu'une 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 > Gaz à effet de serre

---

Outre les gaz à effet de serre halogénés (voir 6.5), on mesure à la Jungfraujoch les gaz à effet de serre qui contribuent le plus au changement climatique anthropique, soit le dioxyde de carbone, le méthane et le gaz hilarant (<http://www.empa.ch/web/s503/climate-gases>, en anglais). En raison de la longue durée de vie de ces gaz, la concentration mesurée à la Jungfraujoch est influencée par les émissions provenant de tout l'hémisphère nord. Comme le montre la figure 41, qui affiche les moyennes mensuelles depuis le début des mesures, les concentrations de ces trois gaz ont augmenté ces dernières années. D'autres composés mesurés par NABEL, tels la suie, l'ozone et le sulfate, jouent également un rôle dans le changement climatique.

La concentration de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) révèle de fortes variations saisonnières qui reflètent essentiellement l'absorption de ce gaz par la végétation au cours de l'été. La hausse observée correspond au comportement constaté dans d'autres stations de mesure de fond de l'hémisphère nord.

Dioxyde de carbone

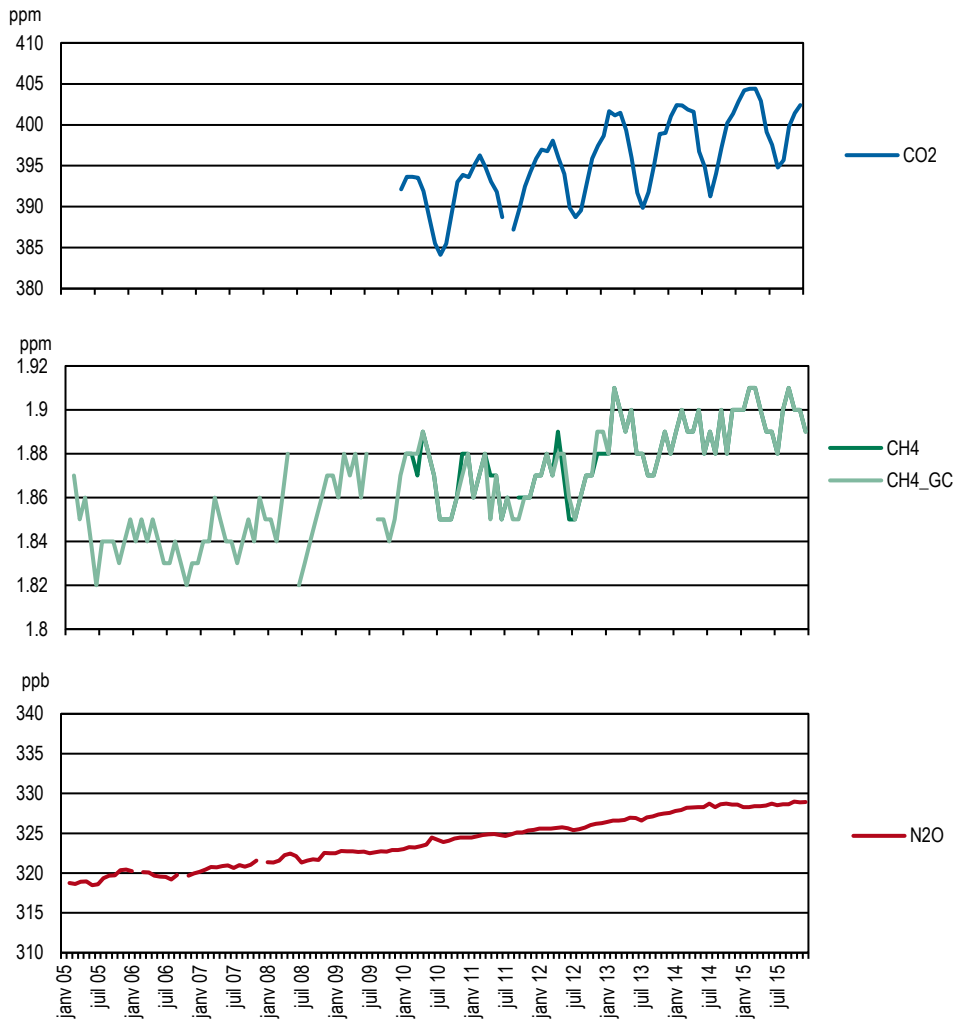
Le méthane (CH<sub>4</sub>), élément principal du gaz naturel, est libéré lors de l'exploitation de gisements d'agents énergétiques fossiles. Il provient aussi de l'agriculture, en particulier de l'élevage. La teneur en méthane dans l'atmosphère ne cesse d'augmenter. Or, en plus de favoriser l'effet de serre, le méthane contribue dans une large mesure à la formation d'ozone dans les couches supérieures de la troposphère.

Méthane

La concentration de gaz hilarant (protoxyde d'azote, N<sub>2</sub>O) a augmenté de près de 3 % depuis le début des mesures en 2005. Ce gaz provient des sols très fertilisés ou dérive de processus de combustion.

Gaz hilarant

**Fig. 41 > Evolution de la concentration des différents gaz à effet de serre, moyennes mensuelles de 2005 à 2015 sur la Jungfraujoch**



Le méthane (CH<sub>4</sub>) est mesuré à l'aide de deux instruments différents.



# 11 > 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

## 11.1 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

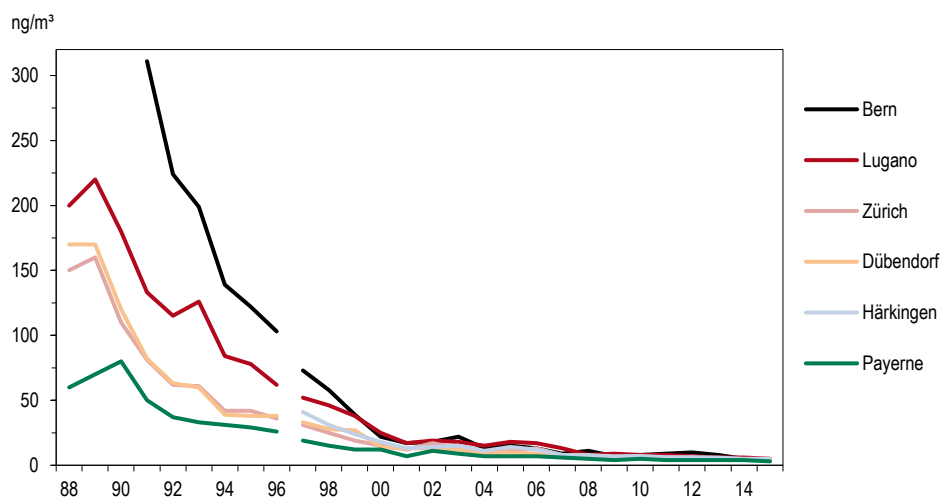
Depuis 1988, presque toutes les stations ont enregistré une très forte diminution des concentrations du plomb dans les poussières fines (fig. 43). Le même constat est fait pour les retombées de poussières (fig. 44). La charge en plomb a reculé en moyenne de 90 % depuis 1991. La forte augmentation des 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

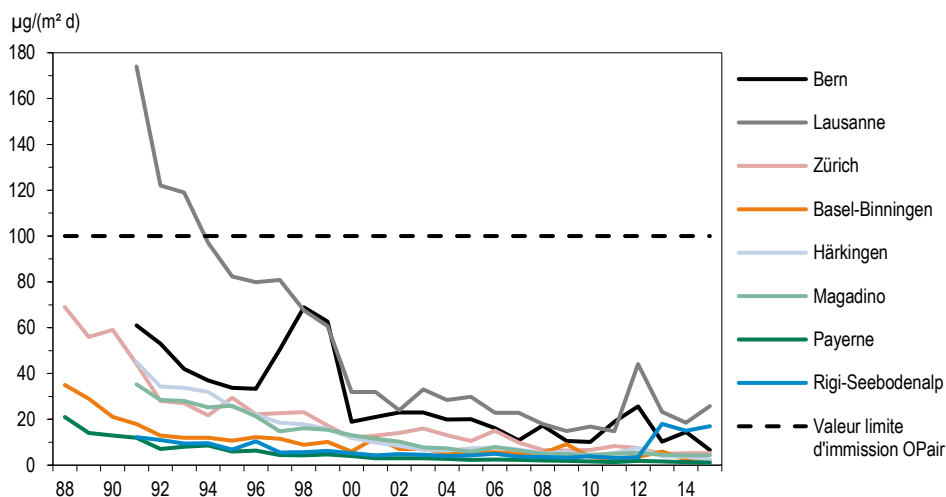
Depuis la révision de l'OPair du 1<sup>er</sup> mars 1998, les valeurs limites pour les métaux lourds s'appliquent également aux PM10 et non TSP. Depuis cette date, la valeur limite pour le plomb dans les PM10 est de 500 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle. Les mesures comparatives effectuées entre 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 (fig. 43) peuvent donc être considérées, avec une légère correction, comme mesures du plomb dans les PM10.

**Fig. 43** > Plomb dans les poussières fines (PM10, avant 1997, TSP), moyennes annuelles de 1988 à 2015 (valeur limite d'immission OPair: 500 ng/m<sup>3</sup>)



**Fig. 44** > Plomb dans les retombées de poussières, moyennes annuelles de 1988 à 2015



Comme le montre le tableau 18, la valeur limite de 500 ng/m<sup>3</sup> est aujourd'hui largement respectée dans toutes les stations. Les dépôts de plomb dans les retombées de poussières (tab. 19, fig. 44) sont les plus élevés aux stations urbaines situées à proximité des routes. Les valeurs les plus élevées mesurées à Berne et à Lausanne étaient respectivement de 7 et 26 µg/m<sup>2</sup> d. Elles se situent nettement en dessous de la valeur limite de 100 µg/m<sup>2</sup> d. Dans les autres stations du réseau NABEL, les valeurs relevées sont encore plus basses (1 à 5 µg/m<sup>2</sup> d).

**Valeurs limites largement respectées**

Tab. 18 &gt; Métaux lourds dans les poussières fines (PM10), statistique annuelle 2015

Type de site	Station	Moyennes annuelles				
		Plomb ng/m <sup>3</sup>	Cadmium ng/m <sup>3</sup>	Arsenic ng/m <sup>3</sup>	Nickel ng/m <sup>3</sup>	Cuivre ng/m <sup>3</sup>
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	4,3	0,11	0,34	1,90	61,7
	Lausanne-César-Roux	3,1	<0,05**	0,26	1,20	30,0
Urbain	Lugano-Università	4,6	0,08	0,38	1,20	12,8
	Zürich-Kaserne	4,3	0,06	0,30	1,20	21,0
Suburbain	Basel-Binningen	3,8	0,13	0,29	0,70	8,0
	Dübendorf-Empa	3,6	0,08	0,29	0,70	21,9
Rural, autoroute	Härkingen-A1	4,9	0,07	0,31	0,90	19,7
	Sion-Aéroport-A9	5,9	0,05	0,29	1,60	26,3
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	4,2	0,09	0,54	1,20	12,0
	Payeme	2,6	<0,05**	0,33	0,70	4,6
	Tänikon	3,6	<0,05**	0,21	0,60	6,6
Rural altitude > 1000 m	Chaumont	1,7	<0,05**	0,13	<0,5*	1,7
	Rigi-Seebodenalp	2,4	<0,05**	0,13	0,50	2,0
Haute montagne	Jungfraujoch	<0,5*	<0,05**	<0,1***	<0,5*	0,5
Valeur limite d'immission OPair		500	1,5			

\* Seuil de mesure: 0,5 ng/m<sup>3</sup>\*\* Seuil de mesure: 0,05 ng/m<sup>3</sup>\*\*\* Seuil de mesure: 0,1 ng/m<sup>3</sup>

11.2

## 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.

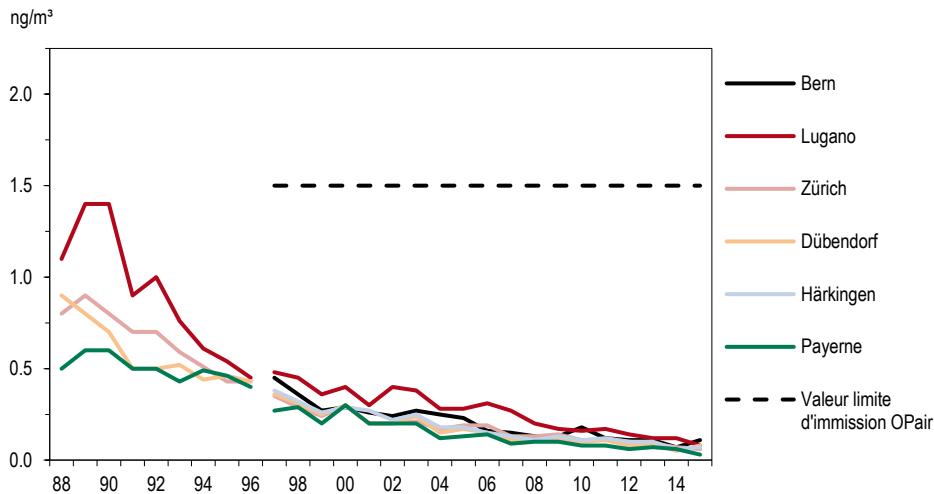
### Sources de cadmium

Depuis 1991, les charges en cadmium des poussières fines (fig. 45) ont diminué de 80 %. Les charges en cadmium des retombées de poussières (fig. 46) 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.

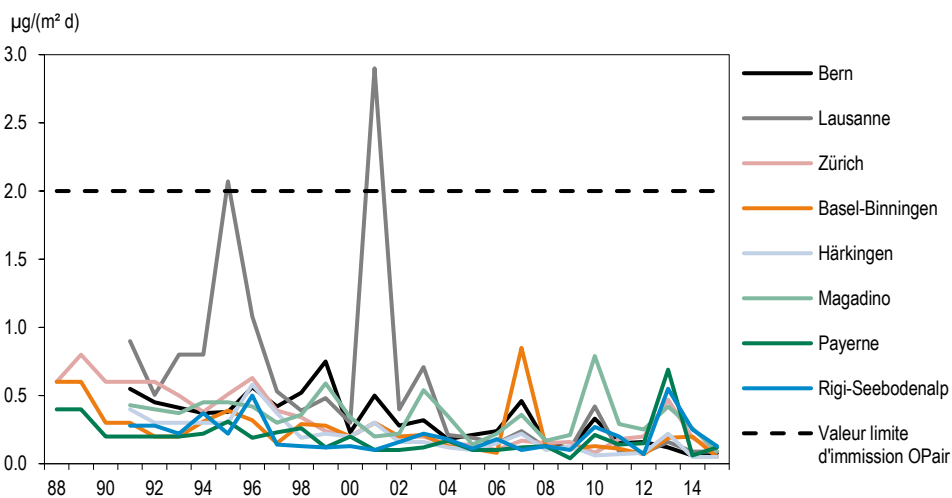
### Charge en cadmium diminuée de moitié



**Fig. 45** > Cadmium dans les poussières fines (PM10, avant 1997, TSP), moyennes annuelles de 1988 à 2015



**Fig. 46** > Cadmium dans les retombées de poussières, moyennes annuelles de 1988 à 2015



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<sup>3</sup> 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 (fig. 45) 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 0,2 ng/m<sup>3</sup>. La valeur limite pour le cadmium dans les retombées de poussières (tab. 19) est aussi respectée dans toutes les stations.

**Valeurs limites généralement respectées**

Tab. 19 &gt; Métaux lourds dans les retombées de poussières, statistique annuelle 2015

Type de station	Station	Moyenne annuelle						
		Plomb µg/(m <sup>2</sup> d)	Cadmium µg/(m <sup>2</sup> d)	Zinc µg/(m <sup>2</sup> d)	Thallium µg/(m <sup>2</sup> d)	Arsenic µg/(m <sup>2</sup> d)	Nickel µg/(m <sup>2</sup> d)	Cuivre µg/(m <sup>2</sup> d)
Urbain, trafic	Bern-Bollwerk	6,6	0,08	181,5	0,013	0,45	4,38	92,1
	Lausanne-César-Roux	25,8	0,09	178,3	0,013	0,47	3,97	88,7
Urbain	Zürich-Kaserne	5,3	0,09	40,1	0,009	0,29	1,75	25,7
Suburbain	Basel-Binningen	2,3	0,05	18,1	0,007	0,20	1,10	7,8
Rural, autoroute	Härkingen-A1	2,4	0,05	49,6	0,009	0,31	1,65	13,2
Rural, altitude < 1000 m	Magadino-Cadenazzo	4,3	0,09	25,0	0,022	0,59	3,00	9,0
	Payerne	1,1	0,12	9,5	0,009	0,16	0,75	3,0
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	2,6	0,13	17,1	0,013	0,22	0,90	4,7
<i>Valeur limite d'immission OPair</i>		100	2	400	2			

### 11.3 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.

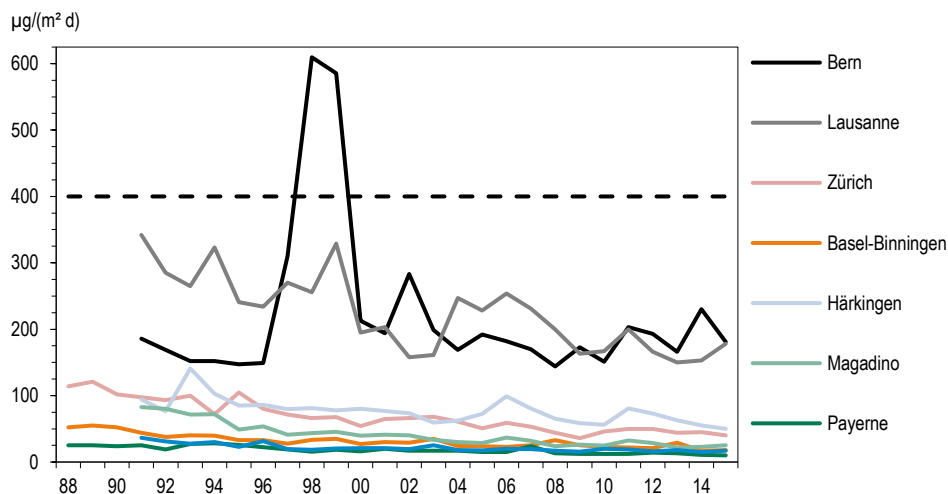
#### Sources de zinc

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 2015 (tab. 19 et fig. 47). 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).

**Fig. 47 > Zinc dans les retombées de poussières, moyennes annuelles de 1988 à 2015**



#### 11.4 **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 0,022 µg/(m² d)) sont largement en dessous de la valeur limite (tab. 19).

Pas de problème d'immissions de thallium

#### 11.5 **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

#### 11.6 **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 2015 étaient de 0,54 ng/m³ pour l'arsenic et de 1,9 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.

## 12 > Substances contenues dans les précipitations

### 12.1 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 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), qui est l'anion de l'acide sulfurique, est issu en grande partie de la transformation du dioxyde de soufre. Le nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) est l'anion de l'acide nitrique et se forme à partir d'oxydes d'azote. L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) est un dérivé des émissions d'ammoniac, et le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) 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 ( $\text{Na}^+$ ), potassium ( $\text{K}^+$ ), magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) et calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ). 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

## 12.2 Evolution des immissions

Les figures 48 à 53 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.

