



Smog estival en Suisse



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Commission fédérale de l'hygiène de l'air CFHA

Smog estival en Suisse

Avis de la Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA)

Impressum

Editeur

Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA). Composée d'experts du domaine de la protection de l'air, la Commission fédérale de l'hygiène de l'air est une commission extra-parlementaire instituée par la Confédération. Elle a pour tâche de conseiller le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) ainsi que l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) sur les questions de méthodologie scientifique ayant trait à la protection de l'air et aux effets de la pollution atmosphérique sur la santé de l'homme et les écosystèmes. Pour ce qui est de son fonctionnement, la CFHA est une commission administrative indépendante et interdisciplinaire, qui peut faire appel à des experts externes de divers domaines pour aborder certaines problématiques.

Auteur

Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA)

Référence

Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) 2011:
Smog estival en Suisse. Avis de la Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA). Berne, 40 p.

Secrétariat CFHA

Peter Straehl
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)
Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Division Protection de l'air et RNI
peter.straehl@bafu.admin.ch

Traduction

Milena Hrdina, Moutier

Conception graphique

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Photo de couverture

OFEV/AURA

Téléchargement de la version PDF

www.ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen/index.html

(Il n'existe pas de version imprimée.)

Cette publication est également disponible en allemand.

Table des matières

Abstracts	5
Avant-propos	7
Résumé	8
1 Point de départ	10
2 Le polluant ozone	11
2.1 Qu'est-ce que le smog estival?	11
2.2 Impact du smog estival	11
2.2.1 Effets sur l'homme	11
2.2.2 Effets sur la végétation	12
2.2.3 Effets sur le climat	12
2.3 Une problématique complexe	13
2.4 Valeurs limites d'immission selon l'OPair	14
3 Evolution de la pollution due à l'ozone en Suisse	15
3.1 Evolution de la pollution atmosphérique en général	15
3.2 Evolution de la pollution due à l'ozone ces 20 dernières années	16
3.2.1 Polluants précurseurs	16
3.2.2 Tendance générale sur le front de l'ozone	18
3.2.3 Pics moins fréquents, mais hausse de la pollution de fond dans les villes	20
3.2.4 Pollution de fond et ses multiples facteurs	22
3.2.5 Cycle hebdomadaire de la pollution due à l'ozone: influence perceptible d'une réduction des émissions à grande échelle et impact minime des mesures ponctuelles	23
3.3 Perspectives	23
3.3.1 Récurrence de périodes de smog estival par beau temps	23
3.3.2 Prévisions à long terme (au-delà de 2020)	23
4 Mesures destinées à réduire l'ozone	24
4.1 Situation initiale	24
4.1.1 Objectifs, lacunes et principales sources de polluants	24
4.1.2 Pollution de fond et étendue du problème de l'ozone	25
4.1.3 Interactions entre préservation du climat et protection de l'air	26
4.1.4 Aperçu des moyens pour combattre les charges excessives d'ozone	26
4.2 Associer mesures temporaires et mesures durables	27
4.3 Mesures à même de réduire à long terme la pollution due à l'ozone	27
4.3.1 Axer les mesures à long terme sur les grandeurs déterminantes	27
4.3.2 Mesures découlant de la loi sur la protection de l'environnement	29
4.3.3 Mesures dans d'autres domaines politiques	30
4.3.4 Mesures internationales	31
4.4 Mesures temporaires en cas de pics de pollution	31
4.4.1 Mesures saisonnières	31
4.4.2 Information et recommandations	32
4.5 Mesures individuelles	33

5	Documentation	34
5.1	Avis précédents de la CFHA sur l'ozone	34
5.1.1	Le rapport de 1989	34
5.1.2	Les prises de position de 1993 et de 2004	35
5.2	Prise de position de la Conférence suisse des directeurs cantonaux des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement	35
5.3	Valeurs limites en Suisse et au sein de l'UE	36
5.4	Bases légales	36
5.5	Ouvrages et documents	37
5.6	Abréviations	39

Abstracts

Following its earlier statements in 1989, 1993 and 2004, the Federal Commission for Air Hygiene has once again commented on the problem of summer smog in Switzerland. Despite the fact that emissions of ozone precursors have fallen sharply in Switzerland since the mid-1980s – nitrogen oxides by around 50 percent, volatile organic compounds (VOCs) by more than 60 percent – the exposure of the population and vegetation to ozone has only decreased slightly. High ozone levels in ambient air also have to be anticipated in the future for a variety of reasons. Despite numerous new findings relating to the formation, degradation and transport of ozone, many questions still remain open. As before, the best strategy for reducing ozone concentrations is to efficiently lower the emissions of precursors. At the international level, it is necessary to strengthen the existing obligations and the national emission ceilings.

Keywords:
Ozone, summer smog, nitrogen oxides, volatile organic compounds (VOCs), impacts on health, vegetation, Environmental Protection Act, Ordinance on Air Pollution Control, national and international measures, Federal Commission for Air Hygiene

Nach 1989, 1993 und 2004 äussert sich die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene erneut zur Sommersmog-Problematik in der Schweiz. Trotz bedeutenden Reduktionen der Emissionen der Ozon-Vorläufersubstanzen in der Schweiz seit Mitte der 1980er-Jahre – rund 50 % bei den Stickoxiden und mehr als 60 % bei den flüchtigen organischen Verbindungen – hat die Ozonbelastung der Bevölkerung und der Vegetation nur geringfügig abgenommen. Auch in Zukunft sind übermässige Immissionen zu erwarten. Die Gründe dafür sind vielfältig. Trotz vielen neuen Erkenntnissen zum Auf- und Abbau sowie zum Transport von Ozon bleiben Fragen offen. Die beste Strategie der Luftreinhalte-Politik zur Senkung der Ozonkonzentrationen ist nach wie vor eine effiziente Reduktion der Emissionen bei den Vorläufersubstanzen. Auf internationaler Ebene ist es notwendig, die bestehenden Verpflichtungen zu verstärken und tiefere verbindliche Emissions-Höchstmengen festzulegen.

Stichwörter:
Ozon, Sommersmog, Stickoxide, VOC, Auswirkungen Gesundheit – Vegetation, USG, LRV, IGW, Massnahmen national – international, EKL

Après 1989, 1993 et 2004, la Commission fédérale de l'hygiène de l'air fait à nouveau le point sur le smog estival en Suisse. Bien que l'on soit parvenu à réduire considérablement les émissions des précurseurs de l'ozone depuis le milieu des années 1980 (de 50 % environ pour les oxydes d'azote et de plus de 60 % pour les composés organiques volatils), l'exposition de la population et de la végétation à ce polluant n'a que très peu diminué, et l'on en mesurera encore des immissions excessives à l'avenir. La situation a des causes multiples et, malgré les nouvelles connaissances sur la formation, la dégradation et le transport de l'ozone, nombre de questions restent ouvertes. En politique de protection de l'air, la meilleure stratégie pour diminuer les concentrations d'ozone consiste encore et toujours à réduire les émissions des précurseurs. Au plan international, il importe de renforcer les engagements actuels et d'abaisser les plafonds nationaux d'émissions.

Mots-clés:
ozone, smog estival, oxydes d'azote, COV, effets sur la santé, effets sur la végétation, LPE, OPair, VLI, mesures nationales, mesures internationales, CFHA

Come già nel 1989, nel 1993 e nel 2004, la Commissione federale d'igiene dell'aria è tornata ad esprimersi sulla problematica dello smog estivo in Svizzera. Nonostante dalla metà degli anni Ottanta vi siano state riduzioni rilevanti delle emissioni di inquinanti precursori dell'ozono - circa il 50 per cento degli ossidi di azoto e oltre il 60 per cento dei composti organici volatili – il carico di ozono subito dalla popolazione e dalla flora in Svizzera è diminuito solo in misura esigua. Anche in futuro c'è da aspettarsi immissioni eccessive. Le cause sono molteplici. Malgrado l'elevato numero di conoscenze acquisite sulla formazione, l'eliminazione e il trasporto dell'ozono, restano delle questioni aperte. La strategia migliore della politica contro l'inquinamento atmosferico per abbattere le concentrazioni di ozono è, come in passato, una riduzione efficiente delle emissioni degli inquinanti precursori. A livello internazionale, occorre rafforzare gli impegni esistenti e abbassare i limiti massimi nazionali di emissione.

Parole chiave:
ozono, smog estivo, ossidi di azoto, COV, effetti sulla salute e sulla flora, LPAmb, OIAt, VLI, misure a livello nazionale e internazionale, CFIAR

Avant-propos

Les périodes de smog estival sont dues à la présence d'une trop grande quantité d'oxydes d'azote (NO_x) et de composés organiques volatils dans l'atmosphère. Lorsqu'il fait beau et chaud en été, ces polluants participent à des réactions qui accroissent la formation du gaz irritant qu'est l'ozone. Depuis l'entrée en vigueur de la loi sur la protection de l'environnement (LPE) et de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair), il y a plus de 25 ans, nous sommes certes parvenus à réduire nettement les émissions des précurseurs de l'ozone. La récurrence de périodes où la charge d'ozone est excessive a toutefois incité la Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) à passer à nouveau en revue les connaissances sur l'ozone et le smog estival, ainsi que les mesures permettant d'atténuer leur impact.

La CFHA a adopté le présent document le 30 mars 2011 et, au mois d'avril, nombre de stations de mesure, tant au sud qu'au nord des Alpes, ont déjà fait état de plusieurs importants dépassements des valeurs limites d'immission pour l'ozone en raison du printemps exceptionnellement ensoleillé et chaud. Vu les conditions spécifiques dans lesquelles on assiste à la formation d'ozone, nous connaissons encore, lorsque la météo les favorisera, des périodes de smog estival ces prochaines années et même au-delà de 2020.

Quoi qu'il en soit, les mesures adoptées par le Conseil fédéral en septembre 2009 (cf. SFPA 2009), ainsi que celles décidées par les cantons dans le cadre de leurs plans de mesures, devraient parvenir à réduire encore sensiblement les émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils.

Un potentiel considérable de réduction des émissions de précurseurs de l'ozone existe par ailleurs dans nos pays voisins. La détermination dont la Confédération fait preuve au niveau international, dans le cadre de la Convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, pour imposer une réduction contraignante des émissions d'ici à 2020 revêt donc autant d'importance que la poursuite des efforts entrepris en Suisse.

Il importe en outre que population et milieux économiques assument leur responsabilité et revoient leur comportement. L'éventail des possibilités est vaste, allant du recours à des substances sans solvant à la diminution de la consommation énergétique en passant par des changements dans la mobilité.

Ursula Brunner

Présidente de la Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA)

Résumé

En été, il arrive encore régulièrement que les valeurs limites d'immission pour l'ozone soient dépassées. On assiste alors à l'apparition de smog estival. Se fondant sur différents rapports précédents, la Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) fait à nouveau le point sur la thématique du smog estival, c'est-à-dire la pollution due à l'ozone proche du sol.

Les épisodes de smog estival résultent de la présence de trop fortes concentrations d'oxydes d'azote (NO_x) et de composés organiques volatils (COV) dans l'atmosphère. En été, lorsque la température est élevée, le rayonnement solaire intense et les vents faibles, ces polluants précurseurs émis par les activités humaines participent, avec les COV biogènes, naturellement présents dans l'air ambiant, à des séries de réactions qui accroissent la formation d'ozone. C'est ce mélange de différents polluants qui compose le smog estival. Produit secondaire de ce mélange, l'ozone en est la substance indicatrice.

Les effets aigus, souvent réversibles, du smog estival touchent surtout les personnes travaillant ou exerçant une activité physique en plein air, les enfants étant particulièrement sensibles. Outre les fréquentes irritations des voies respiratoires et des yeux, on observe également une diminution temporaire du niveau de performance due à une détérioration de la fonction pulmonaire. Crises d'asthme, hospitalisations et même décès, causés en particulier par des affections pulmonaires, se multiplient avec l'aggravation du smog estival. L'ozone est aussi un puissant phytotoxique, qui ne se révèle cependant nocif que lorsqu'il peut pénétrer dans les plantes par leurs stomates. Outre les dégâts visibles sur le feuillage, l'ozone ralentit également la croissance et rend les végétaux plus sensibles à la sécheresse et aux parasites. On estime que la pollution actuelle due à l'ozone réduit la croissance des arbres forestiers d'un taux pouvant aller de 1 à 10 %, voire plus. On a également constaté une baisse des rendements lors de nombreux essais réalisés sur les céréales, les pommes de terre et d'autres cultures importantes.

La nouvelle évaluation du problème que représente le smog estival correspond dans l'ensemble à celle établie par la CFHA en 1989, puis confirmée par celles de 1993 et de 2004:

1. Force est de constater, comme par le passé, que la pollution due à l'ozone reste excessive en Suisse. Si la charge totale d'ozone n'a guère diminué, les relevés du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL) révèlent toutefois que les pics de pollution se sont atténués. Cependant, malgré l'abaissement prévisible des concentrations de précurseurs, nous connaissons encore des périodes de smog estival au-delà de 2020. Il faut en outre s'attendre à des dépassements plus fréquents et plus importants des valeurs limites d'immission, car le réchauffement climatique global accentuera probablement la formation d'ozone.
2. Sur la base des connaissances actuelles dans diverses disciplines scientifiques, la commission confirme que les valeurs limites d'immission fixées dans l'annexe 7 de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) correspondent à l'état de la science et de l'expérience, comme l'exigent les art. 13 et 14 de la loi sur la protection de l'environnement (LPE).
3. La commission constate donc qu'il importe d'accorder en Suisse la priorité aux mesures efficaces à long terme pour réduire la pollution, toujours excessive, due à l'ozone. Ces mesures doivent surtout viser à diminuer les concentrations des précurseurs de l'ozone, soit les oxydes d'azote et les composés organiques volatils. La formation, la dégradation et le transport de l'ozone répondant à des règles très particulières, la diminution de la pollution due au smog estival n'est pas proportionnelle à la réduction des émissions et des concentrations des précurseurs.
4. En été, les charges d'ozone s'avèrent en moyenne légèrement plus faibles le dimanche et le lundi que les autres jours de la semaine. L'abaissement généralisé des émissions de précurseurs (industrie et trafic lourd) exerce donc une influence différée, mais perceptible. On ne devrait donc pas limiter les éventuel-

les mesures complémentaires appliquées à l'échelle régionale aux périodes où les concentrations sont maximales, mais les mettre en œuvre sur des périodes relativement longues (sur toute une saison, p. ex.). Les immissions mesurées en Suisse dépendent en outre essentiellement des efforts (et de leur évolution) consentis par les pays voisins. Il importe dès lors d'exploiter le potentiel de mesures transfrontières et d'harmoniser les diverses mesures internationales. De nouvelles négociations ont ainsi été lancées qui visent à renforcer les engagements déjà pris et à fixer de nouvelles limitations contraignantes des émissions pour 2020.