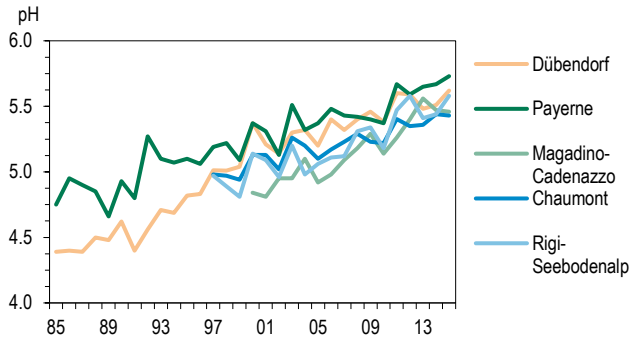
La valeur du pH des eaux de pluie a fortement augmenté depuis 1998 (fig. 48), ce qui indique une diminution des substances très acides dans l'atmosphère. Ce phénomène résulte notamment de la baisse de la proportion de sulfate et, dans une moindre mesure, de la baisse de la proportion de chlorure. La concentration de sulfate mesurée dans les eaux de pluie a diminué en Suisse (fig. 49) 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 (fig. 50) 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 (fig. 52 et 53) 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

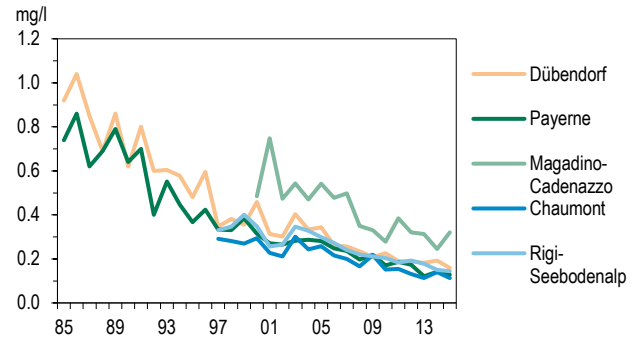
Les quantités de précipitations ont augmenté au cours des 25 dernières années au nord des Alpes (fig. 54). La charge en sulfate a baissé ces 25 dernières années (fig. 55), alors que les charges d'autres ions, comme le nitrate (fig. 56) ou l'ammonium (fig. 57), par exemple, sont restées pratiquement inchangées.

Charge ionique inchangée

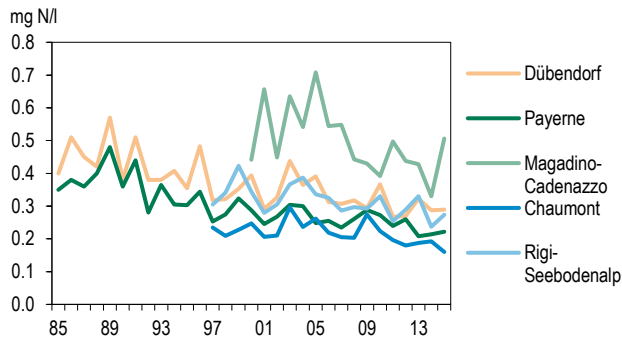
**Fig. 48 > Valeur de pH des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2015**



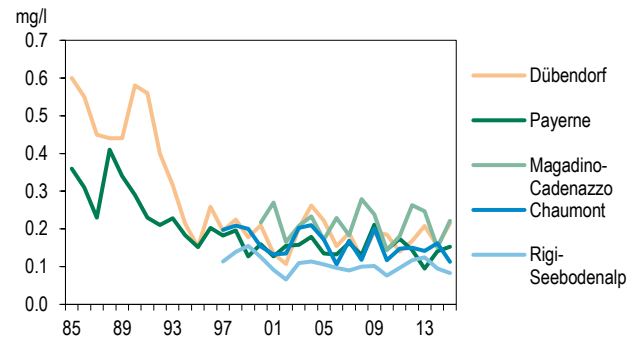
**Fig. 49 > Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2015**



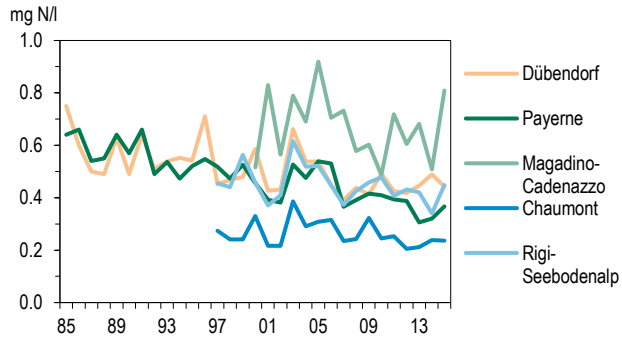
**Fig. 50 > Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2015**



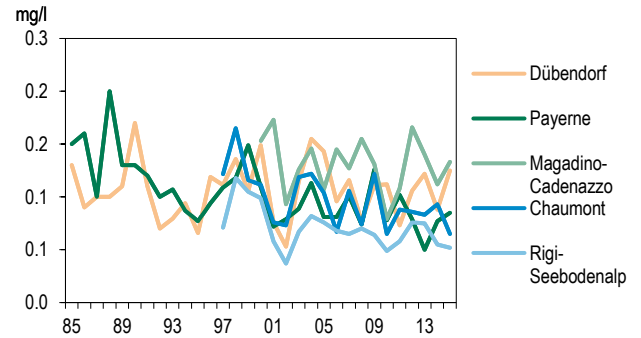
**Fig. 51 > Chlorure (Cl<sup>-</sup>) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2015**



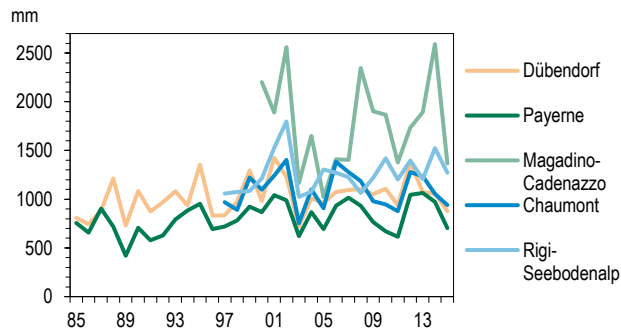
**Fig. 52 > Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2015**



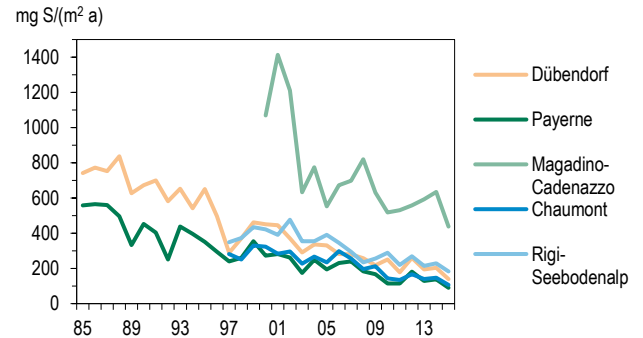
**Fig. 53 > Sodium (Na<sup>+</sup>) des eaux de pluie, moyennes annuelles de 1985 à 2015**



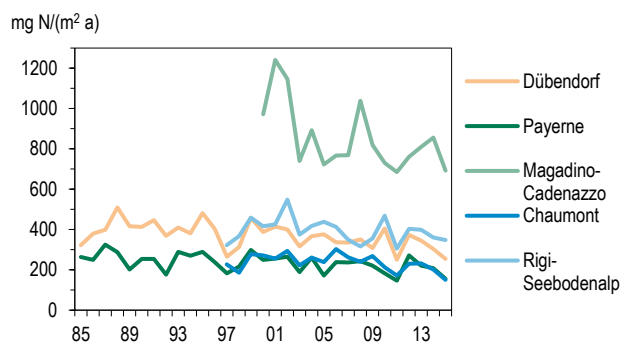
**Fig. 54** > Taux de précipitations analysé, somme des années 1985 à 2015



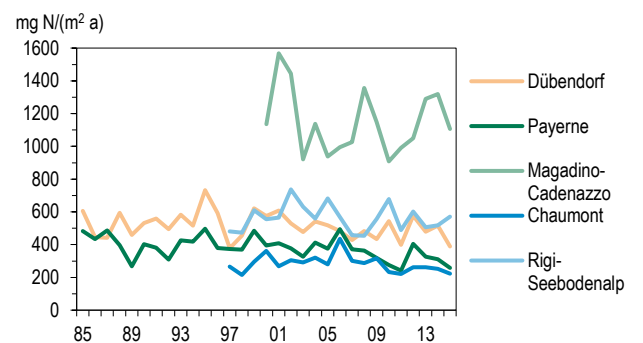
**Fig. 55** > Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ ), moyennes annuelles des charges de 1985 à 2015



**Fig. 56** > Nitrate ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ), moyennes annuelles des charges de 1985 à 2015



**Fig. 57** > Ammonium ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ), moyennes annuelles des charges de 1985 à 2015



## 12.3

### Situation en 2015

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

Les moyennes annuelles des concentrations doivent servir notamment pour l'analyse des tendances. En revanche, pour l'environnement, ce sont principalement les charges (tab. 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. A côté du bicarbonate, des composants d'origine minérale peuvent jouer un rôle. A 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 (tab. 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

Tab. 20 &gt; Concentrations des substances contenues dans les eaux de pluie, statistique annuelle 2015

Station	Moyennes annuelles									
	pH	COND μS/cm	Cl mg/l	NO <sub>3</sub> mg N/l	SO <sub>4</sub> mg S/l	Na mg/l	NH <sub>4</sub> mg N/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l
Dübendorf	5,62	8,51	0,22	0,29	0,16	0,13	0,44	0,04	0,03	0,32
Magadino-Cadenazzo	5,46	13,60	0,22	0,51	0,32	0,13	0,81	0,08	0,05	0,44
Payerne	5,73	6,55	0,15	0,22	0,13	0,09	0,37	0,03	0,02	0,22
Chaumont	5,43	5,47	0,11	0,16	0,11	0,07	0,24	0,02	0,02	0,15
Rigi-Seebodenalp	5,58	7,10	0,08	0,27	0,14	0,05	0,45	0,03	0,01	0,15

Tab. 21 &gt; Charges en substances contenues dans les eaux de pluie, statistique annuelle 2015

Station	Moyennes annuelles									
	Précipitation mm	Cl mg/(m <sup>2</sup> a)	NO <sub>3</sub> mg N/(m <sup>2</sup> a)	SO <sub>4</sub> mg S/(m <sup>2</sup> a)	Na mg/(m <sup>2</sup> a)	NH <sub>4</sub> mg N/(m <sup>2</sup> a)	K mg/(m <sup>2</sup> a)	Mg mg/(m <sup>2</sup> a)	Ca mg/(m <sup>2</sup> a)	
Dübendorf	877	189	253	139	110	389	34	27	277	
Magadino-Cadenazzo	1368	302	692	438	182	1107	105	73	605	
Payerne	703	108	156	90	60	258	23	14	155	
Chaumont	941	106	151	106	61	222	23	14	142	
Rigi-Seebodenalp	1270	105	348	183	66	570	36	15	185	



## 12.4

**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  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NH}_4^+$  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 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

# 13 > Composés azotés (particules ou gaz)

## 13.1 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 de mesure de base. 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

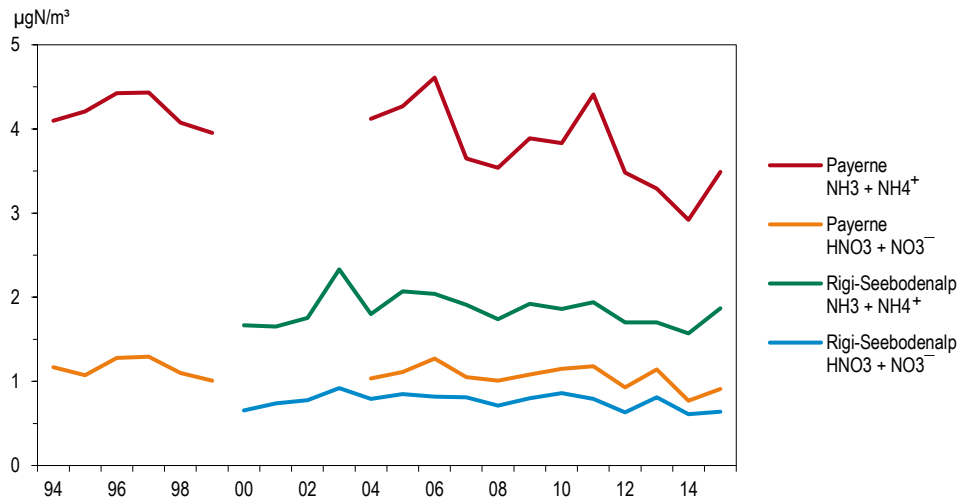
Tab. 22 > Quantité totale de composés azotés, statistique annuelle 2015

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	3,5	13,0	0,9	5,0
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	1,9	11,4	0,6	4,3

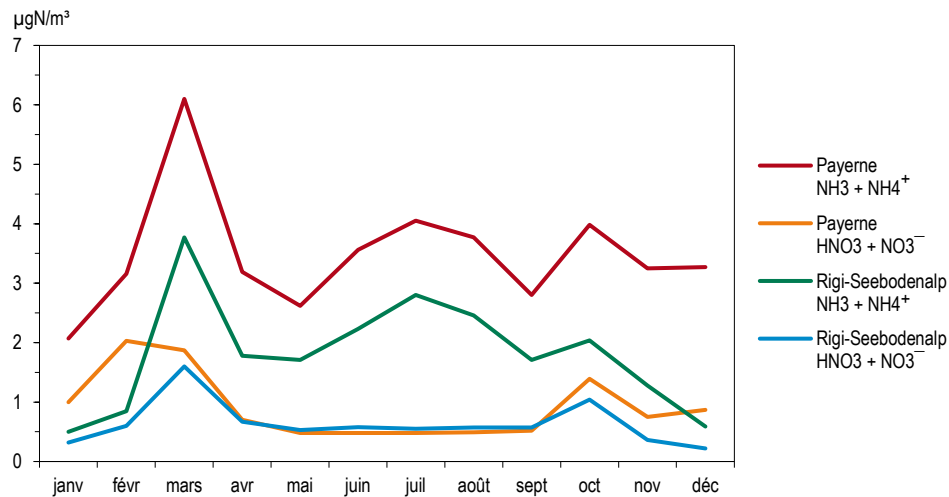
La figure 58 présente les valeurs moyennes annuelles des mesures effectuées jusqu'ici. Dans la série de mesures relevées à Payerne et Rigi-Seebodenalp, on ne relève aucune tendance nette. L'évolution est comparable à celle des composés correspondants dans les substances contenues dans les eaux de pluie (fig. 50 et 52). A Payerne, les concentrations de composés azotés réduits ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ) sont presque quatre 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 trois fois plus élevée que la quantité de composés azotés oxydés, en raison des différentes durées de vie de ces substances. L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) notamment se dépose rapidement et présente des valeurs élevées à proximité de la source.

Pollution inchangée

**Fig. 58** > Quantité totale de composés azotés, moyennes annuelles de 1994 à 1999 et de 2004 à 2015 (Payerne) et de 2000 à 2015 (Rigi-Seebodenalp)



**Fig. 59** > Quantité totale de composés azotés, moyennes mensuelles 2015 (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 (NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). On voit sur la figure 59 que ces composés accusent un maximum au printemps. En revanche, les composés azotés oxydés (HNO<sub>3</sub> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) présentent à Payerne des valeurs plus élevées en hiver.

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

### 13.2 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 ( $\text{HNO}_3$ ), de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) 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 Edinburg 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 (tab. 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.

Tab. 23 > Composés azotés réactifs, moyennes annuelles 2015

Type de site	Station	NH <sub>3</sub> Moy. annuelle µg N/m <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Moy. annuelle µg N/m <sup>3</sup>	HNO <sub>3</sub> Moy. annuelle µg N/m <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Moy. annuelle µg N/m <sup>3</sup>	Total	% de N dans la phase gazeuse	% de N dans la phase particulaire
Rural, altitude < 1000 m	Payerne	2,24	1,00	0,24	0,72	4,20	59%	41%
	Tänikon	4,31	0,91	0,24	0,69	6,15	74%	26%
	Magadino-Cadenazzo	4,28	0,95	0,41	0,59	6,23	75%	25%
Rural, altitude > 1000 m	Rigi-Seebodenalp	1,22	0,79	0,18	0,49	2,68	52%	48%

### 13.3 Ammoniac

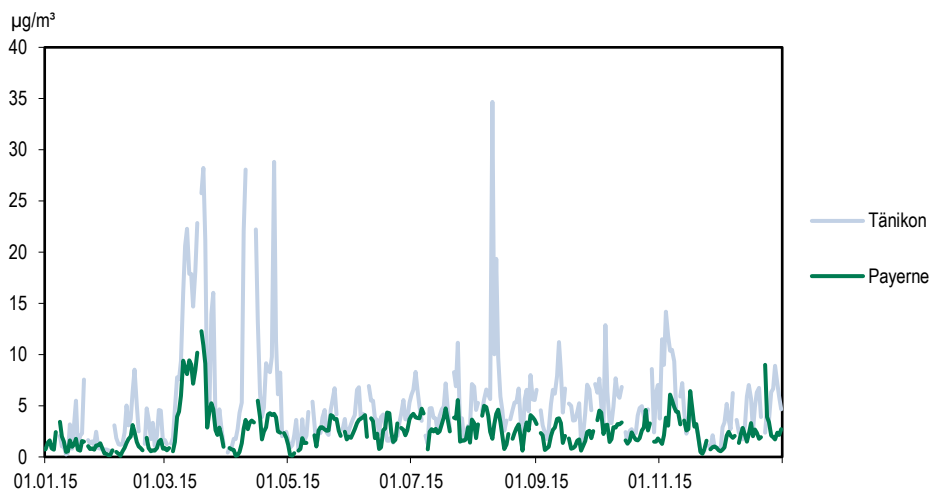
En 2015, la quantité d'ammoniac a été mesurée en continu à Payerne, à Tänikon et à Magadino-Cadenazzo. Les concentrations de  $\text{NH}_3$  mesurées en continu sont généralement moins élevées que les valeurs obtenues avec des capteurs passifs ou des denuder, peut-être à cause de pertes d'ammoniac dans le conduit d'aspiration. La teneur en ammoniac mesurée dans les trois stations est élevée (tab. 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/m<sup>3</sup> d'ammoniac). Dans les régions avec de nombreux centres d'élevage intensif, comme à Tänikon, les valeurs d'ammoniac mesurées sont encore plus élevées (Rapport sur les mesures d'ammoniac avec capteurs passifs, [www.bafu.admin.ch/luft/00575/11210/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/luft/00575/11210/index.html?lang=fr) sous Polluants azotés).

Mesures d'ammoniac en continu

**Tab. 24 > Ammoniac, statistique annuelle 2015**

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	2,6	12	27
	Tänikon	5,2	35	238
	Magadino-Cadenazzo	5,4	30	116

Dans les deux stations, le profil annuel (fig. 60) 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.

**Fig. 60 > Valeurs moyennes journalières des concentrations d'ammoniac, 2015**

# 14 > Conditions météorologiques

## 14.1 Situation en 2015

Le bilan météorologique se fonde sur le rapport climatologique de MétéoSuisse.

Le début de l'année 2015 a été plus chaud que la moyenne en raison de courants de secteur ouest et sud-ouest. Le 10 janvier, la station de Lucerne a même enregistré un record de chaleur hivernale depuis le début des mesures, avec une moyenne journalière de 15,1 degrés. Depuis la mi-janvier, de l'air froid en provenance du nord a soufflé sur le pays. Il a neigé sur les deux versants des Alpes jusqu'en plaine. En février, des chutes de neige abondantes et bien supérieures à la norme sont tombées au sud des Alpes. Au nord des Alpes par contre, le mois de février a connu des températures en dessous de la moyenne à maints endroits, mais cela n'a pas été suffisant pour compenser la douceur des mois précédents, de sorte que l'hiver 2014–2015 a été plus chaud de 0,7 degré sur tout le territoire par rapport à la moyenne de 1981–2010. Certaines régions du Tessin et de l'Engadine ont même connu leur deuxième hiver le plus doux.

**Début d'année doux avant de fortes chutes de neige**

Après quelques jours couverts début mars, une situation anticyclonique stable s'est installée au milieu du mois. Grâce à un fort ensoleillement, il a fait inhabituellement doux en montagne. Au Jungfrauoch, les moyennes journalières se situaient entre 5 et 9 degrés au-dessus de la norme climatique. Lors de l'éclipse solaire du 20 mars, le ciel était bien dégagé au nord. Par contre, d'épais nuages ont dominé au sud. À la fin du mois de mars, le temps s'est rafraîchi et est devenu orageux. Après des chutes de neige jusqu'à 600 m, un foehn du nord a provoqué de violentes bourrasques au Tessin le 27 mars, et, le 31 mars, la tempête Niklas a balayé le nord des Alpes avec des vents atteignant plus de 100 km/h. Le mois d'avril a vu le retour d'un temps chaud et ensoleillé. La durée d'ensoleillement sur l'ensemble de la Suisse a été supérieure à la moyenne de 20 % à 60 %. Les faibles précipitations dans les Grisons et dans le sud ont entraîné un fort risque d'incendie de forêt. Le passage de mars à avril a été marqué par de fortes précipitations. Au total, il a plu en moyenne environ 100 mm sur l'ensemble de la Suisse en l'espace de six jours. Du Bas-Valais à l'ouest de l'Oberland bernois, jusqu'à 200 mm de précipitations sont tombées en altitude. Certains cours d'eau sont sortis de leur lit. En raison des précipitations amenées par l'arrivée d'un front froid à la mi-mai, le mois a été plus humide que la normale, en particulier dans les Alpes occidentales.