5. De l'avis de la CFHA, le mandat défini à l'art. 6 LPE exige d'informer la population. Diffusées au début de la saison des fortes concentrations d'ozone et durant les périodes de smog estival, les informations doivent formuler des recommandations quant au comportement à adopter en fonction du niveau des immissions. Il n'est pas nécessaire de conseiller de manière générale de ne pas sortir en cas de concentration élevée d'ozone. En été, il convient toutefois de prévoir les activités sportives, les sports d'endurance et les autres efforts physiques intenses en plein air de préférence le matin ou après le coucher du soleil, lorsque les concentrations d'ozone sont normalement plus faibles.

1 Point de départ

En été, il arrive encore régulièrement que les valeurs limites d'immission pour l'ozone soient dépassées. On assiste alors à l'apparition du smog estival.

Dans son rapport *25 ans de protection de l'air selon la loi sur la protection de l'environnement*, publié en 2011, la Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) dresse un bilan de la politique suisse de l'hygiène de l'air tout en explorant ses perspectives. Ce document fournit diverses informations sur l'ozone et le smog estival dans différents contextes. A l'approche de l'été, il était judicieux de se baser sur ce rapport pour remettre à jour les connaissances dont nous disposons sur le smog estival, c'est-à-dire la pollution due à l'ozone troposphérique.

Relevons pour commencer que l'appréciation du problème de l'ozone, telle qu'elle a été établie en 1989 (cf. chap. 5.1.1), puis confirmée en 1993 et en 2004 (cf. chap. 5.1.2), n'a guère changé:

- Force est de constater, comme par le passé, que la pollution due à l'ozone reste excessive en Suisse. Si la charge totale n'a guère diminué, les relevés du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL) montrent toutefois que les pics de pollution se sont atténués. Lire à ce sujet le chapitre 3.
- Sur la base des connaissances actuelles dans diverses disciplines scientifiques, la commission confirme que les valeurs limites d'immission fixées dans l'annexe 7 de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) correspondent à l'état de la science et de l'expérience, comme l'exigent les art. 13 et 14 de la loi sur la protection de l'environnement (LPE). Lire à ce sujet le chapitre 2.
- La commission constate par ailleurs qu'il importe d'accorder en Suisse la priorité aux mesures efficaces sur le long terme pour réduire la pollution, toujours excessive, due à l'ozone. Lire à ce propos le chapitre 4.

2 Le polluant ozone

2.1 Qu'est-ce que le smog estival?

Dans les conditions climatiques suisses, le smog estival survient surtout au printemps et en été, et c'est durant la belle saison qu'il représente un problème pour la santé humaine et les écosystèmes.

Les épisodes de smog estival résultent de la présence de trop fortes quantités d'oxydes d'azote (NO_x) et de composés organiques volatils (COV¹) dans l'atmosphère. En été, lorsque la température est élevée et le rayonnement solaire intense, ces polluants précurseurs émis par les activités humaines participent, avec les COV naturels (chap. 3.2.1), à des séries de réactions qui accroissent la formation d'ozone. C'est ce mélange de différents polluants qui compose le smog estival. Produit secondaire de ce mélange, l'ozone en est la substance indicatrice.

Le smog estival présente dès lors une qualité qui diffère de la pollution atmosphérique habituelle. Le smog hivernal, que l'on observe en automne et en hiver, principalement en période d'inversion, résulte au contraire d'une nette hausse du niveau de pollution quotidien et d'une diminution du brassage d'air.

Alors que certains polluants atmosphériques (le monoxyde d'azote, p.ex.) sont hautement réactifs et se transforment en l'espace de quelques minutes, d'autres (tels les PM10 et l'ozone) s'accumulent durant des heures voire des jours dans l'atmosphère. Les substances à longue durée de vie se répartissent sur des régions plus vastes et franchissent aisément les frontières nationales. C'est particulièrement vrai pour l'ozone. Les mesures prises à l'échelle locale ou régionale doivent dès lors s'accompagner d'efforts concertés sur le plan international.

Les réactions à l'origine de la formation d'ozone dépendent de divers facteurs et sont très complexes en soi. Les explications sur l'évolution de la pollution par l'ozone au cours des vingt dernières années (chap. 3.2) illustrent la complexité de cette problématique.

2.2 Impact du smog estival

2.2.1 Effets sur l'homme

Les effets aigus du smog estival touchent surtout les personnes exerçant une activité physique en plein air et tout spécialement les enfants, chez qui l'on observe souvent des irritations des voies respiratoires et des yeux. Chez les travailleurs de force et les sportifs, on note aussi une baisse temporaire du niveau de performance et une détérioration de la fonction pulmonaire. Crises d'asthme, hospitalisations et même décès, dus surtout à des affections pulmonaires, se multiplient avec l'aggravation du smog estival. Pour l'heure, nul n'est toutefois en mesure d'affirmer si c'est l'ozone lui-même ou d'autres substances, tel le dioxyde d'azote (NO_2), dont la concentration dans le smog estival varie selon la région, qui sont responsables des effets sur l'homme.

Si les concentrations mesurées en Suisse restent modérées par rapport à celles des mégapoles internationales, diverses études ont clairement démontré des incidences négatives sur la santé. Or on ne connaît aucun traitement spécifique permettant de lutter contre les effets de la pollution. D'où la nécessité de réduire ou de contrôler à la source toutes les émissions de substances polluantes. De telles mesures sont généralement suivies d'effets bénéfiques pour la santé.

¹ L'abréviation COV englobe ici tous les composés organiques volatils à l'exception du méthane. Pour les désigner, la littérature spécialisée utilise souvent l'abréviation COVNM (composés organiques volatils non méthaniques).

2.2.2 Effets sur la végétation

Comme l'ont démontré différentes études, l'ozone est un puissant phytotoxique. Il n'est cependant nuisible que lorsqu'il peut pénétrer dans les plantes par leurs stomates. Ceux-ci se refermant par temps sec, les plantes absorbent moins d'ozone pendant les périodes chaudes et sèches que lorsqu'il fait humide. Outre des déficits de croissance, l'ozone provoque également des dégâts visibles sur le feuillage et inhibe le transfert des hydrates de carbone des parties aériennes vers les racines. On estime que la pollution actuelle par l'ozone réduit la croissance des arbres forestiers d'un taux allant de 1 à 10 %, voire plus, et diminue d'autant la production de bois. L'ozone peut également rendre les arbres plus sensibles à la sécheresse et aux parasites. Des effets similaires sur la végétation du sol forestier tendent à appauvrir la biodiversité.

Les mêmes observations valent pour l'agriculture, où des dégâts visibles peuvent entraîner une réduction du prix des légumes. Pire encore, l'ozone peut diminuer les rendements, comme l'ont prouvé divers essais réalisés sur les céréales, les pommes de terre et d'autres cultures importantes. Dans les deux cas, le producteur subit des pertes financières. La charge en ozone critique pour ces cultures sensibles (AOT40 = 3 ppm/h pendant trois mois) est régulièrement dépassée sur de larges extensions du territoire suisse, les conditions météorologiques déterminant l'ampleur des effets. On a par ailleurs observé que, dans les prairies soumises à une exploitation intensive, les groupes d'espèces sensibles à l'ozone tendent à être supplantés par des graminées, plus résistantes, mais dont la valeur nutritive est moindre pour le bétail. Dans les prairies naturelles d'altitude, l'ozone semble en revanche n'avoir quasi aucun effet à court terme sur la biodiversité.

2.2.3 Effets sur le climat

L'ozone figure parmi les gaz nocifs pour le climat, car il renforce l'effet de serre. Les mesures destinées à réduire la formation d'ozone atténuent ainsi non seulement les atteintes à la santé de la population et les dégâts à la végétation, mais contribuent aussi de manière appréciable à la sauvegarde du climat. C'est là un exemple typique des importantes synergies qui existent entre protection de l'air et sauvegarde du climat. Or la politique suisse de protection de l'air a de tout temps beaucoup entrepris dans ce domaine.

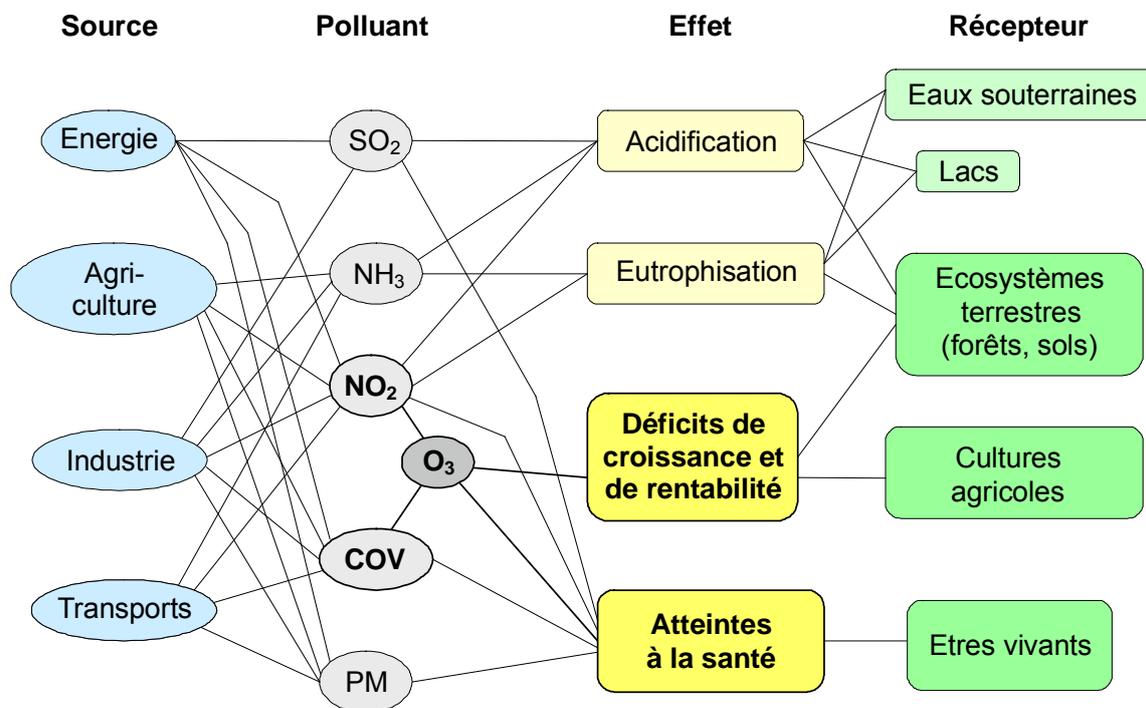
Afin d'optimiser la mise en œuvre des ressources disponibles, il est judicieux de prendre des mesures qui exploitent les synergies entre politique de protection de l'air et politiques énergétique et climatique. Contrairement aux efforts entrepris pour limiter les émissions de gaz à effet de serre à longue durée de vie, les mesures destinées à réduire les émissions d'ozone troposphérique s'avèrent efficaces à court et à moyen terme. Puisqu'elles produisent en outre des effets gagnant-gagnant, il convient de leur accorder la priorité.

Pour ce qui est de l'influence du réchauffement climatique sur la formation d'ozone, lire le chapitre 3.2.4.

2.3 Une problématique complexe

Le schéma de la figure 1 présente certains des liens de causalité existant entre sources d'émissions, polluants, effets et récepteurs. Il permet de visualiser la place de l'ozone dans l'ensemble de réactions.

Fig. 1 Rapports entre sources, polluants, effets et récepteurs



SO₂: dioxyde de soufre; NH₃: ammoniac; NO₂: dioxyde d'azote; O₃: ozone; COV: composés organiques volatils; PM: poussières fines

L'ozone se forme à partir des polluants précurseurs que sont les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, les quatre groupes de sources de polluants jouent un rôle important dans la problématique du smog estival. L'ozone ayant non seulement des effets sur la santé humaine, mais provoquant aussi d'autres conséquences (diminution de la productivité, appauvrissement de la biodiversité des forêts, baisse du rendement agricole et atteintes à d'autres écosystèmes terrestres), il exerce, du côté des récepteurs, une influence aussi bien sur l'être humain que sur ses ressources vitales. Seuls les lacs et les eaux souterraines sont épargnés par la pollution directe due à l'ozone.

2.4 Valeurs limites d'immission selon l'OPair

Les valeurs limites d'immission appliquées en Suisse sont axées sur les effets, ce qui signifie que la volonté de protection prime sur les autres considérations. Selon la LPE, les valeurs limites d'immission de polluants atmosphériques doivent être fixées de manière que les immissions inférieures à ces valeurs ne menacent pas la santé humaine et ne gênent pas la population dans son bien-être. A ce titre, elles doivent aussi tenir compte de l'effet des immissions sur des catégories de personnes particulièrement sensibles, telles que les enfants, les malades, les personnes âgées et les femmes enceintes. En fixant les valeurs limites, les autorités doivent par ailleurs veiller à protéger les animaux et les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes, de même que la fertilité du sol, la végétation et la salubrité des eaux.

La LPE exigeant que la population soit protégée contre les effets tant aigus que chroniques des polluants, on fixe en général des valeurs limites à court et à long terme. Dans le cas de l'ozone, ce sont les valeurs correspondant à 98 % du mois où les charges d'ozone sont les plus élevées de même que le nombre de dépassements de la valeur limite d'immission pour la moyenne horaire qui servent de référence pour évaluer les atteintes portées à la santé humaine et aux écosystèmes. Dans l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair), le Conseil fédéral a dès lors inscrit les deux valeurs limites d'immission ci-après:

- $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ = moyenne horaire qui ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année;
- $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ = valeur que ne devrait pas dépasser 98 % des moyennes semi-horaires d'un mois.