**Un printemps généralement ensoleillé troublé par une tempête, des fortes précipitations et des crues**

L'été 2015 a été le deuxième le plus chaud depuis le début des mesures, en raison d'une situation de vents chauds de secteur ouest et sud-ouest. La moyenne nationale a été de 2,4 degrés supérieure à la norme. Seule la canicule de l'été 2003 a affiché des températures encore plus élevées. Le mois de juin affichait déjà des températures excessives. Celles-ci se sont rafraîchies en raison de violents orages et de fronts froids actifs. Le mois de juillet a été le plus chaud jamais enregistré dans les vallées internes des Alpes et en Suisse romande depuis le début des mesures en 1864, avec des tempé-

**Un été ensoleillé marqué par des vagues de chaleur**

ratures dépassant la moyenne de 3 à 4 degrés. La première semaine de juillet, Genève a subi une vague de chaleur et, le 7 juillet, le thermomètre a grimpé à 39,7 degrés, soit la température la plus élevée jamais mesurée au nord des Alpes. Le Sud a connu de fortes chaleurs du 17 au 23 juillet. À Locarno-Monti, la température est montée à 36,8 degrés, soit la troisième la plus chaude jamais enregistrée dans cette région depuis 1935. Le mois d'août a aussi été plus chaud que la moyenne. Le mois de juillet en particulier a été beaucoup plus sec et ensoleillé que la norme. Sur l'ensemble des trois mois estivaux, le Plateau et les Préalpes ont connu par endroit leur deuxième été le plus ensoleillé depuis 1959.

Aux mois de septembre et octobre, des courants de secteur nord ont fait baisser les températures à des niveaux inférieurs à la normale. La neige est tombée à plusieurs reprises en montagne. Le temps s'est ensuite adouci en novembre grâce à des courants doux de secteur ouest et sud-ouest. Les stations situées en altitude ont enregistré de nouveaux maxima pour le mois de novembre. Par exemple, au col du Grand St-Bernard, la température la plus élevée a été de 11,9 degrés le 12 novembre, soit plus de 2 degrés de plus que le précédent record pour ce mois. En outre, de nombreuses stations de mesure ont enregistré des valeurs inscrivant ce mois de novembre parmi les trois mois de novembre les plus ensoleillés depuis 55 ans. Sur certaines régions du Plateau, le taux d'ensoleillement a presque été le double de la moyenne de 1981–2010. Tout comme l'été, qui a été sec, l'automne a enregistré très peu de précipitations, à l'exception du mois de septembre, où il a plu en grosses quantités dans le nord du Tessin jusqu'en Engadine. Par exemple, au mois d'octobre, le nord-ouest de la Suisse n'a reçu que 20 % des précipitations normales.

En novembre, le temps est resté pour ainsi dire sec pendant plusieurs semaines dans tout le pays. Au nord de fortes précipitations ont marqué la fin du mois. Au Tessin et dans les vallées méridionales des Grisons, il n'est tombé par endroit ni pluie ni neige jusqu'à la fin de l'année. À Locarno et à Lugano, les mois de novembre et de décembre ont enregistré un cumul de moins 1 mm. Ainsi, la neige manquait en montagne au début de l'hiver. En raison d'un temps anticyclonique sec, l'hiver a été exceptionnellement ensoleillé. Le mois de novembre a été doux, tout comme le mois de décembre, dans tout le pays. Avec 3,2 degrés en dessous de la normale, ce dernier a été le plus chaud depuis le début des mesures.

L'année 2015 s'inscrit comme la plus chaude de l'histoire récente du climat suisse. La moyenne annuelle s'est située globalement entre 1,0 et 1,4 degré au-dessus de la norme. La moyenne record de l'année précédente a été battue de justesse avec une moyenne de 1,29 degré. Les précipitations ont été normales seulement dans les Alpes. Au sud et en particulier au nord, les précipitations annuelles étaient inhabituellement basses, en raison d'un été et d'un automne particulièrement secs. La durée d'ensoleillement a dépassé la moyenne de 1981–2010 de 10 %, voire de 25 % au nord.

Après un début d'automne frais, retour d'un temps chaud et ensoleillé

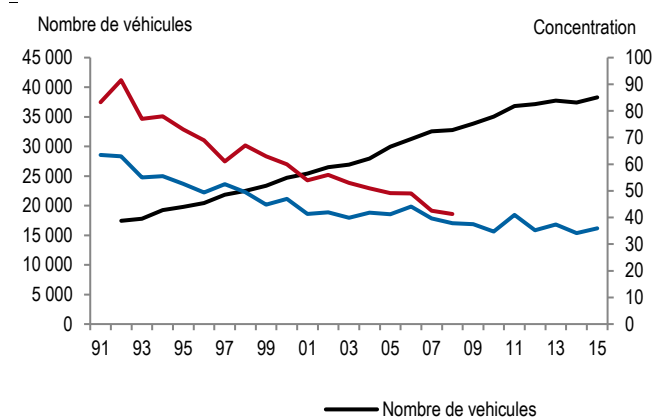
L'hiver s'est fait attendre, quasi absence de pluies au sud

Bilan annuel

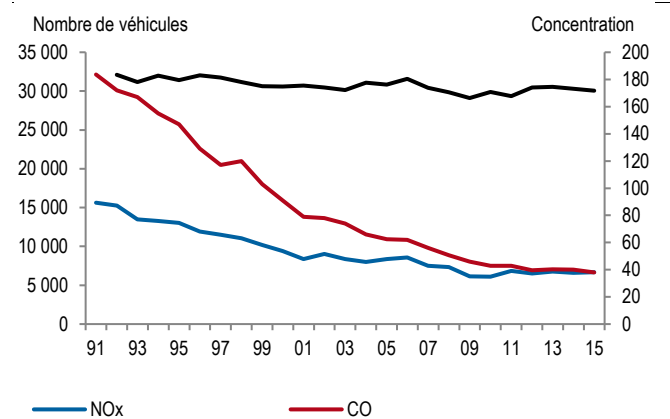
# 15 > Chiffres du trafic

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 61 indique la moyenne annuelle du volume du trafic à la station de Sion-Aéroport, ainsi que les concentrations d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) 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<sub>x</sub> a diminué de 43 %. Les valeurs extrapolées de CO affichent un recul de plus de 60 %. Comme les valeurs mesurées dans cette station sont essentiellement influencées par le trafic et que celui-ci représente la source d'émission de NO<sub>x</sub> 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 (fig. 62), où le volume du trafic est resté quasiment inchangé depuis 1991 alors que les concentrations de polluants ont, elles, fortement reculé, à savoir de 57 % pour le NO<sub>x</sub> et de 80 % 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.

**Fig. 61 > volume de trafic et concentration de polluants, 1991 – 2015, Sion-Aéroport**



**Fig. 62 > volume de trafic et concentration de polluants, 1991 – 2015, Lausanne-César-Roux**



Concentration en ppb (NO<sub>x</sub>) et en µg/m³\*100 (CO)



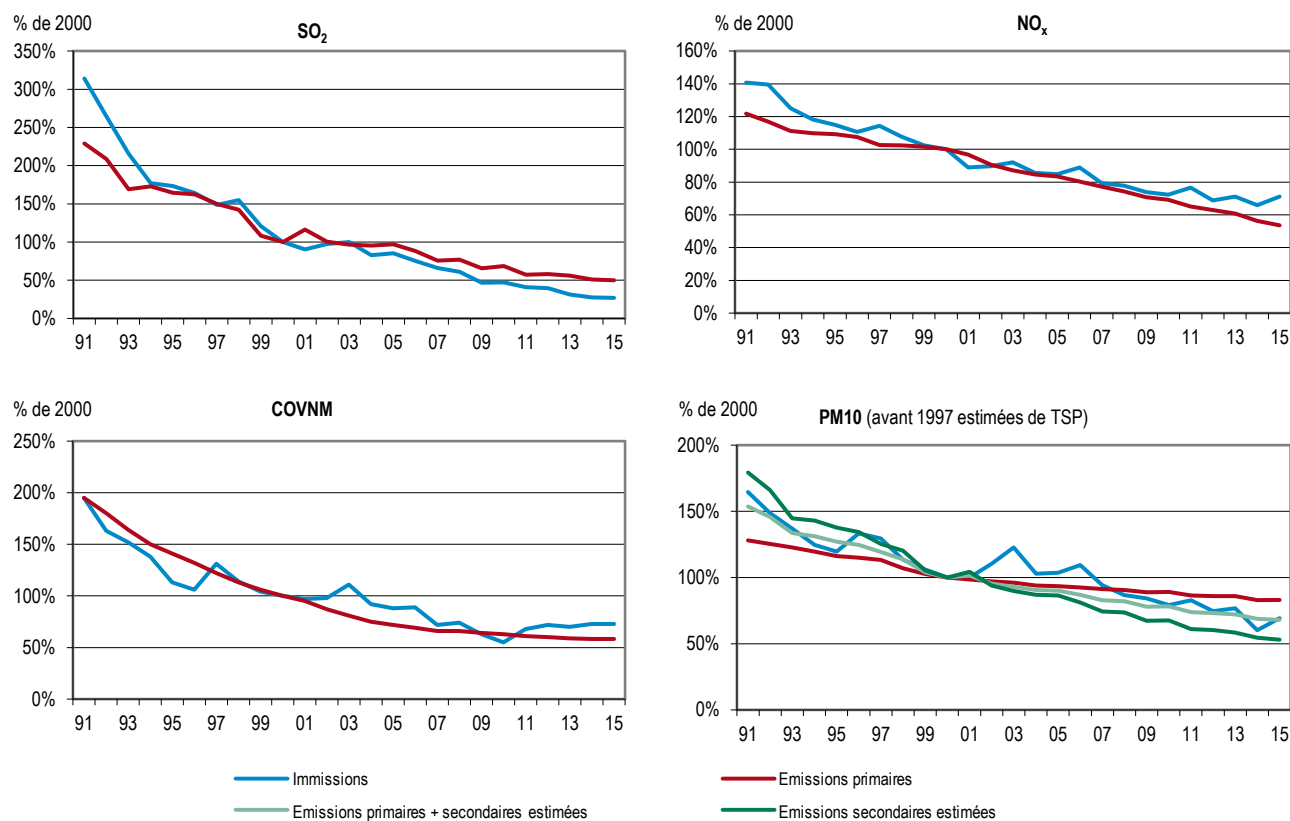
## 16 > Perspectives

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 (fig. 63).

Diminution des émissions et des immissions

**Fig. 63 > 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 encore en partie 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 inconfortables (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 (tab. 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

Tab. 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 <sub>2</sub> )	30 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
	100 µg/m <sup>3</sup>	95 % des moyennes semi-horaires d'une année ≤ 100 µg/m <sup>3</sup>
	80 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne par 24h; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Poussières fines PM10	20 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
	50 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne par 24h; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Ozone (O <sub>3</sub> )	100 µg/m <sup>3</sup>	98 % des moyennes semi-horaires d'un mois ≤ 100 µg/m <sup>3</sup>
	120 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne horaire; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	30 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
	100 µg/m <sup>3</sup>	95 % des moyennes semi-horaires d'une année ≤ 100 µg/m <sup>3</sup>
	100 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne par 24h; ne doit en aucun cas être dépassé plus d'une fois par année
Monoxyde de carbone (CO)	8 mg/m <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Cadmium (Cd) dans les poussières fines (PM10)	1,5 ng/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Retombées de poussières totales	200 mg/(m <sup>2</sup> d)	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Plomb (Pb) dans les retombées de poussières	100 µg/(m <sup>2</sup> d)	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Cadmium (Cd) dans les retombées de poussières	2 µg/(m <sup>2</sup> d)	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Zinc (Zn) dans les retombées de poussières	400 µg/(m <sup>2</sup> d)	Moyenne annuelle (moyenne arithmétique)
Thallium (Tl) dans les retombées de poussières	2 µg/(m <sup>2</sup> 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 2015 ([www.bafu.admin.ch/luft/00612/00625?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/luft/00612/00625?lang=fr)) sur le réseau NABEL.

Tab. 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 Bière; à 4,5 km de Cressier et à 7 km de Neuchâtel.
Davos-Seehornwald 1637 m 784 450/187 735; 46°48'55"/9°51'21"	Rural, altitude > 1000 m	Au sud-est du lac et à 70 m au-dessus de son niveau; sonde de prélèvement sur une tour de 35 m; dans la forêt à 3 km de Davos.
Dübendorf-Empa 432 m 688 675/250 900; 47°24'11"/8°36'48"	Suburbain	Terrain ouvert de l'Empa, région très habitée, avec industrie, réseau routier important et autoroute, distance par rapport à la route la plus proche: 150 m.
Härkingen-A1 431 m 628 875/240 185; 47°18'43"/7°49'14"	Rural, autoroute	Zone agricole, terrain ouvert, à 10 m du bord de l'autoroute A1, côté nord, et à env. 1 km à l'est de l'échangeur A1/A2.
Jungfrauoch 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 Jungfrauoch (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.
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-Kaserne 409 m 682 450/247 990; 47°22'39"/8°31'50"	Urbain	Cour de l'arsenal de la caserne, arrière-cour au centre-ville; quartier d'habitation important, petits commerces et magasins, pas d'artère à grand trafic à proximité.

## Annexe A3: programme de mesure NABEL

Tab. A3 > Programme de mesure NABEL (état au 1<sup>er</sup> janvier 2015)

Mesurage	BAS	BER	CHA	DAV	DUE	HAE	JUN	LAE	LAU	LUG	MAG	PAY	RIG	SIO	TAE	ZUE
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	X				X	X	X			X	X	X	X			X
Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , NO)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NO <sub>2</sub> photolytique							X					X	X			
NO <sub>y</sub>							X									
Protoxyde d'azote (N <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> )						X	X									
Méthane (CH <sub>4</sub> )					X		X			X						X
Composés organiques volatils (non méthanique) (COVNM)					X					X						X
BTX (Benzène, Toluène, Xylène)		S			S								S			S
Composés organiques volatils <sup>1)</sup>							S						S			S
Composés halogénés <sup>1)</sup>							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
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, Tl, 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 <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> (Pluie)			W		W						W	W	W			
Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Pluie)			W		W						W	W	W			
Σ (NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> ); Σ (HNO <sub>3</sub> + NO <sub>3</sub> )												T	T			
NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> ; HNO <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub>											2W	2W	2W		2W	
Météo	XA	X	XA	X	X	X	XA	X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Bilan de rayonnement				X				X			X				X	
Précipitation (automatique)	XA	X	XA	X	X	X		X	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Concentration de la circulation		S							S					S		

X = Moyennes de 10 minutes

S = Moyennes horaires

T = Moyennes journalières

W = Moyennes hebdomadaires

2W = Moyennes sur 2 sem.

M = Moyennes mensuelles

J = Moyennes annuelles

XA = Moyennes de 10 minutes (relevées par MétéoSuisse)

<sup>1)</sup> composantes uniques

## Annexe A4: méthodes de mesure

Tab. A4 > Méthodes et appareils de mesure (état 2015)

Polluant	Prélèvements	Méthode	Remarques
Oxydes d'azote (NO et NO <sub>2</sub> )	Moyennes sur 10 minutes	Chimioluminescence	Étalonnage avec du NO (gaz de référence), degré d'efficacité du convertisseur: titrage en phase gazeuse
Ozone (O <sub>3</sub> )	Moyennes sur 10 minutes	Absorption UV	Contrôle de fonctionnement avec générateur de O <sub>3</sub> ; étalonnage: photomètre UV (photomètre de référence standard NIST)
Composés organiques volatils (non méthaniques)	Moyennes sur 10 minutes	Détecteur FID	Étalonnage avec du méthane, vérification du cutter avec du propane
Composés organiques volatils (Composantes uniques)	Moyennes sur 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 <sub>2</sub> )	Moyennes sur 10 minutes	Fluorescence UV	Étalonnage au moyen de gaz de référence (SO <sub>2</sub> ) sous pression
Monoxyde de carbone (CO)	Moyennes sur 10 minutes	Absorption infrarouge, Cavity Ring-Down Spectroscopy	Étalonnage au moyen de gaz de référence (CO)
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	Moyennes sur 10 minutes	Cavity Ring-Down Spectroscopy	Étalonnage au moyen de gaz de référence (CO <sub>2</sub> )
Poussière fines (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>1</sub> )	Moyennes journalières	Gravimétrie sur filtres en fibre de verre	Résultats comparables avec le procédé de référence selon la norme CEN 12341
	Moyennes sur 10 minutes	TEOM-FDMS, absorption de rayonnement bêta ou systèmes optiques	
Soufre dans PM <sub>10</sub>	Moyennes journalières	Chromatographie à ions	
Pb, Cd dans PM <sub>10</sub>	Echantillon 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	Echantillon 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	Analyses avec pluviomètre «Wet-only»: pH par électrodes en verre, conductivité par cellules de mesure et chromatographie à ions	Manuel EMEP
Σ (NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> ); Σ (HNO <sub>3</sub> + NO <sub>3</sub> )	Moyennes journalières	Séparation sur filtres imprégnés, chromatographie à ions	Manuel EMEP
NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> ; HNO <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub>	Moyennes sur 2 semaines	Système/méthode avec des minidenuder, chromatographie à ions	Système Delta modifié
Ammoniac	Moyennes sur 10 minutes	Cavity Ring-Down Spectroscopy	Étalonnage au moyen d'ammoniac (perméation)
Nombre de particules	Moyennes sur 10 minutes	Compteur de particules de condensation	Instruments utilisés en mode de comptage un par un grâce à une dilution prédéterminée
Suie (BC)	Moyennes sur 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  $\text{NO}_x$ : part volumétrique de  $\text{NO}_x$  dans l'air ambiant).

Les unités utilisées sont:

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

**Tab. A5** >Facteurs de conversion pour transformer en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Exemple: pour les stations situées à moins de 1500 m d'altitude, 1 ppb de dioxyde de soufre = 2,66  $\mu\text{g}$  de dioxyde de soufre par  $\text{m}^3$ ).