Des travaux récents consacrés aux effets de l'ozone sur la santé humaine confirment le bien-fondé scientifique des valeurs limites adoptées par la législation suisse. Si l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Union européenne (cf. chap. 5.3) et les Etats-Unis ont opté pour une valeur limite sur huit heures, le Conseil fédéral a choisi une valeur limite horaire, qui reflète bien l'exposition de la population, car les gens ont tendance à exercer moins d'efforts physiques intenses en plein air pendant les périodes de smog estival. Pour l'heure, il n'y a donc pas lieu de revoir les valeurs limites suisses pour l'ozone, notamment la valeur limite à court terme.

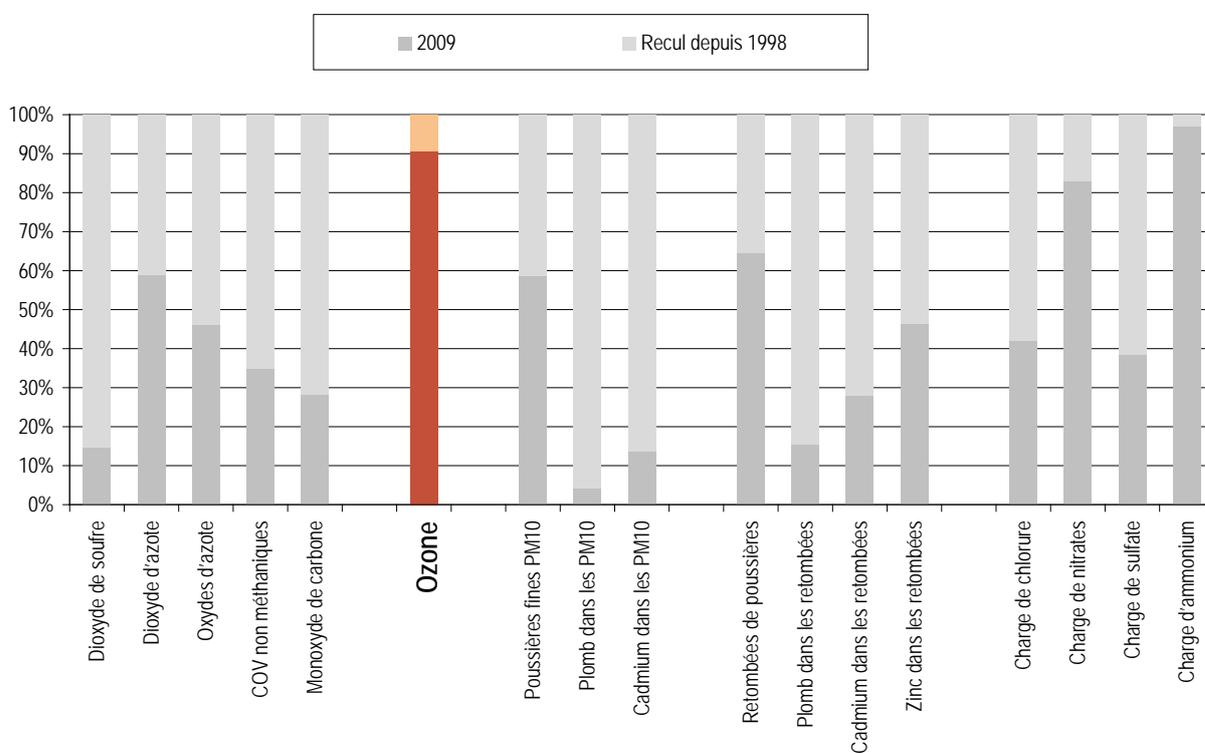
3 Evolution de la pollution due à l’ozone en Suisse

3.1 Evolution de la pollution atmosphérique en général

Depuis l’entrée en vigueur de la LPE, la qualité de l’air s’est dans l’ensemble nettement améliorée. Le progrès s’est surtout fait sentir dans les années 1990 grâce aux mesures imposées par la loi, plus concrètement par l’OPair, aux installations stationnaires et au trafic. La figure 2 illustre cette évolution.

Fig. 2 Modification (en %) des charges polluantes mesurées en Suisse entre 1988 et 2009

Le graphique prend en compte l’ensemble des stations de mesure du NABEL avec des séries complètes de relevés, à l’exception des stations d’altitude. Sont représentées les valeurs annuelles moyennes, sauf pour le monoxyde de carbone (plus haute moyenne journalière) et l’ozone (plus haute valeur horaire). Les charges de chlorure, de nitrate, de sulfate et d’ammonium tiennent compte uniquement des quantités déposées par les précipitations et non des dépôts secs.



On constate, et la figure 3 ci-après le confirme, que les charges de dioxyde de soufre, de monoxyde de carbone et de métaux lourds (notamment de plomb et de cadmium) ne posent désormais plus de problème en Suisse.

Fig. 3 Immissions de certains polluants dans divers types de sites en Suisse

Ville: proche du trafic; zone suburbaine: correspond à la charge de fond dans les agglomérations.

	Ville		Zones suburbaines		Campagne	
	1988	2009	1988	2009	1988	2009
Dioxyde d'azote (NO ₂)	☹	☹	☹	☺	☺	☺
Poussières fines (PM10)	☹	☹	☹	☺	☹	☺
Ozone (O₃)	☹	☹	☹	☹	☹	☹
Dioxyde de soufre (SO ₂)	☹	☺	☺	☺	☺	☺
Monoxyde de carbone (CO)	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Métaux lourds (Pb, Cd)	☺	☺	☺	☺	☺	☺
☺	Valeurs limites d'immission en grande partie respectées					
☺	Valeurs limites d'immission partiellement dépassées					
☹	Valeurs limites d'immission souvent et/ou fortement dépassées					

Moyennant d'autres mesures, il devrait être possible d'atteindre d'ici à 2020 les valeurs limites d'immission ou les objectifs de réduction même pour les polluants que sont le dioxyde d'azote et les composés organiques volatils (COV). Les prévisions sont cependant moins réjouissantes pour l'ozone et les poussières fines: selon les modélisations établies pour estimer les futures émissions et l'exposition future de la population et de la végétation, les charges de ces polluants resteront sans doute excessives même au-delà de 2020.

3.2 Evolution de la pollution due à l'ozone ces 20 dernières années

3.2.1 Polluants précurseurs

Les oxydes d'azote [(NO_x = monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO₂)] et les composés organiques volatils (COV) sont les principaux polluants précurseurs conduisant à la formation d'ozone, tant au niveau local qu'à l'échelle européenne. Il faut encore leur ajouter le méthane (CH₄) et le monoxyde de carbone (CO) pour se faire une bonne idée de la composition de la charge de fond dans notre hémisphère (cf. chap. 2.1).

Les figures 4 et 5 indiquent que l'on est parvenu à réduire sensiblement les émissions de COV précurseurs de l'ozone par rapport au milieu des années 1980. Nous devons principalement ce succès aux catalyseurs, qui équipent désormais les voitures de tourisme et les camions, aux strictes limites d'émissions imposées à l'industrie, ainsi qu'à la récupération des vapeurs d'essence lors du transport et du transvasement de carburants. L'introduction de la taxe d'incitation sur les COV en 2000 a, elle aussi, contribué de façon décisive à cette baisse.

Fig. 4 COV aromatiques (benzène, toluène et xylènes; BTX: moyennes annuelles de 1994 à 2009, à Dübendorf

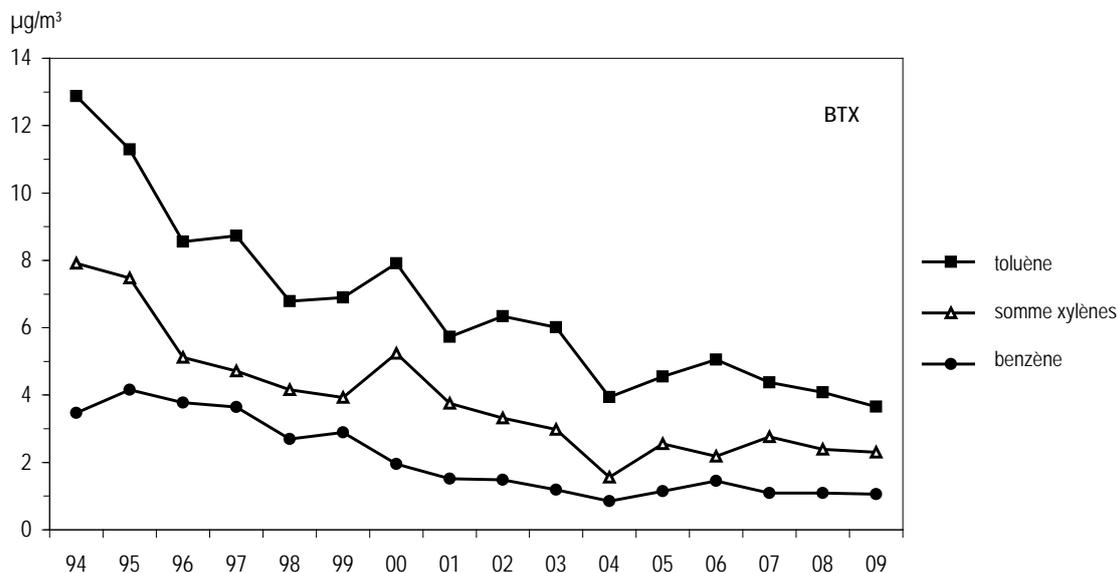
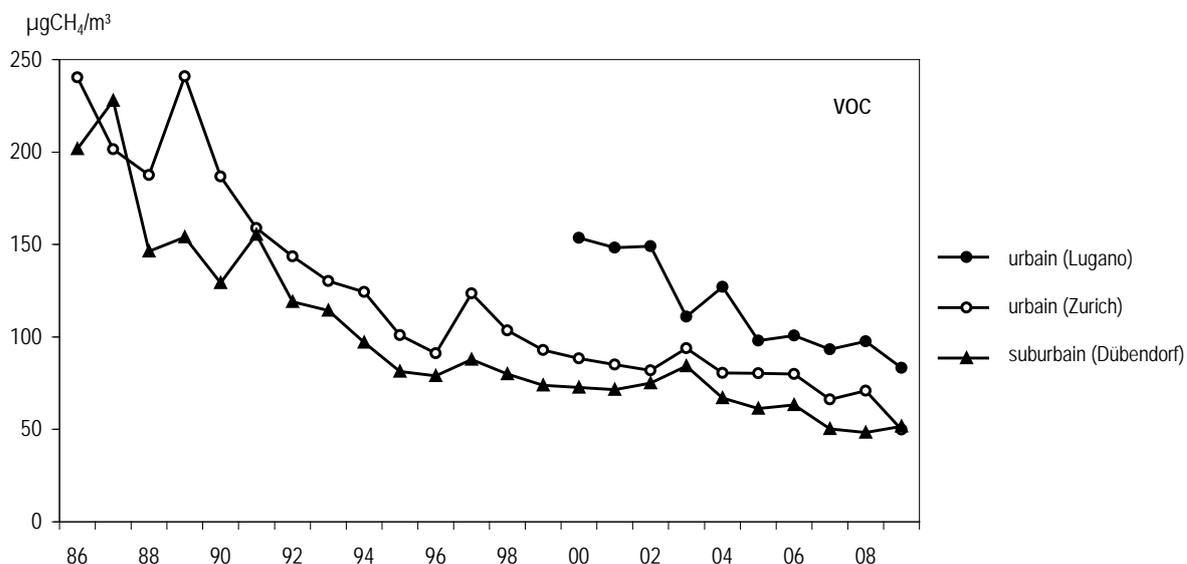


Fig. 5 COV non méthaniques (en équivalents méthane): moyennes annuelles de 1986 à 2009

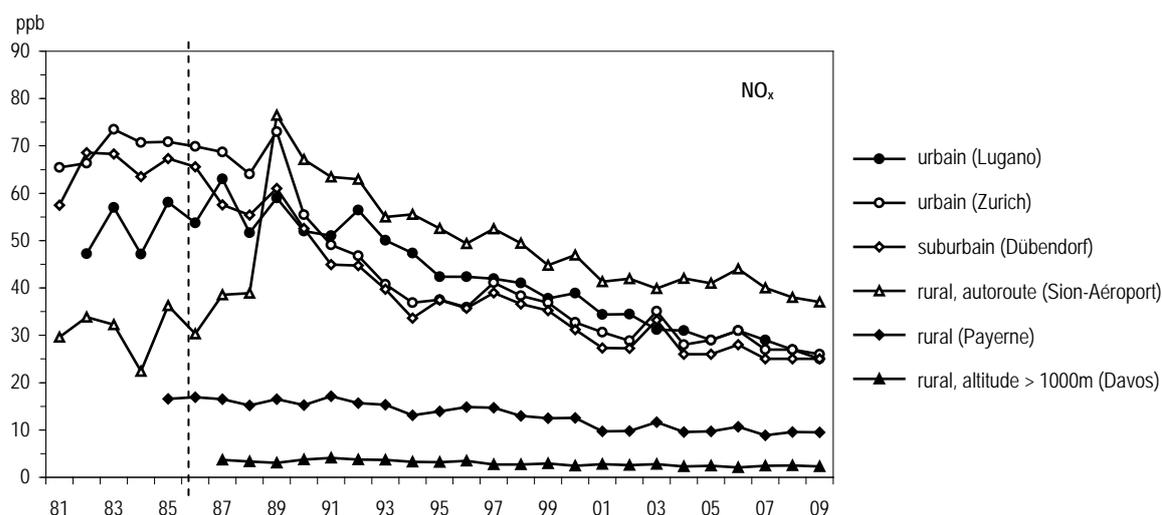


Le groupe des composés organiques volatils (COV) comprend une variété de substances possédant des caractéristiques très variées. Pour ce qui est de leur rôle dans la composition chimique de l'atmosphère, on fait en principe la distinction entre les COV qui induisent la formation d'ozone dans la troposphère et les COV responsables de la destruction de l'ozone dans la stratosphère (qui ne nous intéressent pas ici). Bien que l'on soit parvenu à réduire considérablement les émissions des COV précurseurs de l'ozone depuis le milieu des années 1980, les mesures appliquées jusqu'ici ne suffisent pas encore à atteindre les objectifs pour la réduction d'émission et d'immission. Le rapport *Stratégie fédérale de protection de l'air* du 11 septembre 2009 propose dès lors d'autres mesures (dans le domaine des solvants et des motos notamment), qui visent à abaisser davantage encore ces émissions.