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<sub>x</sub>: 0,71 (période considérée: du 23.07.1991 au 22.07.2003)
- > NO<sub>2</sub>: 0,87 (période considérée: du 23.07.1991 au 22.07.2003)
- > O<sub>3</sub>: 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<sub>x</sub> et NO<sub>2</sub>. Pour le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), 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 2015**

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

### **Annexe B2: Valeurs des COV**

<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Basel-Binningen</b>		Coordonnées: 610 890 / 265 605
	Suburbain		Altitude: 316 m

Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	2,06	2,61	2,15	1,71	0,88	0,98	1,11	1,08	1,10	1,09	1,74	3,00	1,62
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	4,99	6,04	6,90	4,13	2,47	2,33	3,52	3,43	3,79	2,39	5,81	5,34	6,90
	Moy. jour. > 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	26,5	34,6	25,2	17,8	10,6	12,6	11,0	12,7	15,6	23,2	23,2	34,4	20,5
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	49,0	61,7	44,6	29,4	19,5	20,8	22,4	21,2	30,6	33,7	42,9	46,6	61,7
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	8,8	7,6	5,2	2,6	1,2	1,6	0,9	1,1	2,7	5,4	9,1	21,0	5,6
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	33,9	31,2	19,5	7,3	7,6	4,2	2,3	3,9	6,9	15,1	43,5	74,2	74,2
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	20,9	24,2	17,3	11,4	6,5	7,9	6,5	7,5	10,3	16,5	19,4	34,8	15,2
	Moyenne journal. max.	ppb	51,2	57,3	39,0	21,3	15,2	12,5	13,1	14,2	21,6	29,7	55,5	83,8	83,8
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	32	32	46	65	68	73	90	77	52	25	31	12	50
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	78	84	90	122	121	152	176	173	101	76	78	75	176
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	89	95	106	143	132	177	194	191	110	97	82	81	194
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	17	22	75	149	117	0	0	0	0	380
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	9	8	0	0	0	0	17
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	16	25	24	12	9	13	15	13	9	19	13	19	15
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	58	53	65	27	16	21	28	24	24	35	28	30	65
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
RP	Moyennes	mg/(m <sup>2</sup> jour)	15	11	48	-	39	-	34	53	48	57	12	10	33

-) pas de mesures disponibles

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	3,0	1,6	7,4	11,2	15,0	18,7	23,2	21,0	14,4	10,2	8,7	5,5	11,7
	Degrés-jours chauf.1)	(°C*d)	520	516	384	176	47	0	0	0	34	261	284	449	2662
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	37	70	132	203	208	245	275	213	154	93	65	51	146
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	81	76	67	61	69	69	57	68	71	81	78	85	72
Précipitation	Total	mm	67	26	32	78	101	95	21	76	49	36	49	16	645
Pression	Moyennes	hPa	981	979	983	983	980	982	980	979	981	981	985	991	982

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 2015  
en chiffres

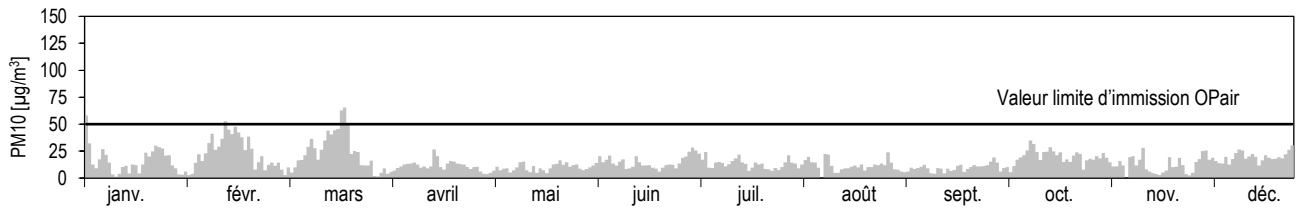
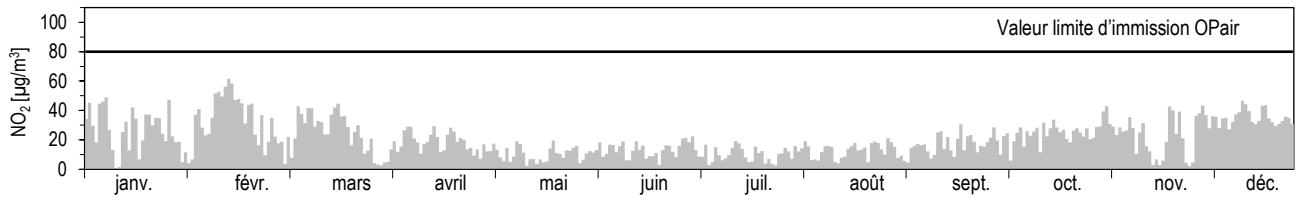
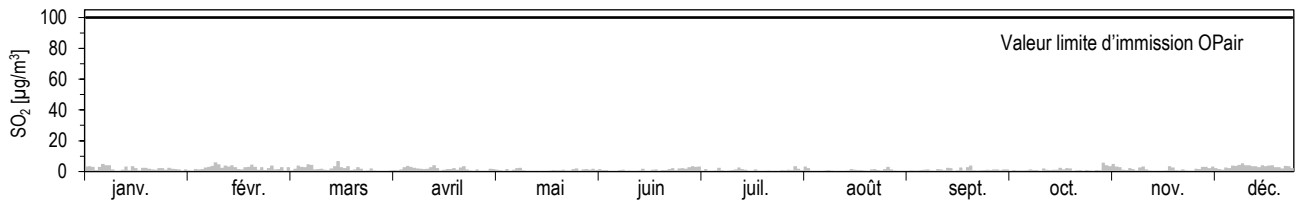
Basel-Binningen

Suburbain

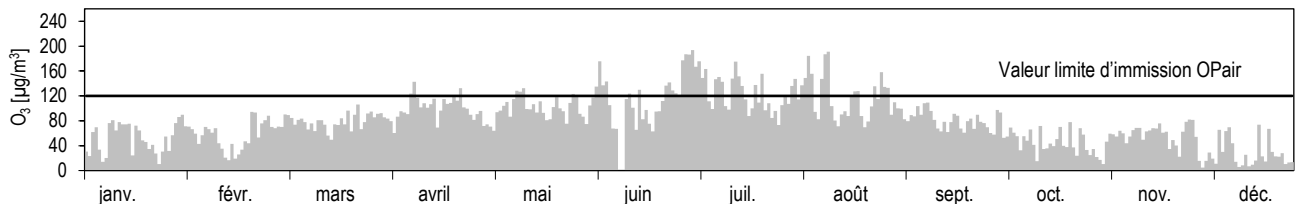


Coordonnées: 610 890 / 265 605  
Altitude: 316 m

Moyennes journalières pour SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et PM10



Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Bern-Bollwerk</b>		Coordonnées: 600 170 / 199 990
	Urbain, trafic		Altitude: 536 m

Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	46	56	45	37	34	33	34	39	35	37	42	45	40
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	64	80	64	54	58	50	57	62	50	56	59	63	80
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	43	40	29	20	19	15	12	18	24	34	47	73	31
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	96	89	54	32	47	24	21	31	45	65	91	130	130
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	58	61	46	35	32	29	27	35	38	47	59	82	46
	Moyenne journal. max.	ppb	106	113	77	51	68	43	47	51	62	81	99	132	132
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	21	23	36	53	54	61	74	55	38	17	17	5	38
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	63	57	80	106	109	118	137	124	83	55	59	34	137
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	80	64	100	121	117	128	147	136	93	83	73	74	147
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	1	0	9	77	22	0	0	0	0	109
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	0,49	0,55	0,46	0,37	0,35	0,33	0,33	0,39	0,37	0,45	0,47	0,60	0,43
	Moyenne journal. max.	mg/m <sup>3</sup>	0,75	0,77	0,63	0,45	0,48	0,43	0,47	0,48	0,49	0,62	0,70	0,82	0,82
	Moy. jour. > 8 mg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	22	36	28	17	16	17	20	18	15	24	20	24	22
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	55	65	55	24	29	26	35	29	29	33	35	32	65
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	1	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
RP	Moyennes	mg/(m <sup>2</sup> jour)	50	56	82	89	104	92	70	72	76	64	62	45	72

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	2,5	0,8	7,2	10,8	14,9	19,3	23,4	20,9	14,0	10,0	8,0	3,4	11,3
	Degrés-jours chauf.1)	(°C*d)	536	538	397	177	61	0	0	0	47	285	310	514	2854
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	44	73	135*	207	219	272	277	208	154	88	65	49	150
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	78	74	65	58	63	61	53	65	69	78	76	87	69
Précipitation	Total	mm	38	12	33*	49	133	70	37	66	56	37	46	15	591
Pression	Moyennes	hPa	957	954	958	958	955	957	956	955	956	956	960	967	958

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)

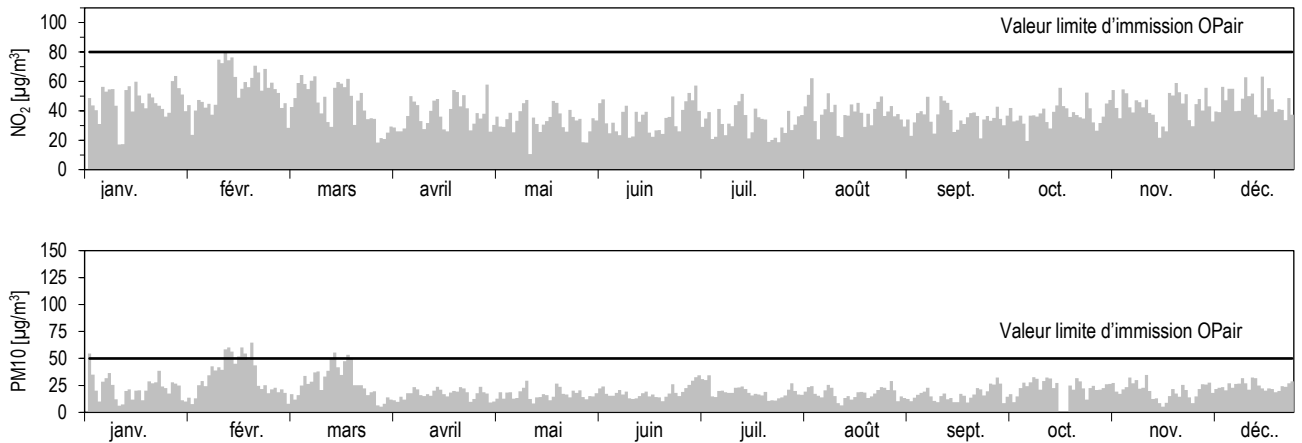
\*) série incomplète, cf. Annexe A5, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

Trafic		janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour	-	-	19'987	19'526	19'917	20'785	18'991	20'122	20'056	20'157	20'953	20'092	20'064

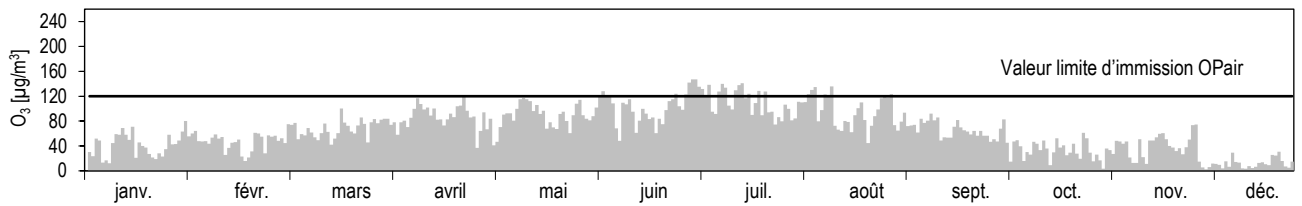
-) pas de mesures disponibles


<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Bern-Bollwerk</b>		Coordonnées: 600 170 / 199 990 Altitude: 536 m
	Urbain, trafic		

**Moyennes journalières pour NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



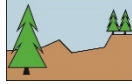
<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Chaumont</b>		Coordonnées: 565 090 / 211 040
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1136 m

Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	4,9	7,9	10,1	5,6	3,9	4,5	4,3	4,3	4,9	8,6	4,1	3,9	5,6
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	16,0	26,7	18,6	10,5	8,2	8,6	6,3	7,1	10,6	15,8	9,8	6,2	26,7
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,4	0,6	0,6	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	2,2	3,3	1,9	1,3	0,7	0,8	0,5	0,6	1,2	1,5	0,9	0,4	3,3
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	2,9	4,6	5,8	3,2	2,2	2,6	2,4	2,4	2,8	4,8	2,3	2,2	3,2
	Moyenne journal. max.	ppb	10,1	16,6	10,8	6,3	4,6	5,1	3,5	4,0	6,5	9,0	5,6	3,5	16,6
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	69	76	80	95	91	99	112	105	79	58	71	70	84
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	90	101	112	129	130	149	164	160	107	93	94	90	164
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	93	112	126	137	140	165	177	187	119	101	99	96	187
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	1	67	46	131	293	223	0	0	0	0	761
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	2,7	5,8	13,4	7,2	7,9	8,9	12,0	9,4	6,0	8,1	5,1	5,6	7,7
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	6,5	18,6	42,4	14,7	17,3	16,8	23,9	21,4	21,4	17,0	27,0	15,5	42,4
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

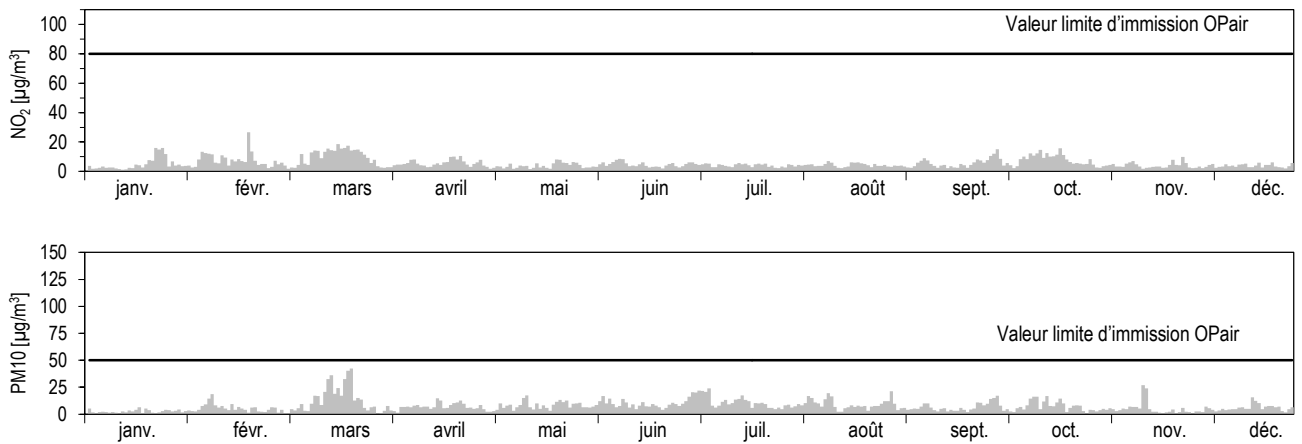
Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	-0,5	-2,2	3,2	6,8	10,1	14,5	18,5	16,6	9,5	6,2	5,9	4,8	7,9
	Degrés-jours chauf. <sup>1)</sup>	(°C*d)	635	621	454	382	270	101	27	62	292	443	402	473	4147
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	42	88	141	206	212	272	287	204	145	88	71	57	151
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	83	80	70	63	74	73	61	72	79	87	74	76	74
Précipitation	Total	mm	111	55	80	75	139	101	47	100	74	52	104	18	957
Pression	Moyennes	hPa	887	884	889	891	889	892	891	890	889	888	892	898	890

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)

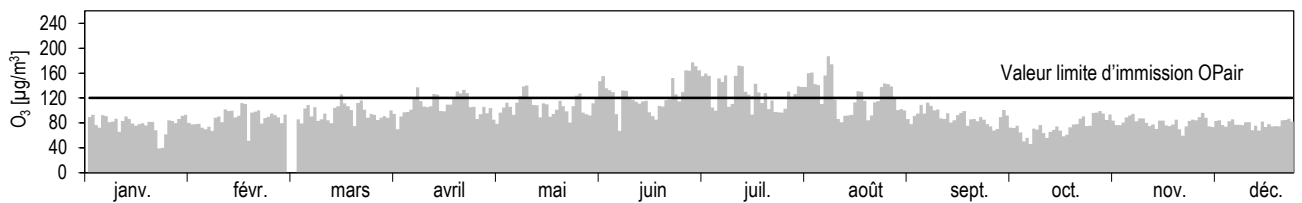


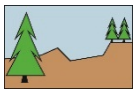
<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Chaumont</b>		Coordonnées: 565 090 / 211 040
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1136 m

**Moyennes journalières pour NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Davos-Seehornwald</b>		Coordonnées: 784 450 / 187 735 Altitude: 1637 m
	Rural, altitude > 1000 m		

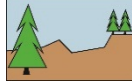
Polluants <sup>1)</sup>			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	5,7	5,9	4,7	3,1	2,4	2,4	2,5	2,5	2,8	3,7	2,9	3,6	3,5
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	20,7	20,5	8,9	5,8	3,5	4,1	3,1	3,3	5,2	8,9	5,9	7,4	20,7
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,50	0,44	0,21	0,14	0,11	0,10	0,07	0,11	0,15	0,24	0,16	0,23	0,20
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	1,79	2,84	0,85	0,55	0,24	0,39	0,20	0,18	0,34	0,88	0,30	0,64	2,84
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	3,9	3,9	3,0	2,0	1,5	1,6	1,6	1,6	1,8	2,5	1,9	2,4	2,3
	Moyenne journal. max.	ppb	14,0	14,9	5,5	3,9	2,3	2,8	1,9	2,1	3,4	6,2	3,8	4,9	14,9
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	62	69	80	85	74	78	83	74	60	51	58	64	70
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	78	91	100	111	105	115	126	120	94	79	77	77	126
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	89	94	110	119	112	120	138	132	118	85	83	79	138
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	37	13	0	0	0	0	50
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	1,1	2,6	3,6	2,3	2,3	2,4	2,7	2,3*	2,3*	1,2*	1,0	1,2	2,1
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	8,0	15,2	11,8	6,3	4,7	5,0	4,6	5,6*	5,7*	2,6*	4,4	3,7	15,2
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	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/m<sup>3</sup> et en mg/m<sup>3</sup> à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A5.

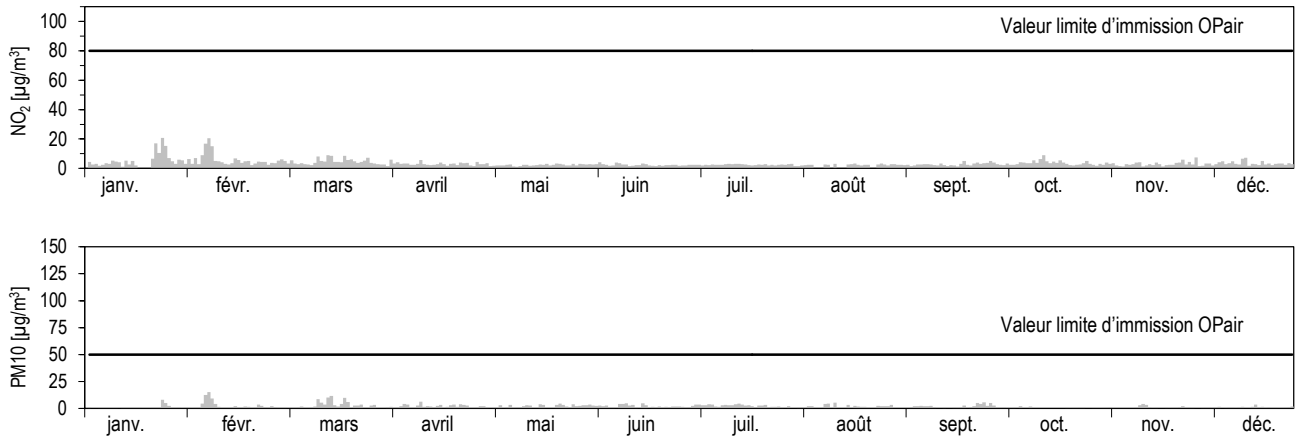
\*) série incomplète, cf. Annexe A5, mais au moins 50 % des mesures sont disponibles

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	-3,4	-4,6	0,0	3,0	7,2	11,4	15,6	14,1	7,1	4,6	3,2	2,3	5,0
	Degrés-jours chauf. <sup>2)</sup>	(°C*d)	727	690	620	510	379	176	77	83	369	493	505	549	5161
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	64	102	153	215	202	224	266	215	152	114	78	58	153
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	72	65	64	60	73	70	66	70	79	76	60	52	67
Précipitation	Total	mm	43	8	47	35	116	82	74	64	118	56	14	13	669
Pression	Moyennes	hPa	833	830	835	837	836	840	840	840	837	836	839	845	837

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)

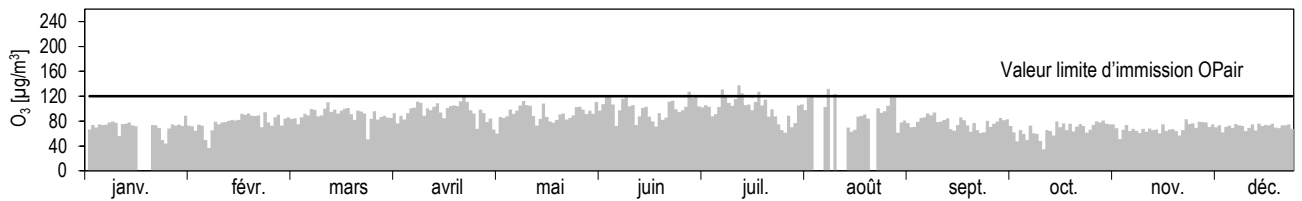
<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Davos-Seehornwald</b>		Coordonnées: 784 450 / 187 735 Altitude: 1637 m
	Rural, altitude > 1000 m		

**Moyennes journalières pour NO<sub>2</sub> <sup>1)</sup>**




1) Station de Davos-Seehornwald: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m<sup>3</sup> et en mg/m<sup>3</sup> à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A5.

**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub> <sup>1)</sup>**




1) Station de Davos-Seehornwald: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m<sup>3</sup> et en mg/m<sup>3</sup> à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A5.

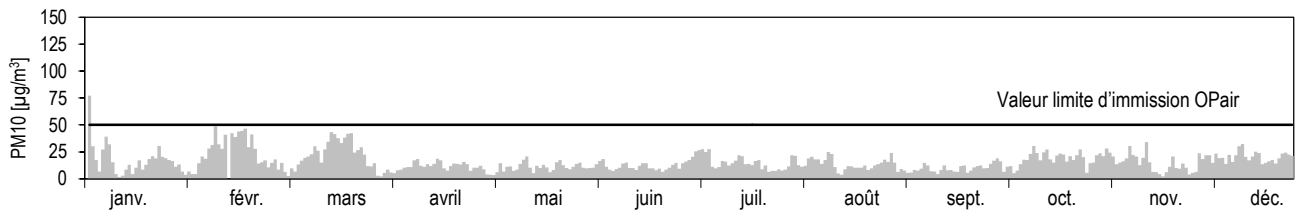
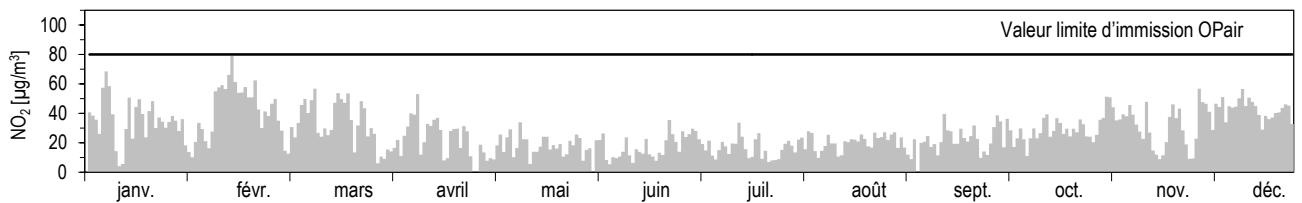
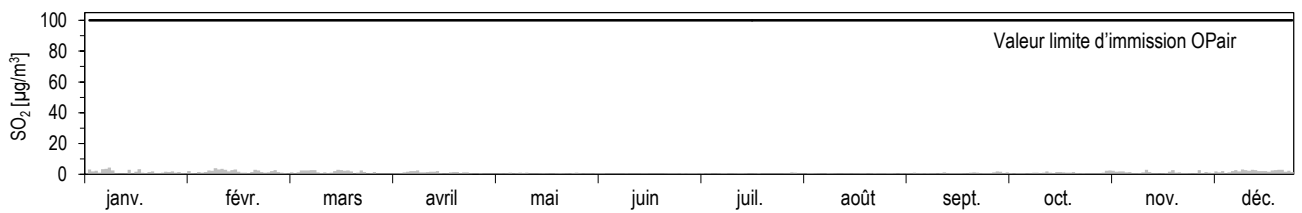
<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Dübendorf-Empa</b>		Coordonnées: 688 675 / 250 900
	Suburbain		Altitude: 432 m

Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	1,7	1,9	1,5	1,1	0,5	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	2,0	1,1
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	4,4	4,0	2,9	2,5	1,1	0,8	0,9	1,2	1,3	1,9	2,9	3,1	4,4
	Moy. jour. > 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	35	44	33	24	17	16	17	20	21	28	31	42	27
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	69	79	57	53	34	35	34	28	40	39	51	57	79
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	22,6	16,3	12,2	6,0	3,2	2,4	2,5	4,0	6,3	10,5	23,9	60,0	14,2
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	130,8	75,5	39,5	24,8	16,0	7,9	6,2	14,8	25,0	28,9	102,1	140,0	140,0
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	36	36	27	18	12	10	11	14	16	23	35	70	26
	Moyenne journal. max.	ppb	141	102	60	48	27	25	21	26	37	43	109	142	142
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	29	27	41	61	63	71	85	71	48	23	25	8	46
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	73	73	92	119	124	143	175	169	99	76	72	67	175
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	86	86	104	129	155	165	191	205	114	100	83	81	205
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	12	23	86	162	124	0	0	0	0	407
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	8	5	0	0	0	0	13
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,40	0,32	0,24	0,20	0,18	0,20	0,22	0,20	0,30	0,32	0,53	0,29
	Moyenne journal. max.	mg/m <sup>3</sup>	0,84	0,73	0,53	0,38	0,27	0,25	0,28	0,29	0,30	0,50	0,66	0,79	0,84
	Moy. jour. > 8 mg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COVNM	Moyennes	µgCH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	56	60	52	42	34	36	44	48	38	53	71	103	53
	Moyenne journal. max.	µgCH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	180	122	106	87	68	67	75	80	77	114	167	156	180
CH <sub>4</sub>	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	1,36	1,41	1,36	1,32	1,30	1,30	1,29	1,34	1,32	1,37	1,37	1,46	1,35
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	17	27	22	12	11	12	15	14	9	18	16	20	16
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	77	49	43	19	21	19	28	25	24	31	34	32	77
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

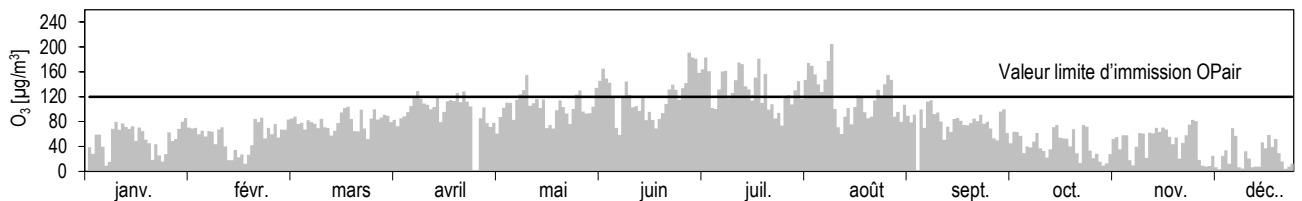
Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	2,2	-0,2	6,8	10,5	14,6	18,8	23,2	21,1	14,0	9,8	7,8	3,5	11,1
	Degrés-jours chauff. <sup>1)</sup>	(°C*d)	547	565	410	170	68	0	0	0	53	287	325	513	2927
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	36	65	125	194	187	242	249	195	135	77	55	39	133
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	83	81	69	61	71	68	57	68	72	81	80	91	73
Précipitation	Total	mm	80	26	58	115	145	111	29	45	32	35	58	8	741
Pression	Moyennes	hPa	968	966	969	970	967	969	967	966	967	967	971	979	969


<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Dübendorf-Empa</b>		Coordonnées: 688 675 / 250 900
	Suburbain		Altitude: 432 m

**Moyennes journalières pour SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Härkingen-A1</b>		Coordonnées: 628 875 / 240 185
	Rural, autoroute		Altitude: 431 m

Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	1,0	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	0,7
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	1,8	2,7	1,7	1,7	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	1,4	1,7	1,7	2,7
	Moy. jour. > 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	46	52	39	36	34	27	34	40	31	34	42	49	39
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	67	84	63	65	60	51	64	66	56	53	60	60	84
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	52	42	34	26	25	17	17	24	27	31	51	67	34
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	108	104	74	60	49	47	28	48	77	77	110	104	110
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	65	61	48	40	38	28	32	40	38	43	63	79	48
	Moyenne journal. max.	ppb	120	127	92	80	70	64	54	65	88	89	118	112	127
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	24	24	40	52	51	63	71	55	42	21	19	5	39
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	70	66	90	112	111	140	149	151	98	64	65	41	151
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	88	72	106	131	130	158	193	188	111	73	80	71	193
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	5	6	58	88	67	0	0	0	0	224
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	5
CO	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	0,40	0,46	0,34	0,27	0,22	0,20	0,22	0,25	0,23	0,30	0,33	0,44	0,31
	Moyenne journal. max.	mg/m <sup>3</sup>	0,57	0,73	0,55	0,38	0,30	0,31	0,34	0,33	0,36	0,47	0,49	0,59	0,73
	Moy. jour. > 8 mg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	20	30	23	13	12	13	16	15	11	20	16	20	17
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	57	54	49	25	23	22	30	29	29	30	36	35	57
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
RP	Moyennes	mg/(m <sup>2</sup> jour)	97	84	71	79	63	52	38	46	67	-	39	29	60


-) pas de mesures disponibles

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	1,8	-0,1	6,6	9,7	14,5	18,5	22,8	20,5	13,9	9,7	7,0	3,8	10,8
	Degrés-jours chauf. <sup>1)</sup>	(°C*d)	558	563	414	145	67	0	0	0	62	298	382	503	2982
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	39	70	129	196*	213	273	284	220	156	84	60	34	145
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	86	82	70	65	71	69	59	69	72	82	84	91	75
Précipitation	Total	mm	77	17	63	36	158	118	36	40	44	44	92	14	739
Pression	Moyennes	hPa	969	966	970	971	967	970	968	967	968	968	972	980	970

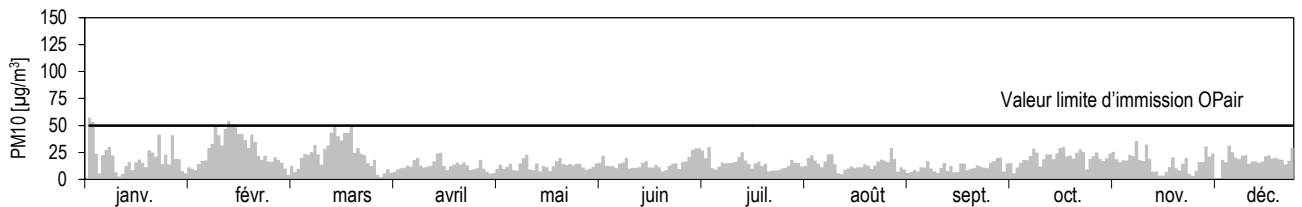
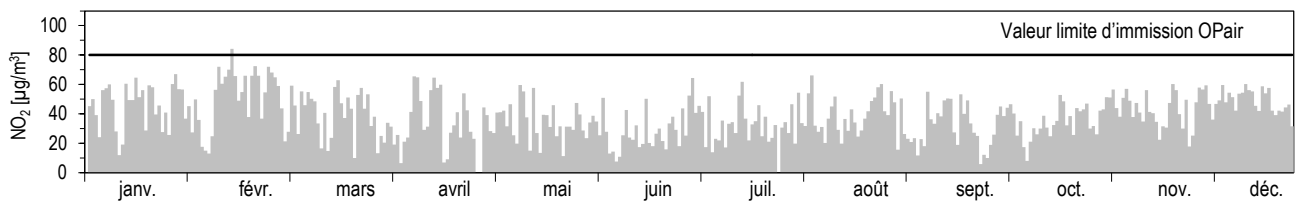
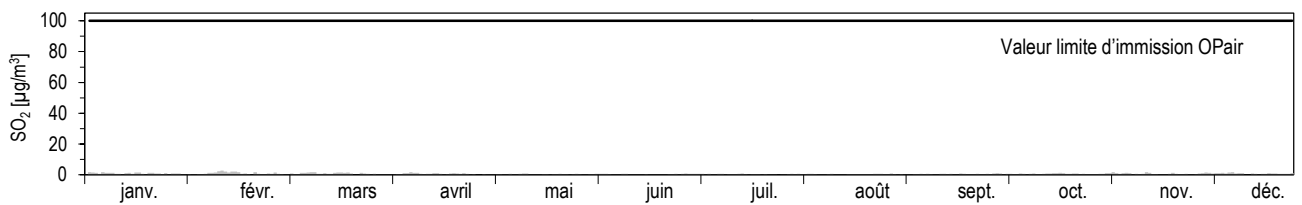
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

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

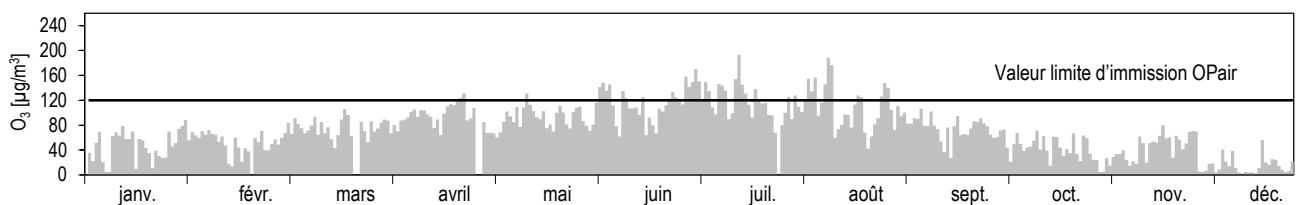
Trafic			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour	Cause de travaux pas de donnée valable							98'169	101'930	98'475	94'829	89'439	85'214	94'667


<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Härkingen-A1</b>		Coordonnées: 628 875 / 240 185 Altitude: 431 m
	Rural, autoroute		

**Moyennes journalières pour SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Jungfrauoch</b>		Coordonnées: 641 910 / 155 280
	Haute montagne		Altitude: 3580 m

Polluants <sup>1)</sup>			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,06	0,06	0,03	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03	0,01	0,11	0,03	0,14	0,06
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	0,42	0,42	0,09	0,18	0,22	0,07	0,22	0,10	0,08	2,07	0,22	3,24	3,24
	Moy. jour. > 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,54	0,50	0,26	0,27	0,15**	0,17	0,21	0,24	0,22**	0,22	0,15	0,06	0,26
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	4,57	1,87	0,87	1,10	0,27**	0,31	0,50	0,44	0,52**	1,07	1,24	0,32	4,57
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0**	0	0	0	0**	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,03	0,07	0,03	0,04	0,02**	0,03	0,02	0,03	0,02**	0,03	0,02	0,01	0,03
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	0,24	0,41	0,19	0,41	0,04**	0,07	0,06	0,09	0,11**	0,19	0,16	0,08	0,41
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	0,43	0,45	0,23	0,24	0,13**	0,16	0,18	0,20	0,19**	0,20	0,13	0,06	0,23
	Moyenne journal. max.	ppb	3,63	1,83	0,86	1,27	0,23**	0,27	0,43	0,42	0,5**	0,99	1,10	0,32	3,63
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	63	66	73	79	80	84	88	85	74	68	64	68	74
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	75	87	89	99	109	107	109	117	92	87	80	78	117
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	80	138	98	106	124	119	129	124	108	102	109	98	138
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	1	0	0	1	0	9	8	0	0	0	0	19
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09
	Moyenne journal. max.	mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,15	0,16	0,12	0,10	0,10	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,16
	Moy. jour. > 8 mg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,7	0,8	1,6	2,1	3,3	2,9	9,0	3,6	1,6	0,8	0,7	0,5	2,3
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	1,3	10,1	11,0	10,1	14,7	8,7	29,0	9,6	4,6	1,9	3,2	2,6	29,0
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	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/m<sup>3</sup> et en mg/m<sup>3</sup> 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.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	-13,4	-14,1	-10,6	-8,5	-4,2	-1,0	3,5	1,8	-3,8	-5,4	-7,0	-6,2	-5,7
	Degrés-jours chauf. <sup>2)</sup>	(°C*d)	1034	956	949	854	750	631	511	563	714	812	809	811	9368
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	70	122	172	256	292	276	269**	250	196	140	93	74	177
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	65	65	69	61	70	79	63	75	72	66	59	50	66
Pression	Moyennes	hPa	650	647	653	656	658	663	666	664	658	656	658	663	658

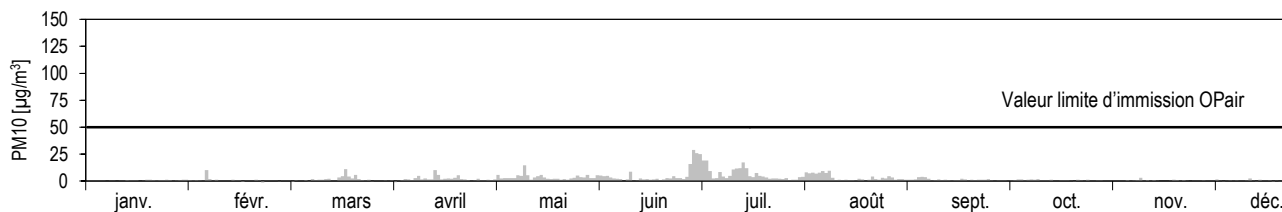
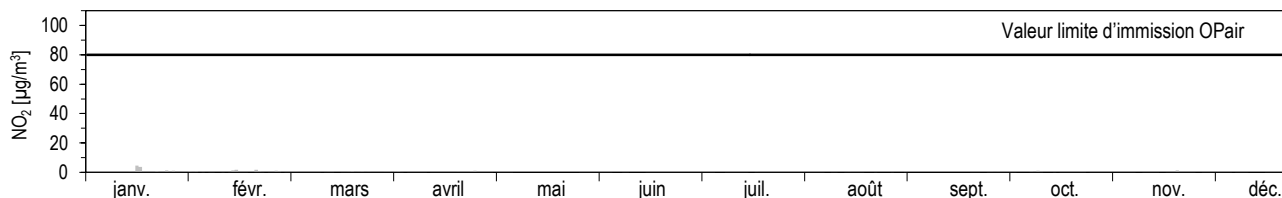
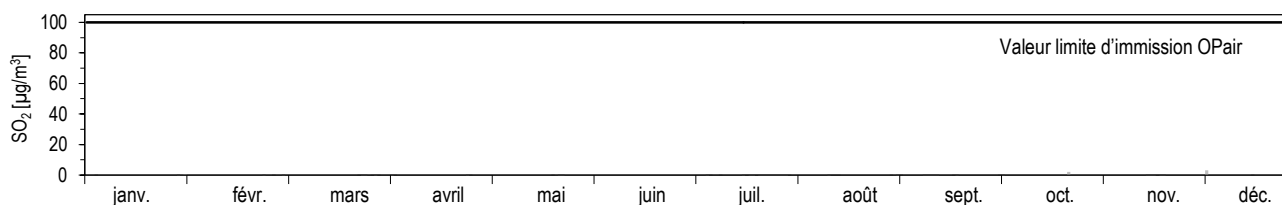
2) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.



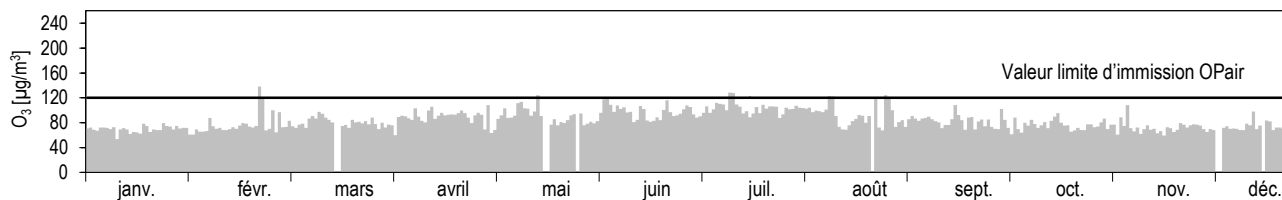
<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Jungfrauoch</b>		Coordonnées: 641 910 / 155 280
	Haute montagne		Altitude: 3580 m

**Moyennes journalières pour SO<sub>2</sub><sup>1)</sup>, NO<sub>2</sub><sup>1)</sup> et PM10**




1) Station de la Jungfrauoch: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m<sup>3</sup> et en mg/m<sup>3</sup> à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A5.

**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub><sup>1)</sup>**




1) Station de la Jungfrauoch: les mesures en ppb et ppm ont été converties en µg/m<sup>3</sup> et en mg/m<sup>3</sup> à l'aide de facteurs spécifiques qui figurent à l'annexe A5.