Outre les COV anthropiques, les COV naturels, surtout de source végétale (isoprène et terpène p.ex.) comptent aussi parmi les précurseurs de l'ozone. Leurs émissions atteignent leur niveau maximal pendant la saison chaude, soit lorsque l'ozone se forme le plus facilement. Or les mesures techniques ne permettent pas de réduire les émissions naturelles ou biogéniques.

Il a également été possible d'abaisser sensiblement les concentrations d'oxydes d'azote ($\text{NO}_x = \text{NO}$ et NO_2). La figure 6 révèle ainsi que ces concentrations n'ont pas dénoté de tendance claire jusqu'à la fin des années 1980: alors que certaines stations indiquaient une légère baisse, d'autres décelaient une légère hausse. De 1989 à 1994, la plupart des stations témoignent d'une nette diminution de la charge, baisse qui est à mettre avant tout sur le compte des mesures imposées au niveau des bâtiments et des chauffages, ainsi que du trafic. Si l'OPair ne mentionne pas de valeur limite d'immission pour les oxydes d'azote (NO_x), elle fixe une valeur limite pour le dioxyde d'azote (NO_2). Bien que les charges de ce gaz ne dénotent pas une baisse aussi nette que les charges d'oxydes d'azote, les concentrations de NO_2 avoisinent la valeur limite dans les zones suburbaines (à l'écart des grands axes routiers) et se situent en général au-dessous dans les zones rurales. Les immissions de dioxyde d'azote demeurent excessives dans les villes et le long des grands axes routiers, même à la campagne, avec de fréquents dépassements des valeurs limites.

Fig. 6 Oxydes d'azote (NO_x): moyennes annuelles de 1981 à 2009



Le principal problème des concentrations de dioxyde d'azote, c'est qu'elles sont trop élevées en permanence. On n'assiste en revanche que très rarement à des dépassements de la valeur limite journalière. Au cours des années à venir, l'introduction des normes Euro 5 (camions) et Euro 6 (voitures de tourisme) devrait abaisser encore d'avantage les émissions polluantes du trafic motorisé.

3.2.2 Tendence générale sur le front de l'ozone

Si l'on considère l'évolution des concentrations d'ozone sur la base des données fournies par le réseau NABEL, les figures 7 et 8 montrent qu'aucune tendance nette ne se dégage, contrairement au dioxyde de soufre par exemple (fig. 2 et 3). Il est en outre frappant de constater que les valeurs mesurées diffèrent parfois beaucoup d'une année sur l'autre. Ces fluctuations s'expliquent par les particularités de la formation de l'ozone (cf. chap. 2.1) et reflètent dès lors les spécificités météorologiques de la période considérée. L'année 2003, avec son été caniculaire, a donc enregistré de nets pics d'ozone, aussi bien du côté des valeurs 98 % du mois le plus pollué que du nombre de dépassements de la valeur limite d'immission pour la moyenne horaire.

Fig. 7 Ozone: valeurs 98 % du mois où la charge d'ozone fut maximale de 1990 à 2009

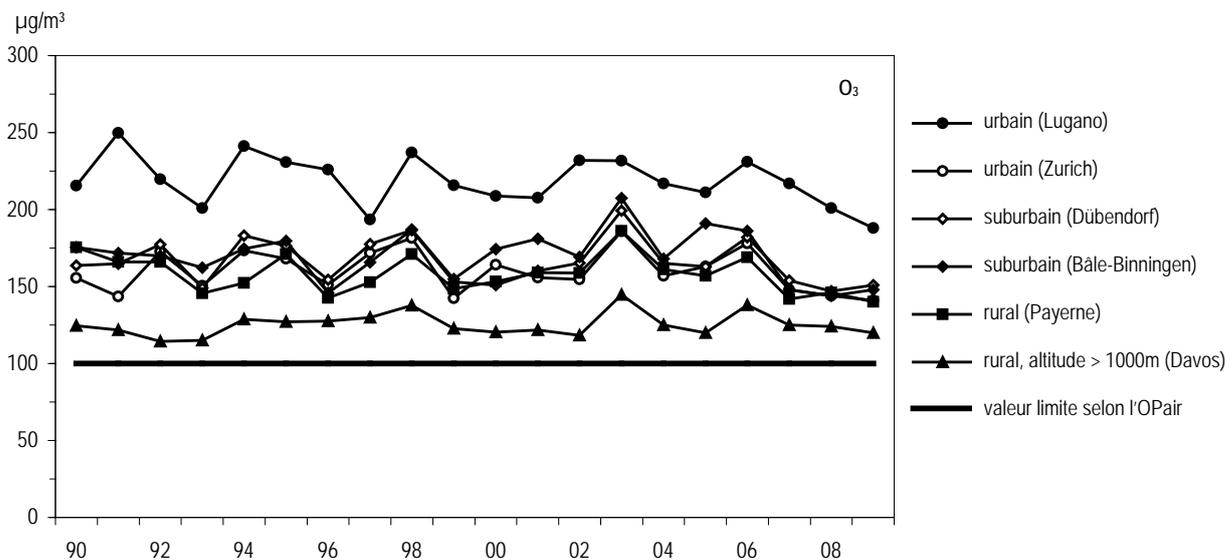
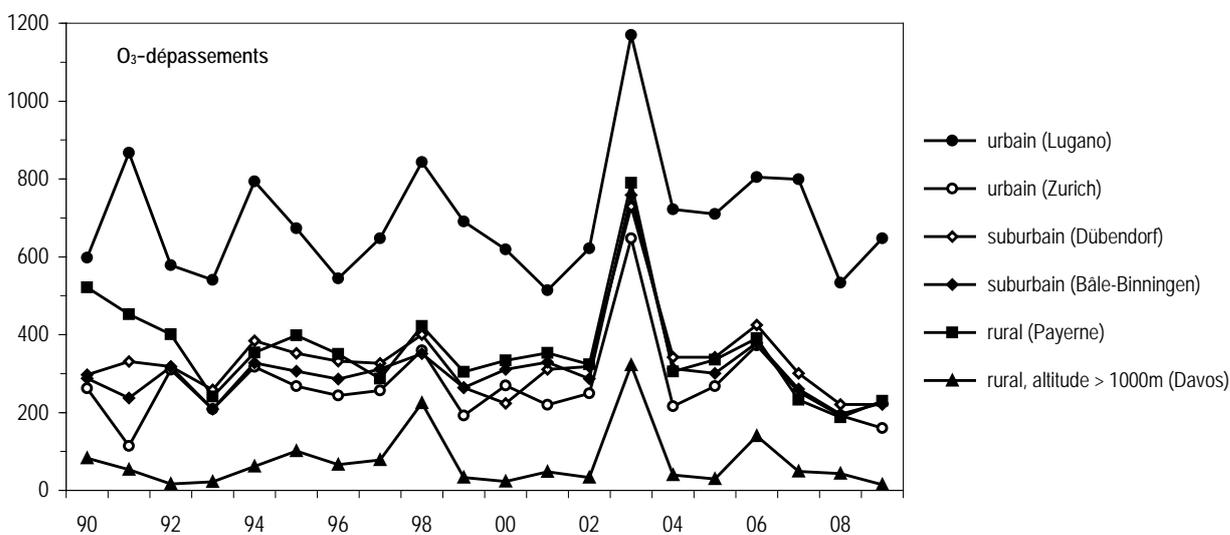


Fig. 8 Ozone: nombre de dépassements de la valeur limite d'immission pour la moyenne horaire (120 µg/m³) de 1990 à 2009

Nombre d'heures par an



La comparaison entre Lugano et Zurich (fig. 9 et 10 respectivement) illustre bien le rôle des facteurs qui déterminent la formation d'ozone: situation géographique, conditions météorologiques et concentration des précurseurs. Les conditions météorologiques varient sensiblement d'une année sur l'autre et le nombre d'heures pendant lesquelles la valeur limite d'immission à court terme est dépassée diffère beaucoup dans les deux villes. Comme Lugano se trouve au sud des Alpes et que la charge de précurseurs y est plus forte (en particulier celle des COV), on y mesure des concentrations d'ozone plus élevées et les périodes où la pollution par l'ozone est marquée y sont nettement plus longues qu'à Zurich.

Fig. 9 Pollution par l’ozone au sud des Alpes:
nombre d’heures où la concentration d’ozone a dépassé 180 µg/m³ à Lugano

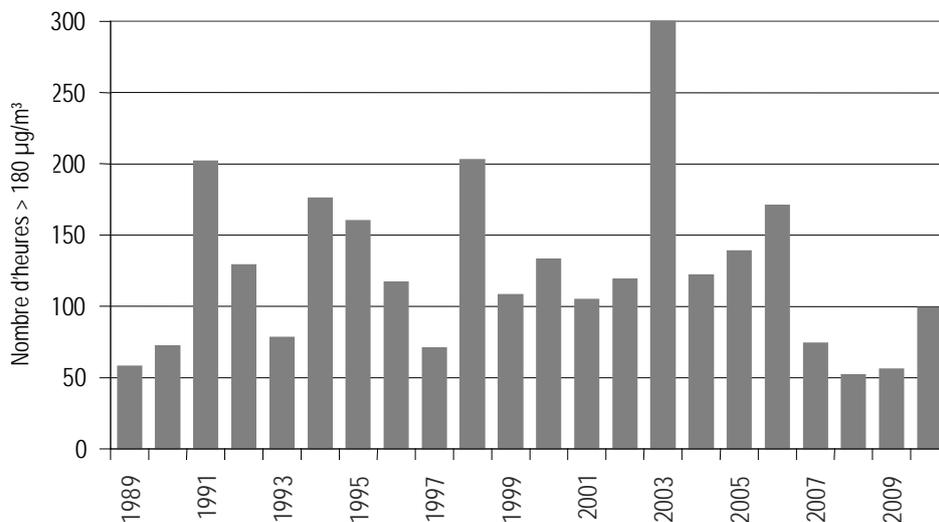
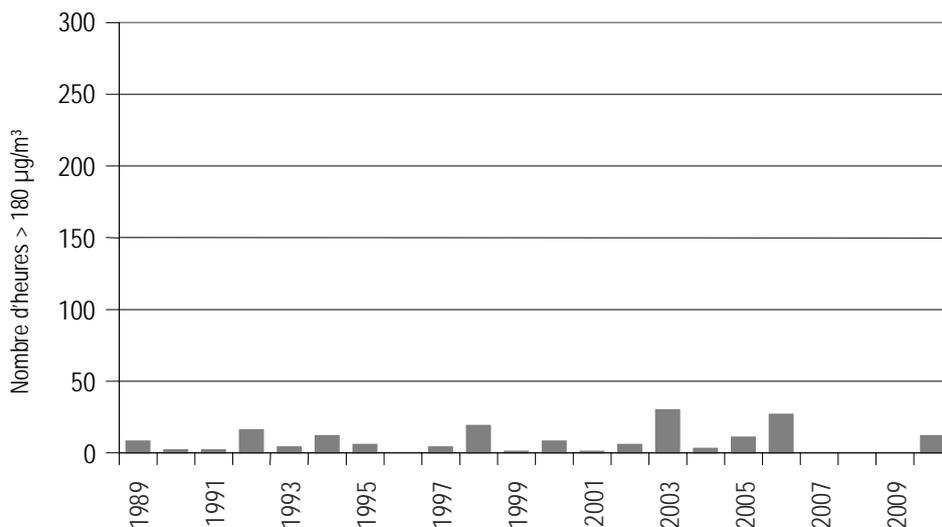


Fig. 10 Pollution par l’ozone au nord des Alpes:
nombre d’heures où la concentration d’ozone a dépassé 180 µg/m³ à Zurich



3.2.3 Pics moins fréquents, mais hausse de la pollution de fond dans les villes

Dans les années 1980, on mesurait encore régulièrement des concentrations d’ozone supérieures à 200 µg/m³. Depuis 1990, les *pics de pollution* ont diminué de 10 à 20 % dans les agglomérations et dans les sites ruraux sur les deux versants des Alpes. Cette tendance à la baisse du nombre de pics de la moyenne horaire apparaît clairement dans les figures 11 et 12 (Lugano et Zurich).

Fig. 11 Pollution par l'ozone à Lugano

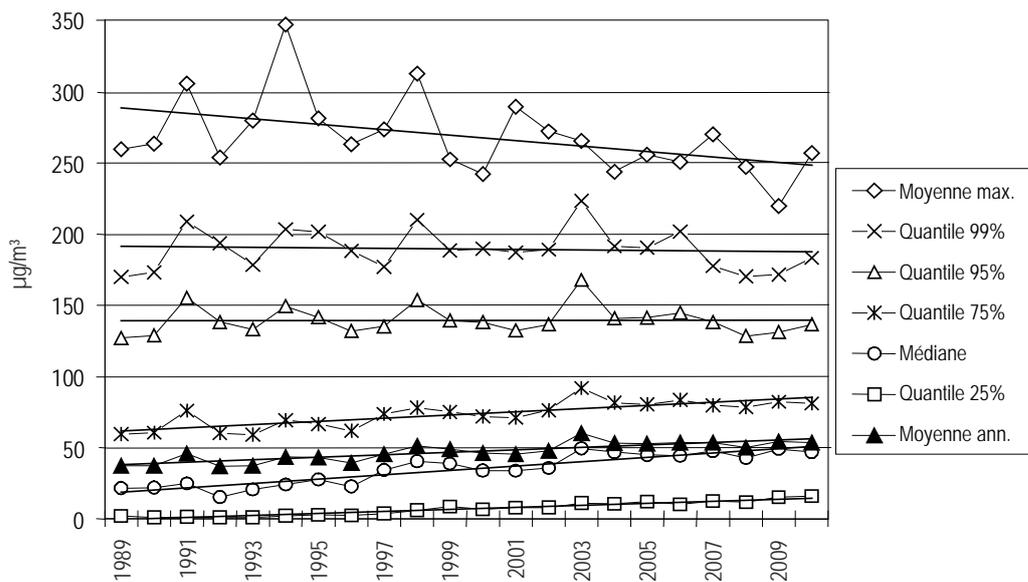
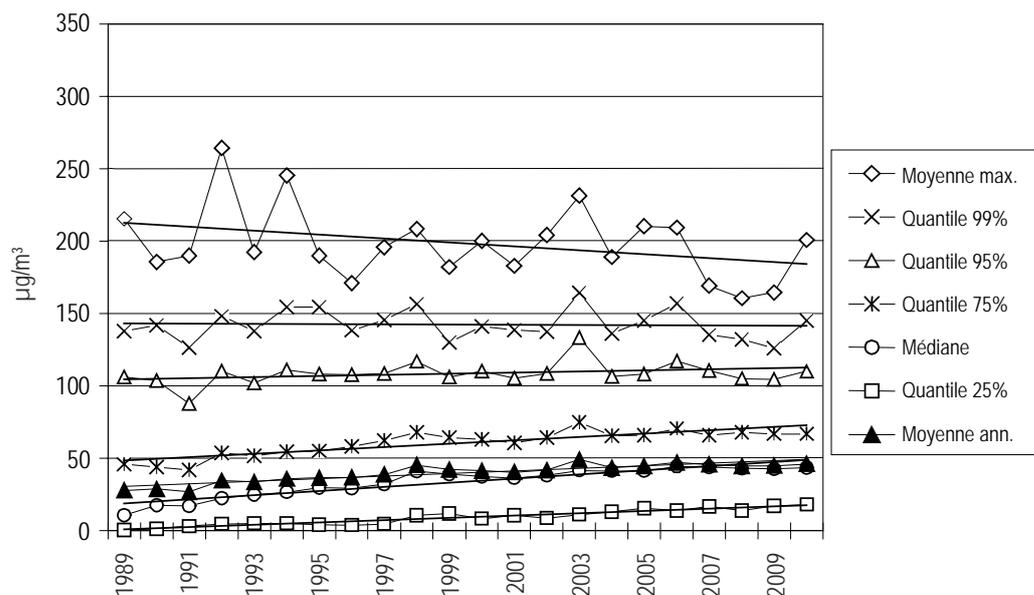


Fig. 12 Pollution par l'ozone à Zurich



Les conclusions concernant la diminution des pics de pollution ne se basent toutefois que sur un nombre limité de mesures et ne sont pas statistiquement significatives. On ne constate ainsi plus aucun abaissement dès le quantile 99 %².

Soulignons surtout que cette diminution des pics de pollution s'avère nettement moins sensible que celle des émissions de polluants précurseurs (NO_x et COV), que l'on est parvenu à réduire en Suisse de 50 % environ et, respectivement, de plus de 60 % depuis le milieu des années 1980. L'écart s'explique par la complexité du cycle de vie de l'ozone, qui se forme pendant la journée et se dégrade durant la nuit. Ces phénomènes ne sont pas proportionnels aux émissions et aux concentrations des précurseurs.

² Par quantile, il faut entendre la valeur au-dessous de laquelle se situe un certain pourcentage de toutes les mesures. Le quantile 95 % des moyennes horaires indique par exemple la valeur au-dessous de laquelle se situent 95 % de toutes les moyennes horaires, les 5 % restants se trouvant au-dessus.

D'un côté, on est certes parvenu à abaisser sensiblement la concentration de monoxyde d'azote (NO), qui dégrade l'ozone surtout pendant la nuit. Or ce succès a accru la charge de fond en ozone dans les villes. D'un autre côté, on n'a pas obtenu une réduction correspondante des concentrations de dioxyde d'azote (NO₂), principal responsable, sous l'effet de rayonnement solaire, de la formation d'ozone pendant la journée. Le potentiel de formation locale d'ozone n'a donc pas diminué d'autant que son potentiel de destruction. Des modélisations suggèrent néanmoins que, sans les efforts entrepris pour réduire les émissions des précurseurs, les pics de concentrations d'ozone seraient aujourd'hui de 10 à 20 % supérieurs, tant en Suisse que dans les autres pays de l'Europe.

Il est sans doute décevant de constater que la *charge totale* d'ozone a nettement moins diminué ces 20 dernières années que celle de tous les autres polluants (fig. 2). Contrairement aux courbes illustrant l'évolution des précurseurs (oxydes d'azote et COV), celles de l'ozone (fig. 7 et 8) ne dénotent aucune baisse. Les figures 11 et 12 révèlent même que les charges faibles à moyennes (jusqu'au quantile 75 %) ont au contraire augmenté à Lugano et à Zurich. Comme mentionné, cette hausse s'explique par l'abaissement des émissions de NO_x, mais aussi d'autres polluants atmosphériques participant à la dégradation de l'ozone. Le léger accroissement de la charge d'ozone dans les zones urbaines témoigne du succès de la politique de protection de l'air.

3.2.4 Pollution de fond et ses multiples facteurs

Dans les régions rurales, on observe une tendance similaire à celle des zones urbaines, mais elle est déterminée par l'accroissement généralisé des concentrations de fond d'ozone troposphérique. Si l'on ne considère, dans les stations suisses de montagne, que les jours où les concentrations de polluants primaires sont faibles, soit les jours où l'air descend de la troposphère libre jusqu'à l'altitude de la station, on constate une hausse encore plus forte des concentrations moyennes d'ozone au cours des années 1990.

On ne dispose pour l'heure d'aucune hypothèse plausible pour expliquer la hausse de la charge de fond en ozone dans l'hémisphère Nord (ozone hémisphérique). Divers facteurs peuvent y contribuer: une formation accrue d'ozone dans la troposphère libre (due à l'apport de polluants anthropiques), mais aussi une dégradation moindre de l'ozone en fonction de la réduction des émissions de polluants primaires à proximité du sol. En raison de cette hausse généralisée, de faibles dépassements de la valeur limite horaire surviennent même lorsque la formation locale et régionale d'ozone est relativement modeste. Cela expliquerait pourquoi la diminution des fortes concentrations d'ozone ne conduit pas directement à une baisse du nombre des dépassements de la valeur limite.

La pollution de fond reflète la concentration d'ozone dans la troposphère libre, laquelle est influencée par les émissions à grande échelle (Europe ou hémisphère Nord) d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils, mais aussi de gaz à durée de vie plus longue, comme le méthane (CH₄) et le monoxyde de carbone (CO). Des modélisations révèlent que l'accroissement des émissions de NO_x, de CH₄ et de CO augmente la charge de fond en ozone de 1 µg/m³ par an.

La formation d'ozone étant notamment déterminée par la température et le rayonnement solaire, il importe aussi de tenir compte des possibles effets de la hausse des températures due à l'émission de gaz ayant un impact sur le climat (CO₂, CH₄, O₃, etc.) et du renforcement du rayonnement UV engendré par la détérioration de la couche d'ozone stratosphérique (CFC).

Soulignons de plus que les avions rejettent des polluants précurseurs de l'ozone directement dans la troposphère.

Ces dix dernières années, les moyennes annuelles des concentrations d'ozone ont indiqué une légère hausse (cf. chap. 4.1.2). Celle-ci est également perceptible dans les stations de montagne où les mesures ne subissent pas l'influence directe des émissions suisses, de sorte qu'il convient de la considérer comme un accroissement généralisé de la charge de fond. Les analyses de relevés effectués sur plusieurs années dans des stations rurales en Europe occidentale révèlent en général aussi une hausse des moyennes.

3.2.5 Cycle hebdomadaire de la pollution due à l'ozone: influence perceptible d'une réduction des émissions à grande échelle et impact minime des mesures ponctuelles

En été, les charges d'ozone sont en moyenne légèrement plus faibles le dimanche et le lundi que les autres jours de la semaine. La diminution généralisée des émissions de précurseurs de l'industrie et du trafic lourd exerce une influence différée, mais perceptible. La différence avoisine par exemple 5 % à la station de Tänikon (TG, zone rurale) du NABEL.

Si l'on parvenait à réduire nettement et largement les émissions d'oxydes d'azote et de COV de manière saisonnière ou alors juste avant ou pendant les périodes estivales de haute pression, on pourrait espérer diminuer en conséquence les immissions d'ozone. Les mesures requises devraient vraiment être mises en œuvre partout et à tous les niveaux.

A l'inverse, les mesures ponctuelles ne sont pas promises au succès. La limitation de vitesse imposée sur certains tronçons autoroutiers au Tessin durant l'été 2003 a certes réduit de 20 % environ la concentration des précurseurs de l'ozone à proximité immédiate des axes routiers, mais n'a guère eu d'effet sur la formation d'ozone à l'échelle régionale.

3.3 Perspectives

3.3.1 Récurrence de périodes de smog estival par beau temps

Selon les conditions météorologiques, il faudra encore s'attendre à des charges excessives d'ozone, c'est-à-dire à des périodes de smog estival, au cours des années à venir.

Les interventions prévues devraient néanmoins atténuer le problème: les mesures prises jusqu'ici aux niveaux national et international continueront à réduire les émissions des précurseurs de l'ozone. La Stratégie fédérale 2009 de protection de l'air (SFPA 2009) prévoit ensuite des mesures complémentaires destinées à préserver durablement la qualité de l'air. D'autres mesures complémentaires seront toutefois nécessaires (cf. chap. 4).

3.3.2 Prévisions à long terme (au-delà de 2020)

Malgré la réduction prévisible des concentrations de précurseurs, nous connaissons encore des périodes de smog estival au-delà de 2020. Il faut en outre s'attendre à des dépassements plus fréquents et plus importants des valeurs limites d'immission, car le réchauffement climatique global (cf. chap. 3.2.4) accentuera probablement la formation d'ozone: des périodes chaudes plus fréquentes et plus longues durant l'été augmenteront la charge totale d'ozone.

Un scénario élaboré par l'OMS indique ainsi que même la mise en œuvre de toutes les mesures adoptées jusqu'ici diminuerait de 10 à 20 %, tout au plus, le nombre de décès prématurés dus à l'ozone au sein de l'Union européenne (UE). Ce constat vaut en principe aussi pour la Suisse, les prévisions régionales de l'OMS étant toutefois plus favorables pour la Suisse que pour d'autres pays.

4 Mesures destinées à réduire l'ozone

4.1 Situation initiale

4.1.1 Objectifs, lacunes et principales sources de polluants

Depuis l'entrée en vigueur de la LPE, il a été possible d'inverser l'évolution des concentrations des précurseurs de l'ozone: les colonnes 3 et 4 de la fig. 2 montrent que les émissions d'oxydes d'azote et de COV non méthaniques ont considérablement diminué. Il reste néanmoins beaucoup à faire. Comme l'indique le tableau 1 ci-après, il faut encore réduire sensiblement ces émissions par rapport à 2005 (de 50 % environ pour les oxydes d'azote et de 20 à 30 % pour les COV), afin d'atteindre l'objectif fixé pour l'ozone, à savoir le respect de la valeur limite d'immission.

Le meilleur moyen de résoudre le problème du smog estival consiste à diminuer de manière conséquente les deux précurseurs de ce gaz irritant. Il importe aussi de réduire à grande échelle les émissions de méthane et de monoxyde de carbone. La Suisse continue par ailleurs à œuvrer pour renforcer le Protocole de Göteborg, afin que d'autres pays réduisent également leurs émissions de polluants.

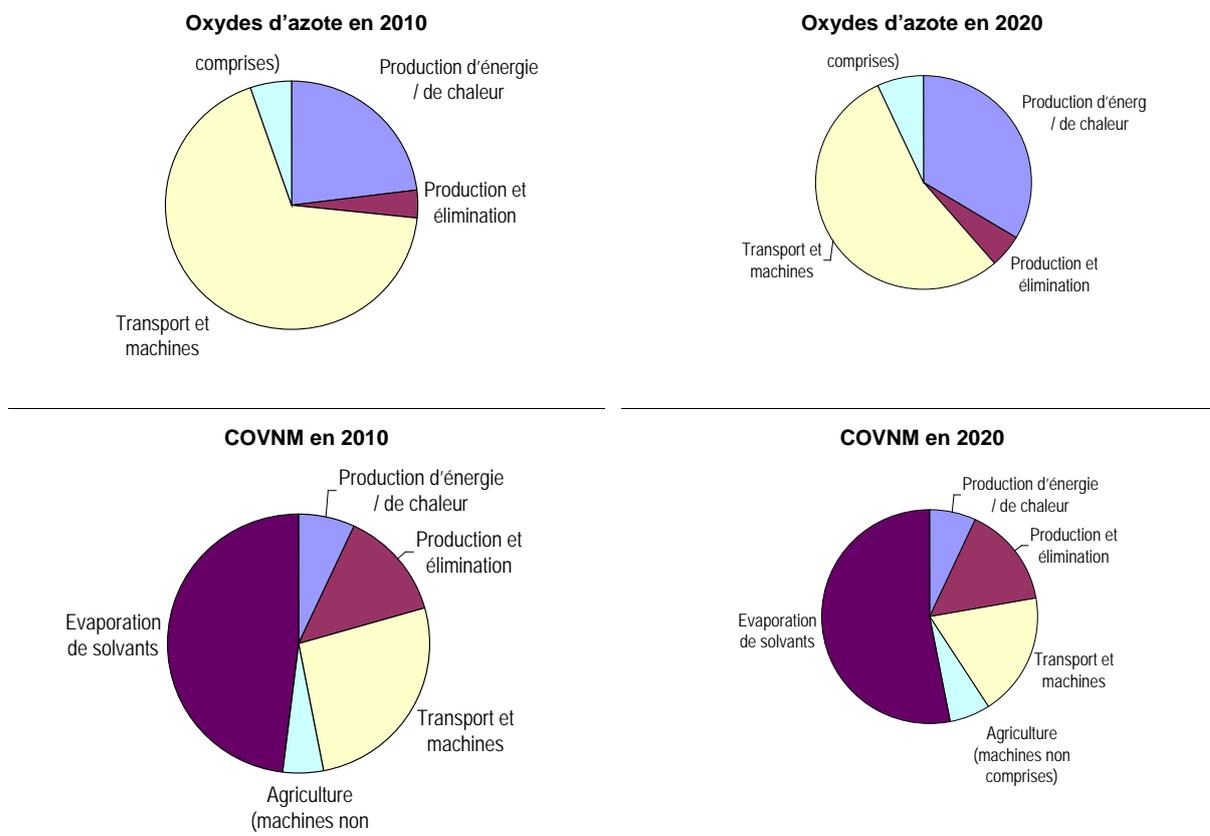
Tab. 1 Réductions minimales requises selon la Stratégie fédérale 2009 de protection de l'air

Polluant	Réduction minimale par rapport aux émissions mesurées en 2005	Estimation à partir de l'objectif de protection
Oxydes d'azote (NO _x)	environ 50 %	charge critique pour l'acidification ozone: valeur limite d'immission
Composés organiques volatils (COV)	20–30 %	ozone: valeur limite d'immission
Poussières fines (PM10)	environ 45 %	PM10: valeur limite d'immission
Ammoniac (NH ₃)	environ 40 %	charge critique pour l'azote nutritif
Substances cancérigènes (suie, p. ex.)	autant que possible sur le plan technique et dans le respect du principe de la proportionnalité	

La figure 13 illustre les *quotes-parts* des deux principaux groupes de polluants précurseurs de l'ozone (oxydes d'azote et composés organiques volatils) en 2010 et en 2020 (sur la base de projections). Au cours de la période considérée, ces quotes-parts évoluent sous l'effet des mesures déjà appliquées et de celles encore prévues, comme celles décrites dans le rapport publié en 2009 par le Conseil fédéral (SFPA 2009).