<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Lägeren</b>		Coordonnées: 669 780 / 259 020
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 689 m

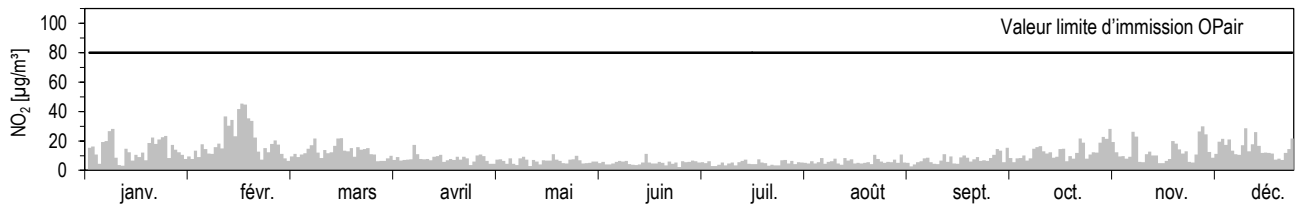
Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	14,0	21,3	12,6	8,4	6,4	5,2	5,0	5,8	6,8	11,4	12,9	15,8	10,4
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	28,1	45,4	21,8	17,3	11,1	11,1	7,5	10,5	11,1	21,8	28,2	30,0	45,4
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	1,3	2,2	1,0	0,6	0,5	0,7	0,5	0,6	0,7	1,2	1,7	1,9	1,1
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	6,2	9,2	2,5	1,6	1,0	1,3	1,5	1,5	1,9	5,3	8,6	11,1	11,1
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	8,3	12,9	7,4	4,9	3,8	3,2	3,1	3,5	4,1	6,9	8,1	9,8	6,3
	Moyenne journal. max.	ppb	17,2	29,1	13,0	10,3	6,6	6,9	4,9	6,7	7,3	14,1	20,6	24,6	29,1
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	47	49	66	87	83	93	109	101	70	40	28	20	66
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	74	80	100	128	130	142	173	171	107	88	59	37	173
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	86	88	107	138	153	161	190	183	121	102	74	43	190
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	26	36	128	250	210	1	0	0	0	651
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	7
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	0,6	-1,1	5,6	9,3	12,5	16,8	21,2	19,6	12,2	8,0	6,5	4,7	9,7
	Degrés-jours chauf. <sup>1)</sup>	(°C*d)	601	592	447	248	138	27	0	0	153	364	385	473	3416
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	39	73	135	211	203	259	288	222	160	83	62	50	149
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	86	82	68	59	72	69	57	67	73	85	82	83	74
Précipitation	Total	mm	48	17	43	84	130	88	27	71	38	37	36	10	628
Pression	Moyennes	hPa	937	934	938	939	937	939	938	937	938	937	941	947	939

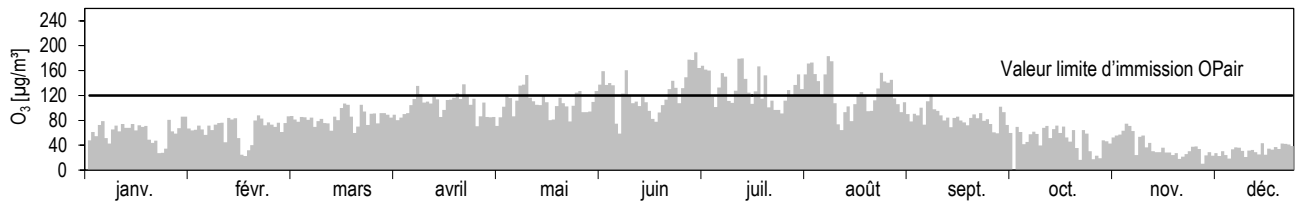
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

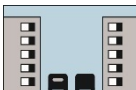
<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Lägeren</b>		Coordonnées: 669 780 / 259 020 Altitude: 689 m
	Rural, altitude < 1000 m		

**Moyennes journalières pour NO<sub>2</sub>**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Lausanne-César-Roux</b>		Coordonnées: 538 695 / 152 615
	Urbain, trafic		Altitude: 530 m

Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	46	46	48	41	33	37	40	39	33	37	48	54	42
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	64	78	78	65	58	60	75	66	60	52	66	70	78
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	26	23	22	16	13	13	11	11	13	20	34	44	20
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	59	65	51	28	32	21	17	20	25	56	72	76	76
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	45	42	43	34	27	30	30	29	28	35	52	63	38
	Moyenne journal. max.	ppb	81	91	78	56	50	45	50	46	47	72	91	93	93
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	27	34	39	58	63	69	83	63	50	25	19	10	45
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	68	69	76	102	104	111	129	117	85	64	57	39	129
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	79	82	92	108	108	121	143	143	96	81	69	58	143
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	1	35	10	0	0	0	0	46
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	0,43	0,44	0,43	0,36	0,32	0,32	0,33	0,33	0,30	0,37	0,44	0,49	0,38
	Moyenne journal. max.	mg/m <sup>3</sup>	0,63	0,73	0,69	0,50	0,45	0,42	0,49	0,43	0,43	0,56	0,67	0,65	0,73
	Moy. jour. > 8 mg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	17	27	26	14	13	13	18	14	12	19	19	24	18
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	36	61	54	23	24	20	34	24	58	33	34	39	61
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7
RP	Moyennes	mg/(m <sup>2</sup> jour)	55	68	103	62	86	72	52	75	85	71	72	57	72

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	4,0	2,4	8,2	12,0	15,7	20,2	24,4	21,2	15,1	10,7	8,4	5,9	12,4
	Degrés-jours chauf. <sup>1)</sup>	(°C*d)	497	493	357	145	31	0	0	0	27	221	281	436	2481
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	42	82	133	202	219	273	284	202	150	91	64	47	149
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	74	70	61	54	58	59	49	64	65	76	77	83	66
Précipitation	Total	mm	71	42	39	72	141	33	24	72	110	46	48	15	713
Pression	Moyennes	hPa	958	954	958	958	956	958	956	956	956	956	961	968	958

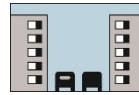
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Trafic		janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Compteur de trafic	Nb véhicules par jour	29'281	30'340	32'002	30'108	30'528	32'158	28'757	27'437	30'989	31'447	31'975	26'031	30'072

L'année 2015  
en chiffres

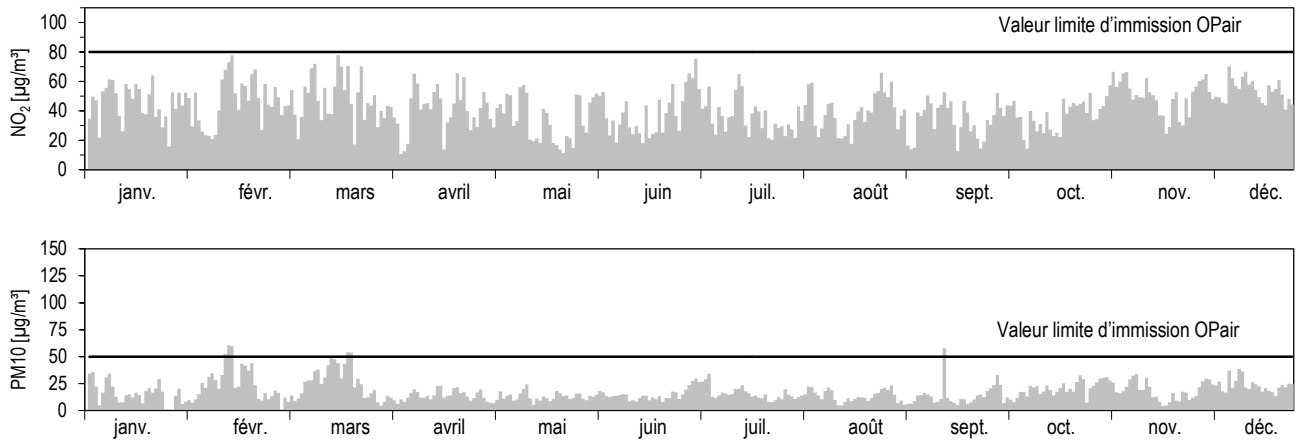
Lausanne-César-Roux

Urbain, trafic

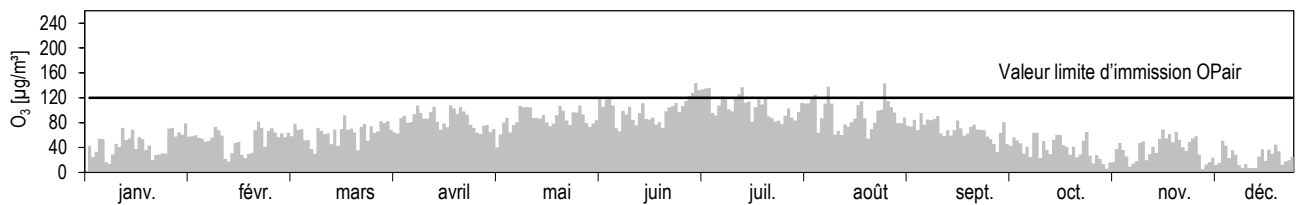



Coordonnées: 538 695 / 152 615  
Altitude: 530 m

### Moyennes journalières pour NO<sub>2</sub> et PM10



### Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Lugano-Università</b>		Coordonnées: 717 615 / 096 645
	Urbain		Altitude: 280 m

Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	5,0	4,3	3,0	1,8	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	1,7	3,6	5,0	2,3
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	8,2	6,2	4,8	3,8	1,6	1,0	1,1	1,9	1,0	2,9	6,3	6,9	8,2
	Moy. jour. > 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	46	47	37	26	18	16	16	16	23	29	44	50	30
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	68	66	52	47	31	23	22	28	44	39	58	72	72
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	25,1	16,7	5,2	3,1	1,5	1,0	0,7	1,2	3,5	8,0	25,0	35,3	10,5
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	62,1	36,2	12,6	8,5	4,3	4,2	2,4	3,1	10,5	16,1	56,5	72,4	72,4
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	44	38	23	16	11	9	9	9	15	21	43	54	24
	Moyenne journal. max.	ppb	84	63	37	32	18	15	12	17	31	31	73	95	95
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	22	26	49	74	77	97	121	88	53	26	17	10	55
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	82	85	95	130	156	191	219	190	108	70	69	41	219
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	86	91	105	149	189	248	272	208	129	82	78	69	272
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	47	71	179	336	159	2	0	0	0	794
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	3	33	93	22	0	0	0	0	151
CO	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	0,48	0,47	0,38	0,27	0,24	0,23	0,23	0,24	0,24	0,33	0,46	0,53	0,34
	Moyenne journal. max.	mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,79	0,55	0,37	0,32	0,31	0,31	0,33	0,36	0,46	0,74	0,95	0,95
	Moy. jour. > 8 mg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COVNM	Moyennes	µgCH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	96	91	73	70	66	59	66	61	65	84	118	122	81
	Moyenne journal. max.	µgCH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	191	150	108	109	110	105	86	81	98	129	196	203	203
CH <sub>4</sub>	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	1,34	1,35	1,33	1,30	1,30	1,29	1,30	1,29	1,29	1,34	1,36	1,36	1,32
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	18	23	26	14	13	14	20	14	11	15	21	27	18
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	42	92	68	41	27	23	35	23	20	33	43	72	92
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8

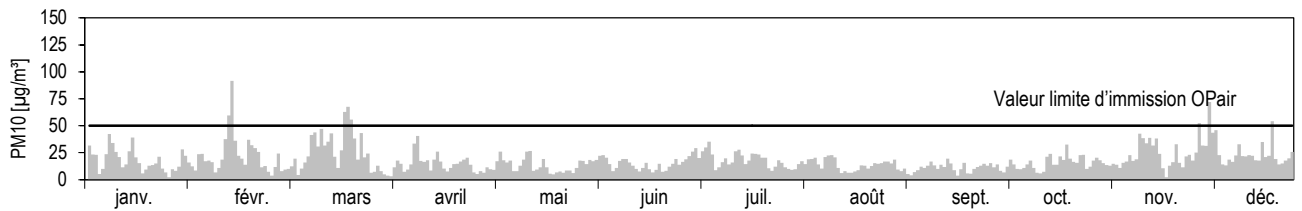
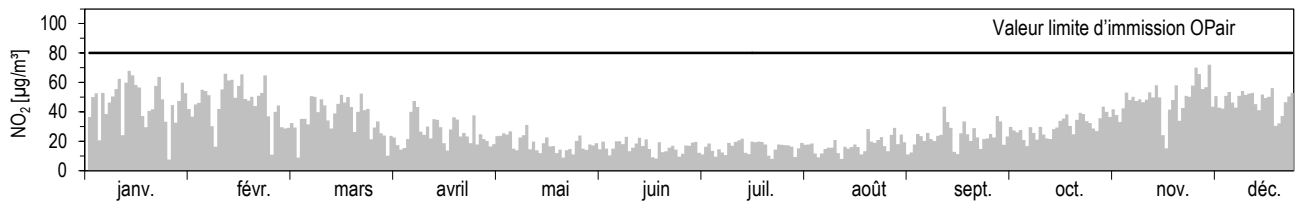
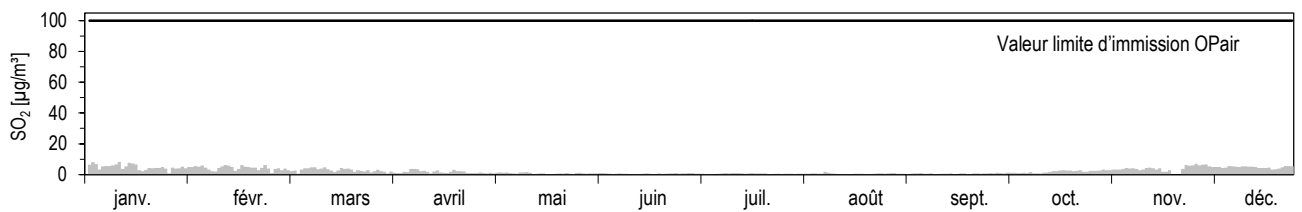
Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	5,1	4,9	9,4	13,3	17,0	21,2	25,8	22,4	17,4	12,8	9,5	6,2	13,8
	Degrés-jours chauff. <sup>1)</sup>	(°C*d)	462	422	302	76	8	0	0	0	0	117	261	429	2078
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	64	87	141	223	227	277	283	219	147	111	89	62	161
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	66	70	63	57	71	69	62	71	71	82	71	75	69
Précipitation	Total	mm	131	117	30	114	213	85	61	113	192	177	0	1	1232
Pression	Moyennes	hPa	982	979	983	983	980	982	980	981	981	982	985	995	983

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)

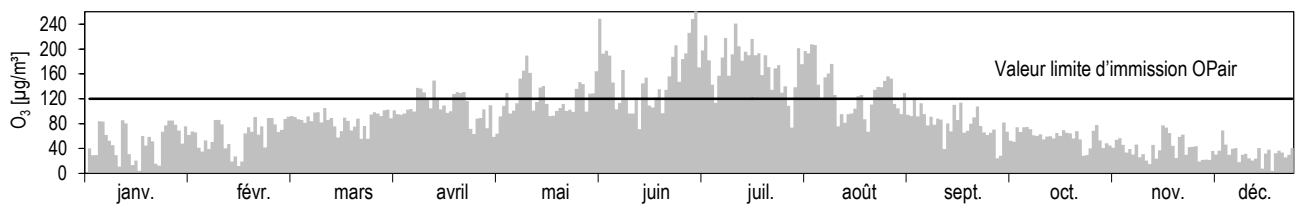
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.


<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Lugano-Università</b>		Coordonnées: 717 615 / 096 645
	Urbain		Altitude: 280 m

**Moyennes journalières pour SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Magadino-Cadenazzo</b>		Coordonnées: 715 500 / 113 200
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 203 m


Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	2,3	2,3	1,9	2,8	1,0	0,6	0,7	0,9	0,9	1,1	1,5	2,6	1,6
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	4,8	7,3	3,1	8,4	2,7	1,5	1,2	2,6	1,8	2,4	3,8	3,8	8,4
	Moy. jour. > 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	34	32	23	14	9	9	11	10	11	18	31	41	20
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	57	53	35	30	14	16	16	14	17	28	51	52	57
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	27,8	14,1	3,2	1,6	0,8	0,8	0,7	1,1	1,5	6,5	35,3	68,8	13,6
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	85,2	40,0	8,6	8,1	2,8	1,6	1,7	3,0	3,6	21,9	84,2	124,0	124,0
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	40,1	27,9	14,3	8,8	5,5	5,2	6,1	6,1	7,0	14,8	44,4	76,5	21,4
	Moyenne journal. max.	ppb	93,4	57,5	24,3	22,3	8,5	8,9	9,3	8,1	10,9	30,8	94,4	122,8	122,8
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	24	32	48	78	72	79	95	70	50	23	15	5	49
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	84	90	102	136	154	172	186	174	98	70	68	41	186
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	89	95	113	145	175	188	207	200	118	84	79	65	207
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	63	66	123	234	100	0	0	0	0	586
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	4	23	10	0	0	0	0	37
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	23	22	25	14	12	14	20	14	10	14	25	36	19
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	61	84	64	41	30	21	38	26	19	31	45	54	84
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7
RP	Moyennes	mg/(m <sup>2</sup> jour)	28	33	48	53	99	-	71	83	84	34	13	10	51

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	2,7	3,5	8,7	13,4	16,8	20,7	24,9	21,5	16,6	11,5	6,5	1,5	12,4
	Degrés-jours chauf. <sup>1)</sup>	(°C*d)	538	461	330	84	9	0	0	0	0	178	405	573	2576
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	57	87	137	213	215	276	280	211	138	109	82	53	155
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	73	71	66	54	70	70	66	76	75	84	77	84	72
Précipitation	Total	mm	172	118	36	98	191	110	83	133	267	174	0	0	1383
Pression	Moyennes	hPa	994	991	995	994	991	993	991	992	992	993	997	1007	994

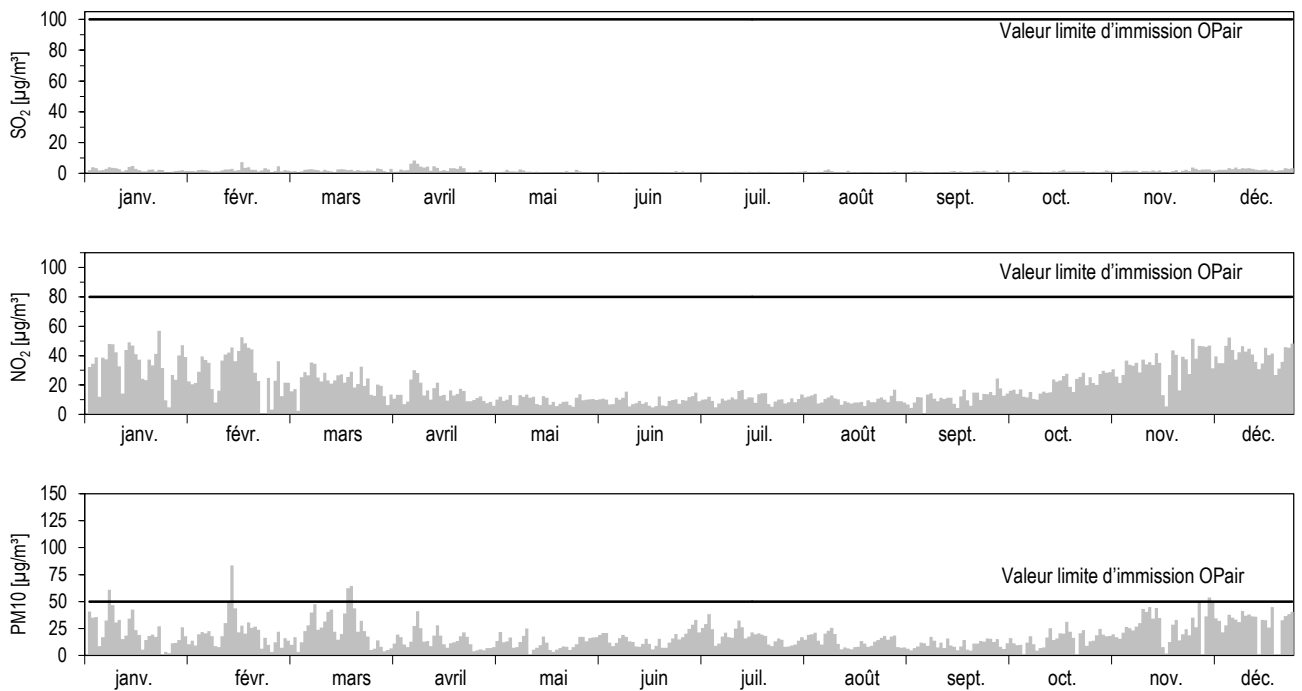
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

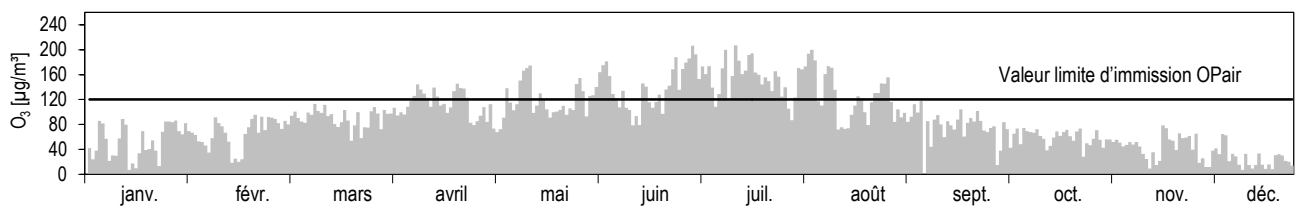



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Magadino-Cadenazzo</b>		Coordonnées: 715 500 / 113 200
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 203 m

**Moyennes journalières pour SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Payerne</b>		Coordonnées: 562 285 / 184 775
	Rural, altitude < 1000 m		Altitude: 489 m


Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,51	0,66	0,48	0,43	0,25	0,24	0,42	0,28	0,21	0,31	0,20	0,31	0,36
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	1,23	1,91	0,99	1,05	0,66	1,72	1,01	0,74	0,68	0,66	0,51	0,75	1,91
	Moy. jour. > 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	18,6	22,9	17,9	11,5	7,2	7,8	8,7	9,0	10,3	16,0	15,4	22,6	13,9
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	37,4	42,7	29,5	20,5	11,9	10,9	13,9	12,3	18,5	21,5	25,1	35,3	42,7
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	3,1	2,5	2,1	1,4	0,6	0,6	0,4	0,6	1,4	2,4	3,5	7,0	2,1
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	16,2	12,7	7,1	3,7	2,2	1,2	1,7	2,1	4,5	5,3	18,9	27,9	27,9
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	12,2	13,9	11,0	7,2	4,3	4,5	4,9	5,2	6,5	10,3	10,8	17,5	9,0
	Moyenne journal. max.	ppb	31,8	32,6	19,6	13,7	7,5	6,5	7,8	7,9	12,2	15,3	26,7	35,7	35,7
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	40	43	52	69	72	77	92	76	55	30	32	13	54
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	79	88	94	124	126	136	158	149	103	74	71	64	158
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	94	95	108	136	138	155	175	162	116	98	79	77	175
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	18	29	73	164	105	0	0	0	0	389
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	0,26	0,31	0,27	0,20	0,17	0,15	0,16	0,16	0,17	0,24	0,22	0,31	0,22
	Moyenne journal. max.	mg/m <sup>3</sup>	0,43	0,46	0,57	0,24	0,19	0,18	0,25	0,20	0,21	0,34	0,35	0,44	0,57
	Moy. jour. > 8 mg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM <sub>10</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	13	21	21	10	9	10	14	11	8	16	12	14	13
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	37	43	47	18	19	17	29	21	21	28	26	24	47
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RP	Moyennes	mg/(m <sup>2</sup> jour)	8	10	29	37	64	45	32	45	30	11	15	6	28

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

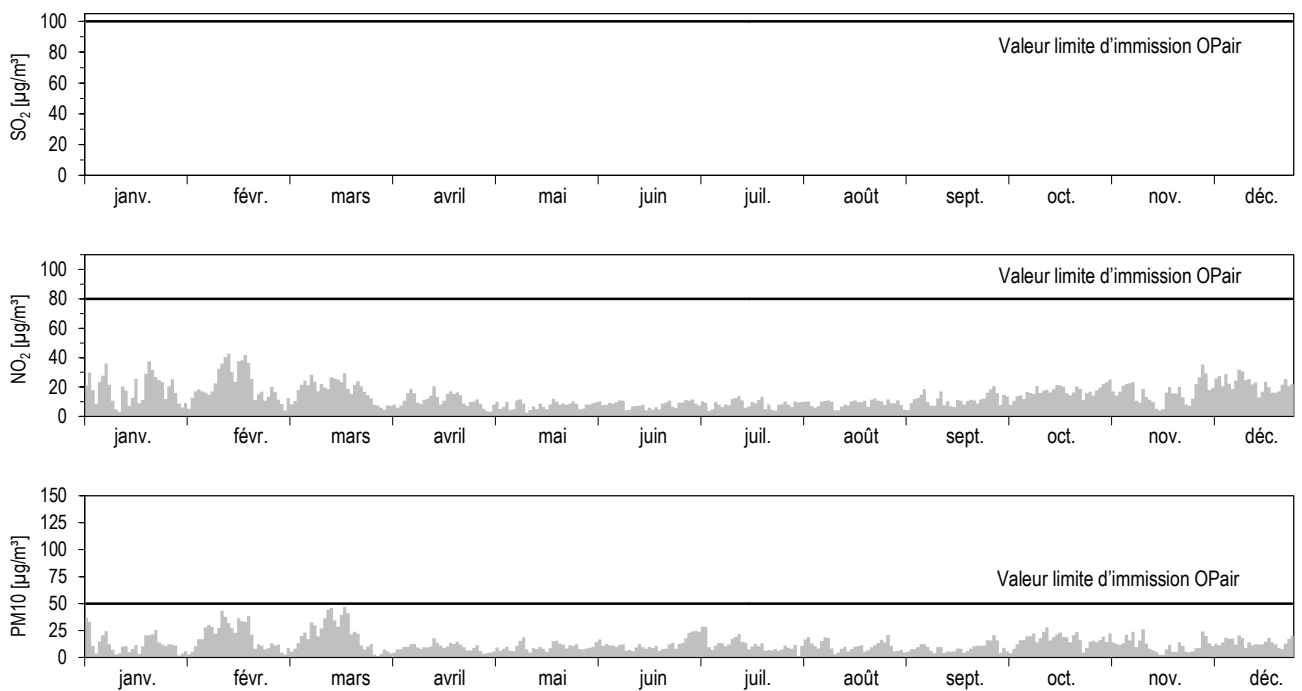
Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	1,7	0,1	6,3	9,8	14,2	18,5	22,5	19,8	13,2	9,0	7,2	2,8	10,5
	Degrés-jours chauf. <sup>1)</sup>	(°C*d)	558	557	424	233	52	0	0	0	85	318	347	534	3099
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	47	75	141	211	233	283	292	214	167	91	65	39	155
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	84	82	72	66	70	69	58	72	76	85	82	95	76
Précipitation	Total	mm	64	32	49	56	109	72	25	79	64	42	40	11	643
Pression	Moyennes	hPa	962	958	962	963	960	962	960	960	960	960	965	972	962

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)

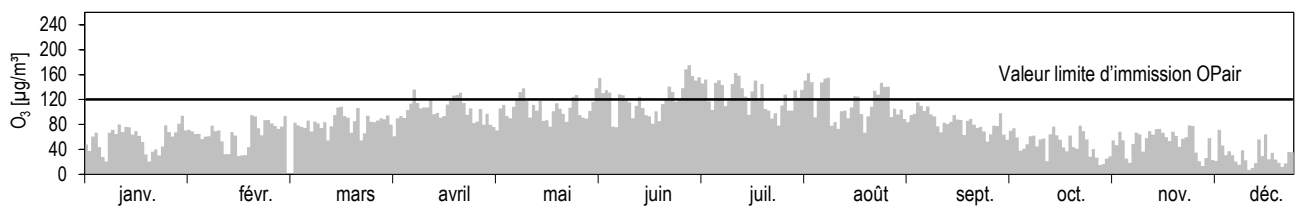
Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

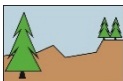
<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Payerne</b>		Coordonnées: 562 285 / 184 775 Altitude: 489 m
	Rural, altitude < 1000 m		

**Moyennes journalières pour SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**




<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Rigi-Seebodenalp</b>		Coordonnées: 677 835 / 213 440
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1031 m

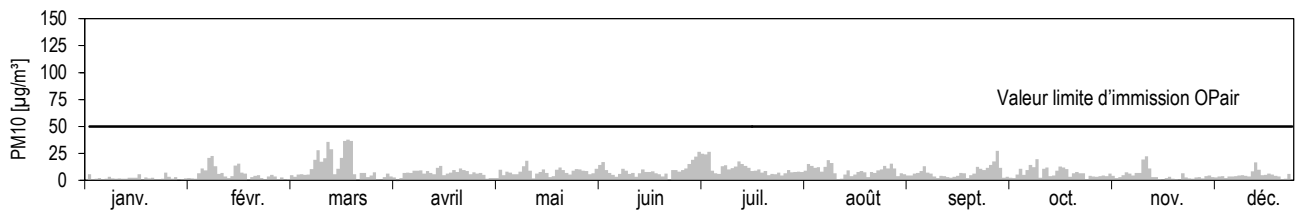
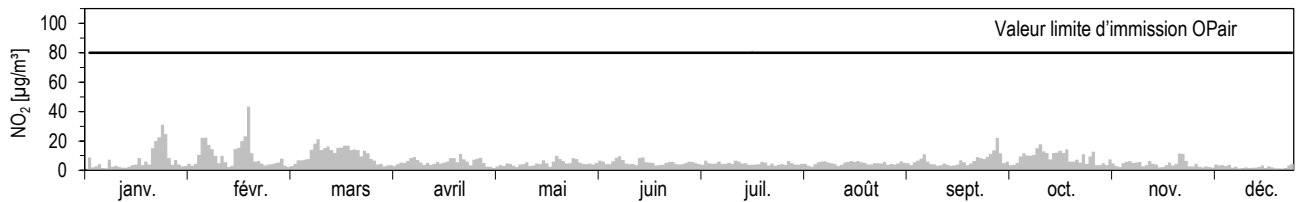
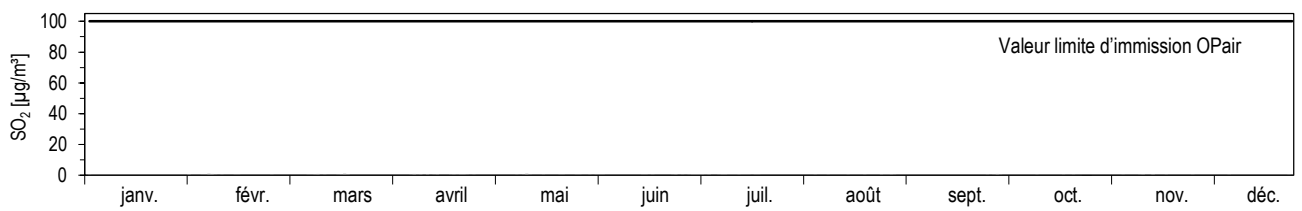
Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,26	0,39	0,37	0,41	0,34	0,35	0,48	0,37	0,32	0,33	0,35	0,28	0,35
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	0,67	1,08	1,08	0,87	1,04	0,65	0,74	0,72	0,71	0,91	0,80	0,54	1,08
	Moy. jour. > 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	7,0	10,8	10,7	5,9	4,6	5,4	4,8	4,7	5,7	10,1	4,7	2,5	6,4
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	31,1	43,4	21,3	11,1	10,0	9,6	6,6	6,5	11,3	22,1	12,8	4,5	43,4
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,41	0,59	0,65	0,37	0,21	0,23	0,17	0,19	0,39	0,56	0,19	0,11	0,34
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	2,75	4,54	1,48	1,13	0,63	0,90	0,48	0,51	1,06	1,34	1,07	0,44	4,54
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	4,0	6,1	6,1	3,4	2,6	3,0	2,6	2,6	3,3	5,7	2,6	1,4	3,6
	Moyenne journal. max.	ppb	17,4	26,3	12,3	6,6	5,7	5,8	3,8	3,8	6,5	12,6	7,6	2,4	26,3
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	66	75	79	93	91	98	112	103	73	51	67	73	82
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	89	108	109	127	132	149	174	157	107	92	89	87	174
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	97	117	111	142	157	190	215	175	135	99	99	95	215
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	61	50	166	303	200	3	0	0	0	783
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	10
CO	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,22	0,22	0,18	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,19	0,14	0,14	0,17
	Moyenne journal. max.	mg/m <sup>3</sup>	0,33	0,44	0,27	0,21	0,18	0,18	0,2	0,19	0,18	0,27	0,21	0,17	0,44
	Moy. jour. > 8 mg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	2,3	6,9	12,6	7,1	7,4	8,0	12,5	9,1	6,6	8,5	5,1	4,6	7,6
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	7,1	22,8	37,7	13,4	18,3	17,0	26,6	18,8	15,4	27,4	22,3	16,6	37,7
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RP	Moyennes	mg/(m <sup>2</sup> jour)	21	18	26	55	29	53	50	34	-	27	6	1	29

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	0,3	-1,8	3,7	7,4	11,0	15,2	19,4	17,7	10,5	6,9	6,9	6,1	8,7
	Degrés-jours chauf. <sup>1)</sup>	(°C*d)	611	612	504	350	225	64	16	18	247	397	359	431	3821
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	37	74	124	198	189	236	255	204	120	73	58	46	135
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	77	75	72	64	74	74	65	72	79	85	68	63	72
Précipitation	Total	mm	65	30	49	114	247	132	81	145	68	81	61	24	1097
Pression	Moyennes	hPa	899	896	901	903	901	904	903	902	901	900	904	910	902

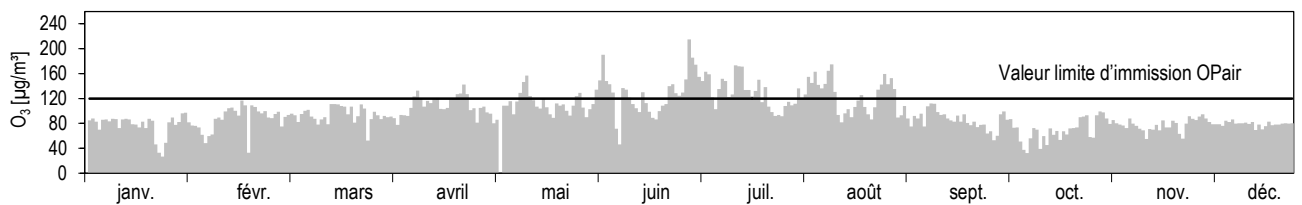
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Rigi-Seebodenalp</b>		Coordonnées: 677 835 / 213 440
	Rural, altitude > 1000 m		Altitude: 1031 m

**Moyennes journalières pour NO<sub>2</sub> et PM10**



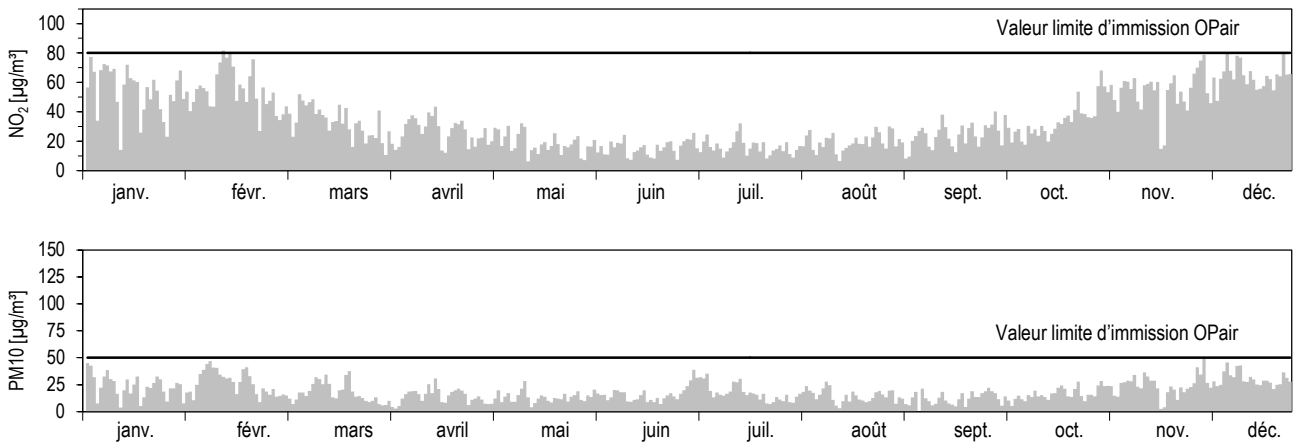
**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



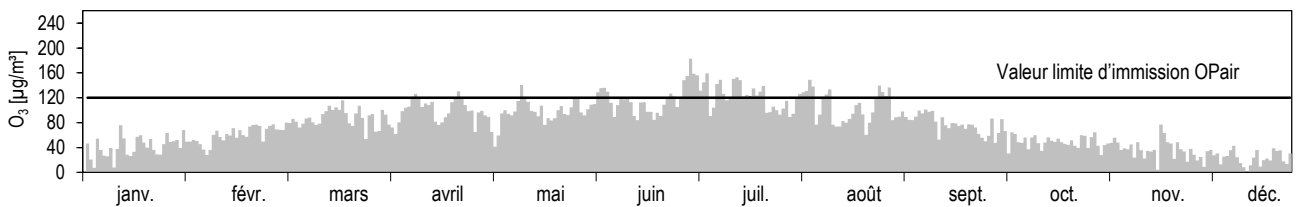



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Sion-Aéroport-A9</b>		Coordonnées: 592 540 / 118 755 Altitude: 483 m
	Rural, autoroute		

**Moyennes journalières pour NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Tänikon</b>		Coordonnées: 710 500 / 259 810 Altitude: 538 m
	Rural, altitude < 1000 m		


Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	17,4	26,9	14,6	10,2	6,3	6,9	6,8	8,4	10,4	15,0	13,7	19,8	12,9
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	37,6	55,7	24,3	17,3	11,9	9,9	11,2	12,6	16,2	22,4	26,4	39,3	55,7
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	3,7	6,4	2,8	1,6	0,8	0,8	0,6	1,1	2,0	3,3	4,3	15,1	3,5
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	17,8	35,9	8,7	4,8	2,7	1,9	1,5	4,1	5,2	8,8	21,2	86,3	86,3
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	12,0	19,2	9,9	6,6	3,9	4,3	4,0	5,2	7,1	10,5	10,6	22,4	9,6
	Moyenne journal. max.	ppb	31,0	58,0	19,2	12,9	8,4	6,7	6,6	9,8	11,1	18,6	29,2	84,6	84,6
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	44	41	51	70	72	76	90	81	52	30	37	21	56
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	80	81	96	122	129	139	166	163	104	81	78	74	166
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	91	96	103	133	138	153	179	181	116	101	84	82	181
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	18	25	77	161	126	0	0	0	0	407
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	12	23	20	10	9	10	13	12	9	16	11	14	13
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	40	43	42	15	19	15	26	24	15	29	31	27	43
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	1,9	-1,5	5,2	9,0	13,6	17,3	21,3	19,7	12,4	8,9	7,1	3,0	9,9
	Degrés-jours chauf. <sup>1)</sup>	(°C*d)	537	601	458	275	91	0	0	0	144	330	355	528	3307
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	43	77	140	217	210	260	279	225	143	79	66	47	149
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	82	84	75	67	74	74	64	72	77	85	81	89	77
Précipitation	Total	mm	93	36	90	121	168	151	38	50	38	40	86	16	927
Pression	Moyennes	hPa	955	953	956	957	954	957	955	954	955	955	958	965	956

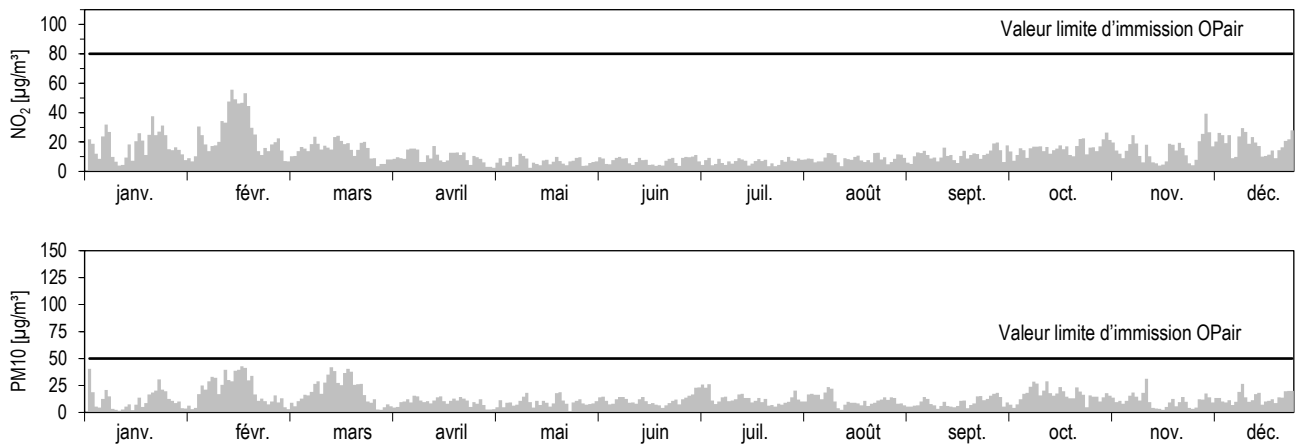
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

Les données météorologiques ont été relevées par MétéoSuisse.