Fig. 13 Sources des émissions de polluants critiques en 2010 et en 2020 (projections)

Les différences de quote-part des diverses sources entre 2010 et 2020 reflètent les variations des émissions.



4.1.2 Pollution de fond et étendue du problème de l'ozone

N'ayant cessé de s'accroître au fil des ans, la charge de fond en ozone a plus que doublé depuis les années 1950. Si nous ne parvenons pas à infléchir cette tendance, il sera difficile, à l'avenir, de respecter les valeurs limites d'immission fixées par l'OPair pour l'ozone, même si les émissions des précurseurs continuent de diminuer au plan national au cours des années à venir.

L'accroissement de la charge de fond s'explique notamment par l'ampleur du problème que constituent les immissions excessives d'ozone. Le niveau de cette charge (ozone naturel non compris) est en effet déterminé par les émissions de tout le continent européen et, dans une moindre mesure, par l'ensemble des émissions dans l'hémisphère Nord (Amérique du Nord p. ex.). Cette pollution se compose d'abord de l'ozone qui se forme dans les couches d'air proches du sol durant les périodes de smog estival, avant d'être emporté vers les couches supérieures. Une partie importante serait cependant constituée par l'ozone qui se forme plus lentement dans la troposphère libre à partir de polluants précurseurs provenant des couches d'air inférieures ou libérés directement à cette altitude par les avions. Selon des modélisations, le trafic aérien était, en 1987, à l'origine de 10 % environ des quantités d'ozone présent dans la troposphère libre. Actuellement, sa part de responsabilité est sans doute nettement plus importante, car le trafic aérien s'est beaucoup densifié et qu'il a été possible de réduire une partie des émissions dans les couches d'air proches du sol. Nous ne disposons toutefois pas de données précises sur ce point.

La Suisse ne peut pas résoudre à elle seule le problème de l'accroissement de l'ozone de fond. Les autres pays doivent également maintenir les efforts pour diminuer la pollution. En effet, seule une action internationale concertée sera à même de réduire les émissions des précurseurs de l'ozone à l'échelle requise (cf. chap. 4.3.4).

4.1.3 Interactions entre préservation du climat et protection de l'air

Outre le CO₂, diverses autres substances interviennent dans le réchauffement climatique. Parmi elles figure l'ozone, qui est aussi un gaz à effet de serre. Réduire la charge d'ozone en vue d'atteindre les objectifs de la protection de l'air profite donc directement à la préservation du climat. De même, la diminution des émissions de méthane (CH₄), particulièrement cruciale pour préserver le climat, contribue aussi à réduire la charge de fond mondiale en ozone et à atténuer ainsi la pollution atmosphérique.

4.1.4 Aperçu des moyens pour combattre les charges excessives d'ozone

Les principales mesures envisageables pour réduire la pollution due au smog estival en Suisse sont présentées dans le tableau 2 ci-dessous.

Tab. 2 Mesures permettant de réduire la charge d'ozone

Durée des mesures	Niveau d'intervention
A l'année – durables	<ul style="list-style-type: none"> • International – Europe, Amérique du Nord, Asie • National – Confédération • Régional – cantons • Local – communes
Au mois – saisonnières, estivales	<ul style="list-style-type: none"> • Régional – à titre préventif au début de la saison où la charge d'ozone est maximale
A la journée	<ul style="list-style-type: none"> • Local ou régional – intervention immédiate en cas de pics d'ozone

Des mesures efficaces sur le long terme s'imposent aux niveaux international, national, régional et local afin de réduire la charge de fond dans l'hémisphère Nord, l'ozone réservoir européen, l'ozone de fond en Europe, ainsi que les charges locales d'ozone.

Pour diminuer la pollution de fond hémisphérique, il importe de prendre des mesures destinées à réduire les émissions de méthane et de monoxyde de carbone, tandis que pour réduire la charge locale d'ozone et l'ozone réservoir européen (auquel participent les émissions suisses) il faudrait cibler en priorité la réduction des concentrations de NO₂ et de COV.

La mise en œuvre des mesures incombe aussi bien à la Confédération (poursuite de la stratégie de protection de l'air, application de l'OPair, y compris la limitation plus sévère des émissions) qu'aux cantons (application de l'OPair, poursuite des plans de mesures, propositions au Conseil fédéral). Dans le cadre de la Convention de Genève (CEE-ONU) sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, la Suisse doit en outre continuer à s'engager pour des limitations strictes des émissions et des mesures efficaces afin de réduire les précurseurs de l'ozone, en particulier les NO_x et les COV (cf. chap. 4.3.4).

Les mesures saisonnières préventives ne permettent d'espérer une certaine baisse des pics d'ozone que si elles parviennent à réduire considérablement les rejets des précurseurs de manière généralisée. L'efficacité de ces mesures temporaires dépend de leur portée géographique, de leur durée, de leur structure et de leur impact. Mieux la mesure est accueillie par la population et les intéressés, meilleure sera la mise en œuvre. Prises en été, à l'échelle régionale et à titre préventif, ces mesures peuvent contribuer à abaisser la charge de NO_x et de COV et à atténuer la charge d'ozone, afin d'apporter un certain soulagement r aux groupes de personnes sensibles. Néanmoins, ces mesures ne peuvent pas cerner les causes du problème.

La Commission fédérale de l'hygiène de l'air considère que des mesures de ce type sont envisageables dans le sud du Tessin et en Lombardie, où le smog estival atteint toujours les valeurs les plus élevées.

Les mesures d'urgence à la journée, telle la limitation de la vitesse sur les autoroutes, qui ne sont déclenchées que lorsque les concentrations d'ozone dépassent un certain seuil et ne s'appliquent que sur un territoire relativement restreint pendant une période brève, n'exercent pas une influence décisive sur la charge d'ozone. Elles ne sont en effet pas à même d'abaisser les émissions des précurseurs dans une mesure suffisante et à large échelle. Des relevés effectués durant l'été 2003 ont montré que les concentrations d'ozone ne diminuent pas, même si la concentration des précurseurs diminue d'un tiers, voire plus, pendant un à deux jours. Ces mesures peuvent néanmoins amener la population à prendre conscience de cette pollution.

4.2 Associer mesures temporaires et mesures durables

Outre les mesures saisonnières, d'autres interventions s'imposent pour combattre les pics passagers d'ozone, qui ne sont d'ailleurs pas l'apanage du sud des Alpes (cf. chap. 4.1.4). Les situations d'urgence offrent néanmoins une bonne occasion d'amener le débat politique sur les mesures capables de réduire à long terme les émissions de polluants et d'abaisser ainsi la pollution de fond.

4.3 Mesures à même de réduire à long terme la pollution due à l'ozone

4.3.1 Axer les mesures à long terme sur les grandeurs déterminantes

On peut en général considérer que l'émission totale d'un polluant est le produit d'une activité donnée (tel le nombre de kilomètres parcourus) et d'une émission spécifique (nombre de grammes de NO_x par kilomètre parcouru).

En principe, il est donc possible d'exercer une influence sur l'émission d'un polluant en modifiant soit l'activité soit l'émission spécifique.

Les oxydes d'azote se forment principalement au cours de processus de combustion destinés à la production d'énergie de chauffage (chauffage de locaux, chaleur industrielle, eau chaude) et à la mobilité (transports, machines). Les émissions de COV sont surtout à mettre sur le compte de phénomènes d'évaporation (utilisation de solvants, transvasement de carburants), seule une part modeste étant un produit secondaire de la combustion des moteurs.

En partant des quotes-parts des diverses sources polluantes (diagrammes circulaires de la fig. 13), on obtient les paramètres clés des principales catégories de précurseurs (oxydes d'azote et COV) et les moyens de les influencer. Les voici:

1. Transports et machines

– Prestations de transport

La prestation de transport étant déterminée par la démographie, le développement du territoire et la conjoncture économique, de même que par le comportement des individus et des acteurs économiques, la gestion du territoire et la gestion des transports peuvent exercer une influence sur son évolution. La dissémination de l'habitat et la construction d'installations à forte fréquentation, ainsi que l'extension du réseau routier et une offre élevée de places de stationnement stimulent l'accroissement du trafic motorisé individuel.

– Répartition modale

Dans le transport de personnes, la répartition modale (répartition du trafic entre différents modes de transport) dépend de l'offre de transports publics, des prix et du choix individuel. Voici les moyens qui permettent de l'influencer: développement de l'infrastructure, aménagement des horaires et struc-

ture tarifaire des transports publics, révision des taxes et de la redevance sur les carburants et diffusion d'informations. Dans le transport de marchandises, ce sont les coûts des trajets, les capacités, la vitesse et la logistique (feroutage ou transport de conteneurs, p. ex.) qui jouent un rôle décisif.

– *Polluants présents dans les gaz d'échappement*

La concentration de polluants dans les gaz d'échappement des véhicules à moteur et des machines dépend du niveau de la technique et des prescriptions légales en vigueur. Il est possible de l'influencer par des prescriptions harmonisées sur le plan international, un renforcement des prescriptions nationales, la promotion de la recherche et développement, des incitations financières visant à améliorer les équipements et l'offre de machines et de véhicules peu polluants.

2. Production d'énergie et de chaleur

– *Consommation d'énergie*

Elle dépend de l'évolution démographique, de la conjoncture économique, de la production d'eau chaude et de vapeur, du volume des locaux à chauffer ainsi que des machines et des appareils utilisés. L'efficacité énergétique revêt ici une importance primordiale.

– *Efficacité énergétique*

Elle est déterminée par le niveau de la technique, le milieu bâti (isolation), les appareils (pertes dues à la mise en veille, p. ex.) et les procédés mis en œuvre. Sont en mesure de l'influencer les prescriptions légales, les prix de l'énergie et la diffusion d'informations.

– *Mix énergétique*

La production d'énergie et le mode d'utilisation des agents énergétiques influent largement sur l'émission de divers polluants. La structure du mix énergétique dépend du niveau de la technique et du coût des différents agents énergétiques. Voici les moyens permettant d'agir sur cette structure: mesures financières privilégiant le recours à certains agents énergétiques, promotion de la recherche et développement, diffusion d'informations, conseils, formation et prescriptions (part minimale d'énergies renouvelables dans les nouveaux bâtiments, p. ex.).

– *Polluants dans les effluents gazeux de la combustion*

La quantité de polluants émis par la production d'énergie utile dépend de l'agent énergétique utilisé, du niveau de la technique, des prescriptions légales et du comportement des utilisateurs (installations de combustion alimentées manuellement, p. ex.). Les moyens d'influer sur cette quantité comprennent des prescriptions de production harmonisées au plan international, des limitations nationales des émissions, la promotion de la recherche et développement, la diffusion d'information et les contrôles.

3. Production et élimination

– *Cycle des matériaux*

La quantité de matériaux en circulation est fonction de la situation économique et des modes de consommation. C'est surtout au niveau de l'élimination qu'il est possible d'intervenir: prescriptions destinées à éviter, à trier et à recycler les déchets, incinération avant la mise en décharge, conclusion de conventions et diffusion d'informations.

– *Polluants dans la production et l'élimination*

Leur présence dépend du niveau de la technique et des consignes légales et est influencée par les prescriptions et les programmes nationaux en matière d'émissions.

4. Evaporation des solvants

– *Utilisation des solvants et leur teneur dans les produits*

Le recours à des solvants et leur teneur dans les produits sont fonction des consignes légales, des autres solutions envisageables et des prix. Prescriptions légales, incitations financières et conseils d'utilisation peuvent avoir prise dans ce domaine.

– *Pertes de solvants*

Les pertes enregistrées lors de l'utilisation de solvants ou de produits contenant des solvants dépendent du niveau de la technique et des exigences légales. Elles peuvent être influencées par des prescriptions, des redevances, la promotion de la recherche et développement et des conseils.

4.3.2 Mesures découlant de la loi sur la protection de l'environnement

Parmi les mesures à appliquer en priorité pour réduire à long terme la pollution due à l'ozone, les limitations des émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils (COV), fondées sur la LPE, figurent au premier plan. Ces limitations sont édictées ou ordonnées sous forme de valeurs limites d'émissions ou de diverses prescriptions (sur la construction et l'équipement, le trafic et l'exploitation, les combustibles et les carburants; art. 12 LPE).

Indépendamment de la pollution existante, on veillera, à titre préventif, à prendre toutes les mesures réalisables sur le plan de la technique et de l'exploitation et économiquement supportables. Lorsque la charge d'ozone est excessive, il importe en outre d'appliquer des limitations des émissions plus sévères, tout en respectant le principe de proportionnalité. Pour garantir à long terme l'efficacité des limitations, les émissions feront, conformément à l'art. 45 LPE et dans la mesure où cela est nécessaire, possible et utile, l'objet de contrôles réguliers, voire de contrôles continus, tout au long de l'utilisation ou de l'exploitation des installations.

Il convient ensuite de se rappeler que l'art. 4 LPE exige que les prescriptions relatives à l'hygiène de l'air fondées sur d'autres textes légaux, telle la loi fédérale sur la circulation routière (LCR), respectent la stratégie en deux étapes de protection contre les immissions selon la LPE. Les exigences toujours plus sévères imposées, en application des normes Euro de l'UE, aux véhicules à moteur pour réduire leurs rejets gazeux polluants, ont joué un rôle crucial par le passé. Elles le conserveront à l'avenir, même si la diminution de ces rejets est partiellement annulée par la forte hausse des prestations de transport. Relevons par ailleurs qu'il faut attendre un certain temps pour que des exigences plus sévères se traduisent par des réductions nettement perceptibles des émissions.