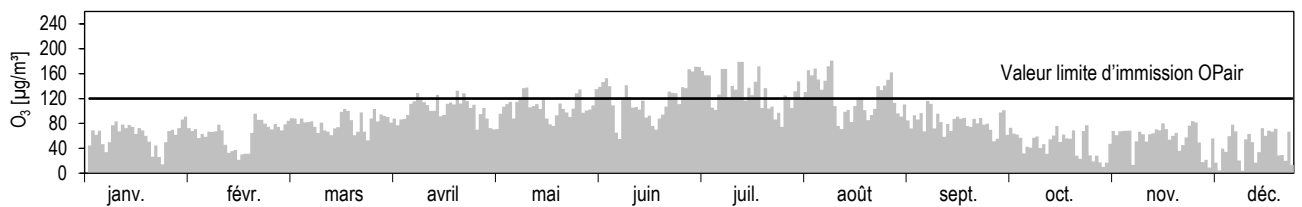



<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Tänikon</b>		Coordonnées: 710 500 / 259 810 Altitude: 538 m
	Rural, altitude < 1000 m		

**Moyennes journalières pour NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**




<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Zürich-Kaserne</b>		Coordonnées: 682 450 / 247 990
	Urbain		Altitude: 409 m

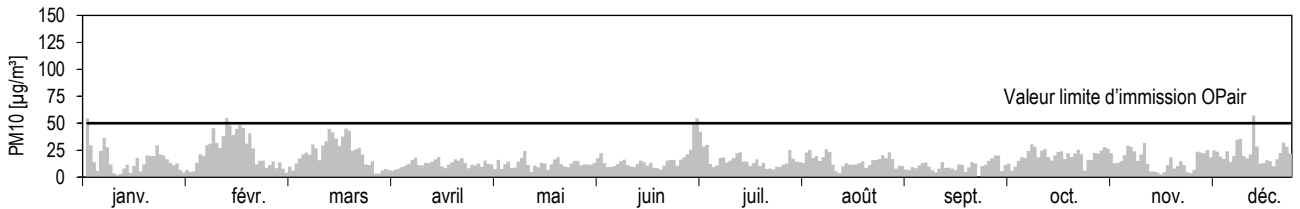
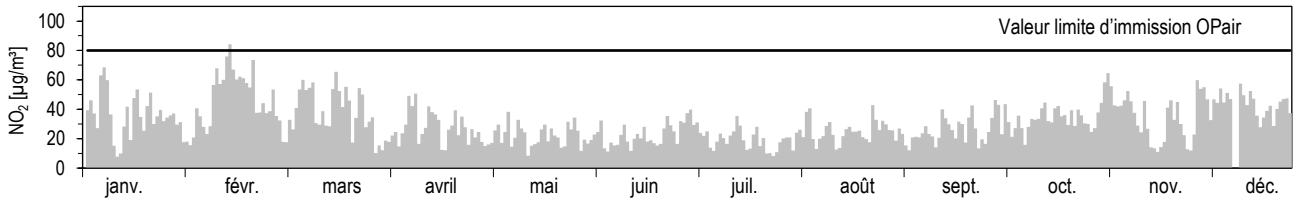
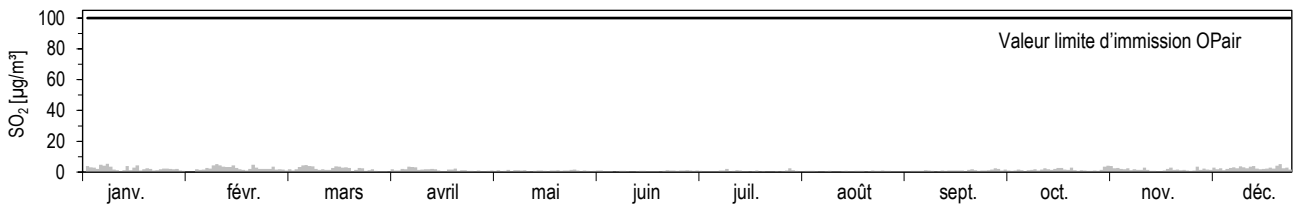
Polluants			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
SO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	2,4	2,7	2,2	1,5	1,0	0,7	0,8	0,8	0,9	1,5	1,8	2,6	1,5
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	5,4	5,1	4,5	3,4	1,6	1,2	2,1	2,5	1,9	2,8	4,2	5,2	5,4
	Moy. jour. > 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	35	48	38	27	22	21	21	25	24	33	35	44	31
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	69	84	66	51	38	36	40	43	43	46	65	60	84
	Moy. jour. > 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NO	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	16,2	15,6	9,4	4,6	3,3	2,6	2,2	3,1	5,2	9,2	19,5	47,6	11,5
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	107,9	73,9	25,0	18,5	18,6	6,8	4,1	10,5	19,7	24,1	87,1	125,5	125,5
NO <sub>x</sub>	Moyennes	ppb	31	38	27	18	14	13	13	15	17	25	34	61	25
	Moyenne journal. max.	ppb	122	103	50	41	30	24	24	31	38	38	100	131	131
O <sub>3</sub>	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	30	28	42	64	66	74	88	74	49	23	25	8	48
	Val. 98 % moy. semi-hor.	µg/m <sup>3</sup>	72	68	89	115	123	142	174	157	95	74	69	56	174
	Moyenne horaire max.	µg/m <sup>3</sup>	82	79	103	128	162	173	186	199	112	96	79	79	199
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	6	22	64	150	99	0	0	0	0	341
	Moy. hor. > 180 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	9
CO	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	0,32	0,39	0,32	0,25	0,23	0,20	0,24	0,25	0,22	0,31	0,32	0,48	0,29
	Moyenne journal. max.	mg/m <sup>3</sup>	0,68	0,69	0,46	0,35	0,33	0,27	0,52	0,42	0,33	0,41	0,63	0,88	0,88
	Moy. jour. > 8 mg/m <sup>3</sup>	Nb jours	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 120 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moy. hor. > 240 µg/m <sup>3</sup>	Nb heures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COVNM	Moyennes	µgCH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	62	70	64	53	52	53	83	62	52	67	71	95	65
	Moyenne journal. max.	µgCH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	159	146	109	97	83	82	428	106	101	142	193	182	428
CH <sub>4</sub>	Moyennes	mg/m <sup>3</sup>	1,33	1,37	1,33	1,29	1,28	1,28	1,28	1,29	1,30	1,35	1,37	1,44	1,32
PM10	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	16	27	22	12	12	13	18	16	10	18	16	22	17
	Moyenne journal. max.	µg/m <sup>3</sup>	55	55	45	19	24	22	55	26	23	30	32	57	57
	Moy. jour. > 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb jours	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	5
RP	Moyennes	mg/(m <sup>2</sup> d)	31	16	54	83	94	67	45	42	32	30	39	20	46

Météorologie			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Température	Moyennes	°C	3,7	1,4	8,1	11,9	15,8	20,1	24,4	22,4	15,1	10,8	8,9	5,1	12,4
	Degrés-jours chauff. <sup>1)</sup>	(°C*d)	499	520	345	149	31	0	0	0	18	235	268	463	2519
Rayonnement global	Moyennes	W/m <sup>2</sup>	36	66	130	199	199	251	265	211	142	77	58	42	140
Humidité relative	Moyennes	% r.F.	75	74	62	55	64	61	52	62	66	76	75	85	67
Précipitation	Total	mm	89	30	73	140	177	134	36	56	40	36	56	9	876
Pression	Moyennes	hPa	971	969	973	973	970	972	970	970	971	971	975	982	972

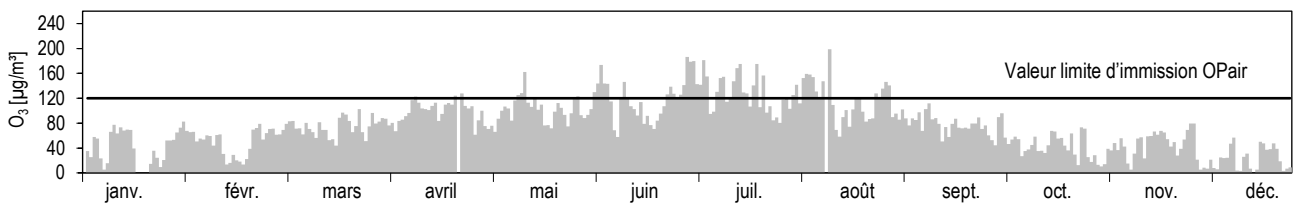
1) Degrés-jours de chauffage: somme mensuelle des différences journalières entre la température ambiante (20 °C) et la température moyenne de tous les jours de chauffage (jour de chauffage: journée dont la température moyenne est inférieure ou égale à 12 °C)

<b>L'année 2015 en chiffres</b>	<b>Zürich-Kaserne</b>		Coordonnées: 682 450 / 247 990 Altitude: 409 m
	Urbain		

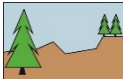
**Moyennes journalières pour SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et PM10**



**Moyennes horaires maximales par jour pour O<sub>3</sub>**



## Annexe B2: Valeurs des COV

L'année 2015 COV en chiffres	Rigi-Seebodenalp		Coordonnées: 677 835 / 213 440 Altitude: 1031 m
	Rural, altitude > 1000 m		

COV composés aromatique			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Benzène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,42	0,53	0,47	0,24	0,13	0,11	0,12	0,13	0,16	0,42	0,20	0,19	0,26
Toluène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,37	0,41	0,48	0,28	0,24	0,34	0,31	0,32	0,35	0,66	0,30	0,15	0,35
Ethylbenzène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,07	0,06	0,10	0,07	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,12	0,07	0,04	0,07
m/p-xylène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,15	0,11	0,17	0,12	0,13	0,15	0,10	0,09	0,12	0,27	0,15	0,06	0,13
o-xylène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,08	0,06	0,08	0,06	0,05	0,06	0,04	0,04	0,05	0,12	0,06	0,03	0,06
Facteurs de transformation (F):		[ppb] * F = [µg/m <sup>3</sup> ]													
F_Benzène = 3,25		F_Toluène = 3,83	F_Ethylbenzène = 4,41				F_m/p-Xylène = 4,41				F_o-Xylène = 4,41				

			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
<b>Hydrocarbures saturés</b>															
Ethane	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	2,56	2,93	2,95	2,36	1,73	1,34	1,04	1,03	1,23	1,78	1,65	1,74	1,86
Propane	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	1,60	1,83	1,58	0,93	0,50	0,48	0,37	0,47	0,55	1,04	0,83	0,80	0,91
n-Butane	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,75	0,83	0,71	0,35	0,21	0,26	0,26	0,28	0,28	0,56	0,39	0,35	0,43
n-Pentane	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,33	0,36	0,40	0,23	0,19	0,26	0,24	0,23	0,23	0,46	0,20	0,11	0,27
n-Hexane	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,09	0,09	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,09	0,05	0,03	0,06
Isobutane	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,41	0,47	0,42	0,20	0,12	0,14	0,13	0,16	0,17	0,34	0,21	0,19	0,25
Isopentane	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,42	0,45	0,50	0,31	0,27	0,39	0,45	0,45	0,36	0,60	0,30	0,17	0,39
Σ Isohexane	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,40	0,42	0,46	0,32	0,26	0,32	0,28	0,32	0,31	0,52	0,30	0,21	0,34
Σ Isoheptane	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,18	0,21	0,20	0,09	0,08	0,10	0,07	0,08	0,11	0,26	0,11	0,05	0,13

## Hydrocarbures non saturés

Ethène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,58	0,68	0,50	0,23	0,16	0,16	0,12	0,13	0,18	0,53	0,27	0,23	0,31
Propène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,12	0,12	0,12	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,09	0,06	0,04	0,07
Σ Butène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ Pentène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethyne	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,44	0,60	0,54	0,28	0,16	0,14	0,13	0,14	0,17	0,42	0,21	0,21	0,28
Isoprène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,03	0,08	0,19	0,26	0,51	0,31	0,08	0,05	0,05	0,03	0,17
1,3-Butadiène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Facteurs de transformation (F): [ppb] \* F = [µg/m<sup>3</sup>]

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

<b>L'année 2015 COV en chiffres</b>	<b>Zürich-Kaserne</b>		<b>Coordonnées: 682 450 / 247 990</b>
	Urbain		<b>Altitude: 409 m</b>

COV composés aromatique			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Benzène	Moyennes	µg/m³	0,91	1,13	0,78	0,44	0,33	0,38	0,37	0,51	0,44	0,89	0,90	1,51	0,72
Toluène	Moyennes	µg/m³	2,31	2,43	2,56	1,80	1,78	2,11	2,27	2,72	2,28	2,81	3,89	5,34	2,70
Ethylbenzène	Moyennes	µg/m³	0,43	0,48	0,44	0,34	0,32	0,39	0,40	0,46	0,39	0,49	0,67	0,88	0,48
m/p-xylène	Moyennes	µg/m³	1,40	1,47	1,44	1,12	1,01	1,17	1,26	1,51	1,32	1,60	2,35	3,15	1,58
o-xylène	Moyennes	µg/m³	0,52	0,55	0,54	0,41	0,37	0,44	0,46	0,55	0,48	0,60	0,87	1,15	0,58

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

**Hydrocarbures saturés**


Ethane	Moyennes	µg/m³	3,89	4,28	3,92	3,16	2,44	1,96	1,57	1,73	1,92	2,91	3,27	4,48	2,95
Propane	Moyennes	µg/m³	3,21	3,61	3,01	2,23	1,68	1,81	1,73	2,05	1,75	2,37	3,41	4,46	2,60
n-Butane	Moyennes	µg/m³	2,64	2,62	2,45	1,72	1,48	1,67	1,84	2,14	1,74	2,35	4,02	5,18	2,45
n-Pentane	Moyennes	µg/m³	1,01	1,10	1,07	0,86	0,89	0,98	1,06	1,13	0,87	1,23	2,10	2,39	1,20
n-Hexane	Moyennes	µg/m³	0,29	0,30	0,26	0,21	0,21	0,23	0,35	0,39	0,26	0,32	0,44	0,53	0,31
Héptane	Moyennes	µg/m³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isobutane	Moyennes	µg/m³	1,43	1,47	1,36	0,95	0,78	0,86	0,93	1,05	0,88	1,25	2,21	2,83	1,31
Isopentane	Moyennes	µg/m³	1,88	1,89	2,04	1,80	1,86	2,36	2,87	3,27	2,14	2,48	4,36	4,82	2,61
Σ Isohexane	Moyennes	µg/m³	1,41	1,43	1,38	1,20	1,19	1,43	1,57	1,88	1,45	1,68	2,80	3,16	1,69
Σ Isoheptane	Moyennes	µg/m³	0,84	0,85	0,74	0,76	0,78	0,91	1,13	0,99	0,72	0,85	1,53	1,66	0,97

**Hydrocarbures non saturés**

Ethène	Moyennes	µg/m³	1,89	2,22	1,40	0,82	0,68	0,66	0,62	0,83	0,77	1,48	2,02	3,31	1,38
Propène	Moyennes	µg/m³	0,59	0,60	0,48	0,28	0,26	0,28	0,28	0,36	0,30	0,43	0,67	0,99	0,45
Σ Butène	Moyennes	µg/m³	0,57	0,54	0,55	0,28	0,30	0,35	0,31	0,35	0,29	0,44	0,85	1,10	0,49
Σ Pentène	Moyennes	µg/m³	0,43	0,35	0,39	0,25	0,26	0,42	0,45	0,49	0,37	0,43	0,70	0,80	0,44
Ethyne	Moyennes	µg/m³	1,16	1,52	1,07	0,68	0,43	0,40	0,37	0,48	0,48	0,93	1,08	1,74	0,86
Isoprène	Moyennes	µg/m³	0,11	0,11	0,11	0,12	0,16	0,30	0,48	0,41	0,18	0,15	0,24	0,26	0,22
1,3-Butadiène	Moyennes	µg/m³	-	-	-	0,06	0,05	0,07	0,06	0,08	0,06	0,08	0,13	0,20	0,09

-) pas de mesures disponibles

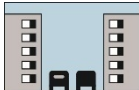
Facteurs de transformation (F): [ppb] \* F = [µg/m³]  
 F\_Ethane = 1,25    F\_Propane = 1,83    F\_n-Butane = 2,42    F\_n-Pentane = 3,00    F\_n-Hexane = 3,58  
 F\_Isobutane = 2,42    F\_Isopentane = 3,00    F\_total Isohexane = 3,58    F\_total Isoheptane = 4,17  
 F\_Ethène = 1,17    F\_Propène = 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

<b>L'année 2015 COV en chiffres</b>	<b>Dübendorf-Empa</b>		Coordonnées: 688 675 / 250 900
	Suburbain		Altitude: 432 m

COV composés aromatiques			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Benzène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	1,11	1,25	0,81	0,46	0,31	0,29	0,32	0,31	0,30	0,79	0,99	1,49	0,71
Toluène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	2,77	2,64	2,26	1,76	1,47	1,60	2,30	2,67	2,27	3,05	4,35	5,74	2,75

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

Facteurs de transformation (F): [ppb] \* F = [µg/m<sup>3</sup>]  
 F\_Benzène = 3,25 F\_Toluène = 3,83

<b>L'année 2015 COV en chiffres</b>	<b>Bern-Bollwerk</b>		Coordonnées: 600 170 / 199 990
	Urbain, trafic		Altitude: 536 m

COV composés aromatiques			janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
Benzène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	1,62	1,77	1,53	0,96	0,92	0,96	0,95	1,06	1,10	1,54	1,48	1,84	1,33
Toluène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	3,61	3,83	3,93	3,59	3,30	3,18	3,22	3,78	2,35	2,82	3,01	3,62	3,35
Ethylbenzène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,50	0,55	0,60	0,55	0,52	0,44	0,47	0,52	0,27	0,35	0,39	0,44	0,46
m/p-xylène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	1,81	2,05	2,07	1,96	1,71	1,62	1,71	2,00	1,11	1,35	1,52	1,94	1,73
o-xylène	Moyennes	µg/m <sup>3</sup>	0,59	0,70	0,74	0,71	0,61	0,53	0,59	0,68	0,38	0,48	0,51	0,60	0,59

Facteurs de transformation (F): [ppb] \* F = [µg/m<sup>3</sup>]  
 F\_Benzène = 3,25 F\_Toluène = 3,83 F\_Ethylbenzène = 4,41 F\_m/p-Xylène = 4,41 F\_o-Xylène = 4,41