La taxe d'incitation sur les COV au sens de l'art. 35a LPE, constitue un autre instrument important, financier celui-là, qui complète efficacement les limitations des émissions selon l'art. 12 LPE.

Les longues séries de mesures standardisées fournies par le réseau NABEL offrent en outre un moyen des plus précieux pour déterminer l'évolution des charges polluantes à long terme. Étroitement associé à la stratégie de protection de l'air et à sa mise en œuvre, le réseau cible en effet ses activités en fonction des besoins. Les relevés d'émissions et les registres des polluants constituent d'autres outils essentiels: très utiles pour contrôler les résultats, ils permettent d'informer de façon précise et fiable tant les décideurs politiques que le grand public.

Parmi les mesures à mettre en œuvre à l'aide des instruments créés par la loi sur la protection de l'environnement, il convient de fixer les priorités suivantes:

- *Oxydes d'azote*: Il importe d'abaisser les valeurs limites pour les effluents gazeux de tous les véhicules et machines, en particulier des moteurs diesel, en tenant compte des derniers progrès techniques. Concernant le trafic aérien, il est urgent d'adapter les taxes d'atterrissage basées sur le niveau polluant des appareils. Dans l'industrie, on réduira encore sensiblement les émissions des grandes installations de combustion et des moteurs stationnaires. Enfin, il convient d'élaborer des moyens relevant de la technique et de l'exploitation afin d'abaisser les émissions d'oxydes d'azote dans l'agriculture. Ces mesures amélioreront la situation sur le front du trafic et des machines.
- *Composés organiques volatils*: Il faut axer les mesures sur les solvants et adopter des prescriptions plus sévères sur les gaz d'échappement des motos et cyclomoteurs, notamment des moteurs à deux temps. Les véhicules recelant ici le potentiel de réduction le plus grand, ce sont les sources polluantes originaires du trafic et des machines qui diminueront le plus.

4.3.3 Mesures dans d'autres domaines politiques

Les mesures destinées à limiter les émissions au sens de l'art. 12 LPE et la taxe d'incitation sur les COV au sens de l'art. 35a LPE ne suffiront toutefois pas à elles seules pour abaisser les émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils dans la mesure nécessaire. Il importe dès lors d'intervenir également dans d'autres domaines politiques. Voici les principaux points à considérer.

- Miser davantage sur les synergies entre protection de l'air et politiques climatique et énergétique, éviter autant que possible les conflits d'intérêts.
 - D'importantes synergies existent entre protection de l'air et sauvegarde du climat: la réduction de la consommation de combustibles et de carburants diminue en général les émissions de polluants atmosphériques, tandis que l'abaissement des charges d'ozone et des particules de suie exerce rapidement une influence favorable sur le climat. La Suisse a déjà beaucoup entrepris dans ce domaine.
 - Elle doit à présent prendre des mesures appropriées afin d'exploiter les synergies entre politique de protection de l'air et politiques énergétique et climatique. Les mesures destinées à réduire les émissions de suie, d'ozone troposphérique et de méthane ont des effets gagnant-gagnant à court et à moyen terme et il convient dès lors de leur accorder la priorité.
 - Dans certains cas (lorsque la réduction des émissions de polluants atmosphériques exige beaucoup d'énergie, p. ex.), des conflits d'intérêts risquent néanmoins de surgir et il sera nécessaire d'adapter quelques dispositions de l'OPair. Les subventions publiques dans le domaine énergétique devraient par ailleurs se concentrer sur des mesures ayant un impact positif, aussi bien sur le climat que sur la qualité de l'air et, de ce fait, sur la santé humaine et la végétation.
- Mieux harmoniser les décisions et la politique des infrastructures avec les objectifs de la protection de l'air et d'adapter davantage les instruments de la protection de l'air au territoire.
 - Le manque de coordination entre la politique des infrastructures et les impératifs de la protection de l'air et de la préservation du climat constitue l'une des principales entraves à un succès durable des efforts consentis dans ces deux derniers domaines. Il empêche notamment les fortes synergies qui existent entre les objectifs de l'aménagement du territoire et ceux des politiques climatiques et de la protection de l'air de déployer tous leurs effets.
 - Ici, il faut surtout veiller à prévenir la dissémination de l'habitat et l'extension du réseau routier. On y parviendra en imposant des critères d'efficacité à la planification et en soumettant à autorisation la partie des plans cantonaux de mesures qui traite du trafic sur les routes nationales. Il convient par ailleurs de maintenir et d'élargir les changements introduits dans le cadre des projets d'agglomération.
- Inclure une composante écologique dans les régimes financier et fiscal.
 - A moyen terme, il importe d'écologiser le système fiscal suisse. Dans un premier temps, il s'agirait d'optimiser les taxes d'incitation actuelles, d'ajouter des composantes écologiques à d'autres redevances existantes et de supprimer les allègements fiscaux contreproductifs.
 - Pour adresser un message approprié aux consommateurs, il convient par ailleurs de tenir compte des coûts externes dans la définition des prix d'utilisation des infrastructures et des services mis à disposition par l'Etat.
 - Les mesures de promotion dans les autres secteurs (énergie, agriculture et transports, p. ex.) devraient servir à faire adopter de nouvelles technologies et s'harmoniser avec les objectifs de la protection de l'air.

4.3.4 Mesures internationales

La coopération internationale revêt, elle aussi, une grande importance, en particulier avec la CEE-ONU et l'UE. Pour la politique suisse de la protection de l'air, cette coopération représente une source inestimable d'idées et d'informations, par exemple sur l'évolution de la régulation ou l'application de nouvelles technologies. La Suisse peut, de son côté, mettre son savoir et son expérience à disposition et contribuer ainsi aux progrès de la protection de l'air. Soulignons que c'est surtout dans le cas de l'ozone que les immissions mesurées en Suisse dépendent des efforts (et de leur évolution) consentis par les pays voisins (cf. chap. 4.1.2).

Voilà pourquoi il faut exploiter le potentiel de mesures transfrontières et harmoniser les diverses mesures internationales. Grâce à la Convention de Genève (Europe, Etats-Unis et Canada) sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et à la directive européenne destinée à limiter les émissions, des premiers pas importants ont déjà été franchis en vue de diminuer les émissions de précurseurs à une large échelle. En signant le Protocole de Göteborg à la Convention de Genève, trente-et-un Etats se sont ainsi engagés à réduire d'ici 2010 leurs émissions de NO_x et de COV de 40 à 60 % par rapport au niveau de 1990. L'engagement pris par la Suisse (exprimé en kilotonnes) correspond à une réduction de 50 % environ de ces deux groupes de polluants, et la Suisse sera probablement en mesure de s'y tenir (un bilan final reste encore à établir). Les pays voisins (Autriche, Allemagne, Italie et France), dont les émissions exercent la plus grande influence sur la formation d'ozone en Suisse, se sont engagés à atteindre des objectifs similaires.

Pour inhiber l'accroissement de la charge de fond en ozone, il faudrait toutefois réduire, à l'échelle internationale, les émissions des précurseurs que sont le NO_x et les COV de 70 à 80 % par rapport aux émissions enregistrées au cours de la première moitié des années 1980. Aussi les négociations actuellement en cours visent-elles à renforcer les engagements déjà pris et à fixer de nouvelles limitations contraignantes des émissions pour 2020, de même qu'à inclure davantage l'ozone dans le Protocole de Kyoto. La CFHA appelle donc les services compétents de la Confédération à intensifier les efforts entrepris jusqu'ici pour mettre en place des réglementations internationales efficaces.

4.4 Mesures temporaires en cas de pics de pollution

4.4.1 Mesures saisonnières

Le programme de lutte contre le smog estival se fonde sur l'application des limitations préventives des émissions au sens de l'ordonnance sur la protection de l'air et des autres prescriptions légales sur la protection contre les immissions, en particulier celles contenues dans la législation régissant les véhicules (cf. chap. 4.3.2 et 4.3.3). Là où les immissions sont excessives, il incombe aux plans de mesures cantonaux de veiller à atténuer la pollution par l'ozone. La lutte contre le smog estival repose avant tout sur ces mesures capables de réduire la pollution à long terme.

Outre les mesures durables, des mesures temporaires, *appliquées pendant plusieurs mois ou durant tout l'été et non seulement de manière ponctuelle, ainsi que sur une région élargie*, sont également à même d'atténuer le problème du smog estival et les atteintes à la santé de la population.

Des modélisations révèlent que de telles mesures permettent de réduire de 8 à 12 % les émissions de NO_x et de COV du trafic routier, mais que même en combinant plusieurs mesures on n'obtient qu'une baisse minimale des pics de pollution par l'ozone (1 à 2 %). Une autre mesure saisonnière consiste à promouvoir les transports publics, par exemple en abaissant leur prix. De telles solutions permettent en effet de réduire la charge totale due au mélange des polluants contenus dans le smog estival. Compte tenu de l'impact combiné de ces polluants, elles exercent une influence positive sur la santé de la population. La CFHA estime que

les conditions requises pour appliquer de telles mesures devraient privilégier surtout la région concernant le sud du Tessin et la Lombardie, car c'est la région où les concentrations de smog sont les plus élevées.

Au terme de longues discussions, la Conférence suisse des directeurs cantonaux des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement (DTAP) s'est opposée à des interventions spécifiques contre le smog estival. Elle renonce notamment à l'introduction coordonnée au plan national de mesures immédiates et limitées dans le temps contre les charges excessives d'ozone. Selon la DTAP, ces mesures interviennent trop tard et ne diminuent que de manière minimale les émissions des précurseurs de l'ozone. Outre les mesures durables, la DTAP prévoit néanmoins un programme d'information (cf. chap. 4.4.2), qui sera appliqué lors des périodes de smog estival où les concentrations d'ozone dépassent 150 % de la valeur limite d'immission (soit $>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Aucune mesure particulière n'est prévue lorsque ces concentrations se situent entre 120 et $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La pratique suisse correspond ainsi à celle en vigueur au sein de l'UE.

Selon la prise de position de la DTAP, un programme régional d'intervention pourrait toutefois être conçu pour le Tessin et le val Mesocco, afin de répondre à la situation particulière qui prévaut au sud des Alpes. Après vérification de l'efficacité de telles mesures, les autres régions concernées seront invitées à les mettre en œuvre.

4.4.2 Information et recommandations

Les autorités fédérales et cantonales diffusent en permanence des informations sur la qualité de l'air du pays en faisant paraître des bulletins d'information sur Internet (où l'on trouve également des cartes de la concentration d'ozone et des prévisions journalières), sur le Teletext ou par SMS. Un site Internet (www.ozone-info.ch) a par ailleurs été créé afin de mieux harmoniser les informations. Visant à renseigner et à sensibiliser la population, ce site fournit aussi des données actualisées aux spécialistes. Quelques journaux publient les concentrations d'ozone durant l'été.

De l'avis de la CFHA, la population suisse doit être informée de manière appropriée, au sens de l'art. 6 LPE, au début de la saison de fortes concentrations d'ozone et durant les périodes de smog estival, en fonction du niveau des valeurs d'immission. Dans la directive 2002/3/CE relative à l'ozone dans l'air ambiant, remplacé par la directive 2008/50/CE, l'UE a fixé un «seuil d'information» de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne horaire). Dans le plan d'intervention de la DTAP, l'atteinte du même seuil déclenche la diffusion d'informations spécifiques:

1. Information sur le niveau de pollution et son évolution
2. Effets de l'ozone et conseils de comportement individuel
3. Recommandations concernant les mesures individuelles
4. Autres étapes et renseignements

Les personnes sensibles, dont la LPE exige expressément la prise en considération, réagissent toutefois même lorsque les concentrations d'ozone dans l'air ambiant sont inférieures à $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La CFHA estime par conséquent inutile d'inscrire un seuil similaire à celui de l'UE dans l'ordonnance sur la protection de l'air. Elle préfère formuler les recommandations suivantes quant au comportement à adopter en cas de charges excessives d'ozone et concernant l'évaluation des valeurs d'immission:

1. Il n'est pas nécessaire de conseiller de manière générale de ne pas sortir en cas de concentration élevée d'ozone.
2. En été, les activités sportives, les sports d'endurance et les autres efforts physiques intenses en plein air devraient de préférence être prévus le matin ou après le coucher du soleil, lorsque les concentrations d'ozone sont habituellement plus faibles. Il ne faut pas contraindre les personnes qui se plaignent de problèmes liés à l'ozone d'effectuer des efforts physiques.

3. Les personnes qui souffrent d'affections récurrentes devraient consulter un médecin pour établir la cause des symptômes.
4. Voici le schéma sur lequel se baser pour diffuser des informations sur le niveau de pollution (les valeurs indiquées correspondent à la moyenne horaire maximale):
 - Valeurs inférieures à 120 µg/m³, soit un niveau de pollution inférieur à la valeur limite inscrite dans l'annexe 7 OPAir: «pollution atmosphérique négligeable à modérée». Il n'y a pas ou peu d'effets à craindre sur la santé.
 - Valeurs situées entre 120 et 180 µg/m³, soit un niveau de pollution 1,5 fois supérieur à la valeur limite définie par l'OPair: «pollution atmosphérique marquée». Les personnes sensibles vont probablement ressentir une irritation des muqueuses (yeux, nez, gorge). En cas d'activités physiques en plein air, il y a un risque de légère diminution des fonctions pulmonaires chez les enfants, les jeunes et les adultes sensibles. Valeurs situées entre 180 et 240 µg/m³, soit un niveau de pollution pouvant atteindre le double de la valeur limite de l'OPair: «pollution atmosphérique élevée». Probabilité accrue d'irritation des muqueuses. En cas d'activités physiques en plein air, on peut s'attendre à une réduction de la fonction pulmonaire pouvant aller de 5 à 10 % chez les enfants, les jeunes et les adultes sensibles.
 - Valeurs supérieures à 240 µg/m³, soit un niveau de pollution supérieur au double de la valeur limite de l'OPair: «pollution atmosphérique très élevée». Probabilité fortement accrue d'irritation des muqueuses. En cas d'activités physiques intenses en plein air, la fonction pulmonaire est réduite de 15 % environ. Cette réduction touche toute la population et peut aller jusqu'à 30 % ou plus chez les personnes sensibles.
5. Si le seuil de 180 µg/m³ est atteint, les autorités informent la population de manière active.
6. Ajoutée à la chaleur, la pollution de l'air par les NO_x, les COV et les PM10 peut renforcer les effets nocifs et constituer un risque potentiel supplémentaire pour la santé.

4.5 Mesures individuelles

Des mesures volontaires prises par la population doivent accompagner les mesures à long terme (cf. chap. 4.2) et les éventuelles mesures saisonnières (cf. chap. 4.4). La CFHA invite tous les habitants à contribuer personnellement, par son comportement, à la réduction des émissions de NO_x et de COV. Voici ce que chaque personne peut entreprendre:

- Se déplacer à pied, aller à vélo et utiliser le plus souvent possible les transports publics.
- Eviter d'utiliser la voiture pour parcourir des courts trajets.
- Utiliser des produits sans solvants ou contenant peu de solvants (peintures, vernis, détergents, colles, sprays et produits de protection du bois).
- Privilégier le covoiturage au lieu de rouler seule en voiture.
- Réduire la vitesse, adopter une conduite écologique.
- Rouler avec un scooter, un cyclomoteur ou une moto équipée d'un moteur à quatre temps ou d'un moteur électrique.
- Préférer des engins dotés d'un moteur électrique ou à quatre temps aux engins avec un moteur à deux temps pour le jardinage et les activités de loisirs. Lorsqu'il est impossible de se passer d'un moteur à deux temps, employer une essence spécifique pour ces engins.
- Choisir des destinations proches pour les vacances, éviter les voyages en avion.
- Préférer les produits régionaux transportés sur de courtes distances.

5 Documentation

5.1 Avis précédents de la CFHA sur l'ozone

5.1.1 Le rapport de 1989

En 1989, la Commission fédérale de l'hygiène de l'air a publié son rapport *Ozone en Suisse*, qui traitait de l'ozone présent dans les couches d'air proches du sol et dans les couches inférieures de l'atmosphère (troposphère).³

Dans ce rapport, la CFHA établissait pour la première fois l'état des lieux des connaissances disponibles en Suisse sur la pollution due à l'ozone, en se fondant essentiellement sur les observations recueillies au cours de divers symposiums organisés l'année précédente. Le rapport présente d'une part les principales observations scientifiques sur la formation, le transport et la dégradation de l'ozone, ainsi que sur les effets de charges élevées d'ozone sur l'homme, les végétaux, les matériaux et le climat. Il fournissait par ailleurs des données sur l'ozone naturellement présent dans l'atmosphère et sur l'ozone anthropique, de même que sur la charge d'ozone mesurée par le réseau NABEL et le Programme national de recherche PNR14+ (Cycle, pollution de l'air et dépérissement des forêts en Suisse). A ces données s'ajoutaient encore des informations sur l'ozone à l'intérieur des bâtiments et sur l'ozone généré par les lignes à haute tension.

S'acquittant de son mandat, à savoir assister le Conseil fédéral en matière d'hygiène de l'air, la commission a aussitôt défini des critères pour évaluer les immissions d'ozone. Pour ce faire, elle a considéré les travaux les plus récents d'organismes internationaux tels que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ou la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) et les a confrontés avec les valeurs limites d'immission pour l'ozone (proche du sol) que le Conseil fédéral avait inscrites en 1985 dans l'annexe 7 de l'OPair. Elle a conclu que les exigences de qualité de l'air formulées au niveau international ne différaient guère, voire pas du tout, des objectifs fixés par l'ordonnance sur la protection de l'air. Elle a par ailleurs expliqué que les éventuelles différences résultaient du fait que les critères de la loi fédérale sur la protection de l'environnement réunissaient des exigences ambitieuses et qu'il fallait tenir compte d'autres réflexions, spécifiques aux conditions suisses, pour traduire les connaissances scientifiques en valeurs limites d'immission contraignantes.

La spécificité des exigences suisses concerne aussi bien la situation sur le terrain que les prescriptions légales. Vu la densité de population et l'exiguïté du territoire (les agglomérations jouxtant les zones rurales), il s'avère impossible d'établir une distinction entre les effets néfastes purement humains et les considérations éco-toxicologiques. Le droit suisse exige en outre que la fixation des valeurs limites d'immission tienne également compte de l'effet des émissions sur des catégories de personnes particulièrement sensibles telles que les enfants, les malades, les personnes âgées et les femmes enceintes (art. 13, al. 2, LPE). Au sujet des valeurs limites d'immission, lire le chapitre 2.4 ci-devant.

La commission a d'emblée et toujours souligné que le seul moyen efficace pour s'attaquer au problème du smog estival consiste à réduire les précurseurs de l'ozone, à savoir les oxydes d'azote et les hydrocarbures (composés organiques volatils, COV). Lire à ce sujet le chapitre 2.1. La première priorité revient donc aux mesures à long terme.

³ Il importe de distinguer l'ozone troposphérique de la couche d'ozone présente dans la stratosphère, dont les composés halogénés ont réduit la capacité naturelle à absorber le rayonnement UV. Le Protocole de Montréal, signée en 1989, a désormais mis en place des mesures efficaces pour enrayer cette évolution néfaste.

5.1.2 Les prises de position de 1993 et de 2004

La commission a par la suite émis des avis sur le problème du smog estival en 1993 et en 2004. Ces documents ont d'une part confirmé les observations et les recommandations du rapport de 1989 et mis d'autre part en évidence des évolutions particulières.

Se référant avant tout aux immissions d'ozone mesurées l'année précédente, la prise de position d'avril 1993 de la CFHA constatait que des dépassements des valeurs limites avaient été observés dans toute la Suisse, que la pollution n'avait pas atteint des pics extrêmes au nord des Alpes, malgré des mois plus chauds et plus ensoleillés que de coutume, mais que l'on avait malgré tout mesuré des concentrations d'ozone supérieures à 200 µg/m³ dans diverses régions du pays. Elle relevait ensuite que l'évolution de la pollution due à l'ozone correspondait aux données des modèles élaborés pour la formation d'ozone, c'est-à-dire que l'on n'avait pas observé de diminution générale des charges d'ozone, alors que les précurseurs avaient pu être réduits de 20 % environ par rapport aux émissions enregistrées durant la première moitié des années 1980. La CFHA reprenait en outre les résultats de recherches récentes, qui appuyaient aussi bien les connaissances présentées dans le rapport de 1989 que les stratégies élaborées sur leur base (nécessité de prendre des mesures durables). Elle se réjouissait ensuite de constater que la Suisse avait signé en 1991 le Protocole à la Convention de Genève élaboré dans le cadre de la CEE-ONU et ayant pour objectif de réduire les COV, après avoir ratifié, quelque temps auparavant, un accord similaire sur la réduction des oxydes d'azote. Les bases de la coopération internationale destinée à combattre la pollution par l'ozone étaient ainsi posées.

Plus de dix années plus tard, en 2004, la commission diffusait un avis détaillé sur le smog estival. Force lui fut alors de constater que, même si la Suisse et les autres pays étaient parvenus à réduire considérablement les émissions des précurseurs de l'ozone depuis le milieu des années 1980, la pollution due à ce gaz durant l'été excédait encore souvent et pendant de longues périodes les valeurs limites d'immission définies dans l'ordonnance sur la protection de l'air. Dans le cas particulier de la canicule de 2003, on a ainsi établi que, sur les quelques mille décès supplémentaires enregistrés de juin à août, 13 à 30 % étaient à mettre sur le compte de l'exposition excessive à l'ozone. La CFHA a dès lors préconisé, avec une certaine insistance, d'avancer rapidement sur la voie tracée. A ses yeux, il importait d'évaluer les mesures prises et d'en prévoir d'autres afin de combler les lacunes existantes. Outre les mesures durables, elle estimait judicieux d'appliquer des mesures saisonnières, même sur des périodes relativement longues, afin de contribuer quelque peu, à court terme et de manière ponctuelle, à l'abaissement de la pollution due au smog estival. La commission définissait ensuite des règles de base sur l'information à fournir à la population en fonction des concentrations d'ozone et, plus spécialement, sur les recommandations à diffuser par les autorités.

Depuis lors, la CFHA n'a plus consacré de publication à ce sujet particulier.

5.2 Prise de position de la Conférence suisse des directeurs cantonaux des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement

Ce sont surtout les cantons qui sont responsables de l'exécution des dispositions fédérales sur la protection de l'air. Conformément à l'art. 44a LPE, il leur incombe notamment d'élaborer des plans de mesures en cas de pollution atmosphérique excessive et d'édicter les limitations des émissions qui s'imposent (principalement celle de la deuxième étape, celle des mesures renforcées). Lorsque les concentrations d'ozone excèdent les limites, les cantons interviennent donc en première ligne.

Selon les particularités topographiques, les principales sources d'émission et les mesures déjà mises en place, l'impact du smog estival varie d'un canton à l'autre. Au début des années 2000, les cantons ont dès lors relevé le défi chacun à sa manière, les écarts observés étant notamment à mettre sur le compte d'appréciations politiques. Afin d'uniformiser la manière d'aborder le problème, la Conférence suisse des directeurs cantonaux des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement (DTAP) a

adopté à l'automne 2007 (puis revu et corrigé en février 2008) un plan d'action inter-cantonal qui prévoit une coordination de l'information pendant les périodes où le smog estival s'avère excessif et des interventions spécifiques en période de smog hivernal (cf. chap. 4.4.1).

5.3 Valeurs limites en Suisse et au sein de l'UE

Le 12 février 2002, l'Union européenne a adopté la directive 2002/3/CE relative à l'ozone dans l'air ambiant, que les Etats membres devaient intégrer dans leur législation nationale jusqu'en septembre 2003. Aujourd'hui, c'est la directive 2008/50/CE, qui englobe également l'ozone, qui s'applique. Définissant des valeurs cibles et des objectifs à long terme ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), elle fixe aussi un seuil d'information ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et un seuil d'alerte ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La valeur cible définie afin de protéger la santé humaine a été fixée à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une concentration moyenne sur huit heures (calculée à partir des moyennes horaires glissantes sur huit heures). Elle ne doit pas être dépassée plus de 25 fois par année civile. Calculée en moyenne sur trois ans, cette valeur devait être respectée dès 2010. L'objectif à long terme pour protéger la santé humaine est fixé à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur huit heures, aucun dépassement n'étant autorisé. Cet objectif assure à la population la même protection que les valeurs limites adoptées en Suisse. On peut en effet affirmer que le nombre de dépassements des valeurs moyennes sur huit heures correspond à peu près à un dixième des dépassements de la moyenne horaire (fig. 9). Un site suisse enregistrant 250 dépassements de la valeur limite d'immission ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, moyenne horaire maximale) en 2010 aurait donc tout juste respecté les exigences de l'UE pour l'année 2010, mais pas l'objectif à long terme. Ce constat révèle que la valeur cible de l'UE pour 2010 est encore fort loin de l'objectif de protection et qu'elle ne constitue qu'un objectif intermédiaire.

Pour protéger la végétation (plantes cultivées), l'UE a défini un AOT40 de $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par heure, la période de calcul de la moyenne allant de mai à juillet. L'AOT40 (somme de toutes les concentrations horaires d'ozone supérieures à 40 ppb exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par heure) désigne la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb ou parties par milliard) et $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durant une période donnée, en utilisant uniquement les moyennes horaires mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures (heure de l'Europe centrale). Si la concentration d'ozone est mesurée à la hauteur du peuplement végétal, les valeurs définies correspondent également à l'objectif inscrit dans la Convention de la CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (Convention de Genève) et s'appliquent donc aussi en Suisse.

5.4 Bases légales

Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (loi sur la protection de l'environnement, LPE), RS 814.01.

Constitution fédérale de la Confédération suisse du 18 avril 1999 (Cst.), RS 101.

Ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (OPair), RS 814.318.142.1.

Protocole du 18 novembre 1991 à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, de 1979, relatif à la lutte contre les émissions des composés organiques volatils ou leurs flux transfrontières (annexes comprises), RS 0.814.328.

Protocole du 30 novembre 1999 à la Convention de 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (Protocole de Göteborg), RS 0.814.327.

Protocole du 31 octobre 1988 à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de 1979, relatif à la lutte contre les émissions d'oxydes d'azote ou leurs flux transfrontières (annexe et déclaration comprises), RS 0.814.323.

Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe.

Convention du 13 novembre 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (Convention de Genève), RS 0.814.32.

5.5 Ouvrages et documents

Atmospheric Composition Change (ACCENT) – The European Network of Excellence 2005: Answers to Urbino questions. ACCENTs first policy-driven synthesis. Urbino.

Conférence suisse des directeurs cantonaux des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement (DTAP) 2008: Informations- und Interventionskonzept bei ausserordentlich hoher Luftbelastung. Disponible sur Internet: www.bpuk.ch >Thèmes > Environnement.

Bayer-Oglesby L., Grize L., Gassner M., Takken-Sahli K., Sennhauser F.H., Neu U., Schindler C., Braun-Fahrlander C. 2005: Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environ Health Perspect* 113 (11): 1632–1637.

Brönnimann S. 1997: Weekend–weekday differences of near-surface ozone concentrations for different meteorological conditions. *Atmos. Environ.* 31, 1127–1135.

Brönnimann S., Schuepbach E., Zanis P., Buchmann B., Wanner H 2000: A climatology of regional background ozone at different elevations in Switzerland (1992–1998). *Atmos. Environ.* 34, 5191–5198.

Office fédéral du développement territorial (ARE) et Office fédéral de l'environnement 2008: Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten.

Office fédéral de la protection de l'environnement (OFPE) 1986: Valeurs limites d'immissions pour les polluants atmosphériques. Cahier de l'environnement n° 52, Berne.

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) 1996: L'ozone troposphérique: Résultats des recherches actuelles. Conséquences pour la lutte contre la pollution de l'air. Cahier de l'environnement n° 277, Berne.

Conseil fédéral 2009: Stratégie fédérale de protection de l'air, rapport du 11 septembre 2009 faisant suite à la motion 00.3184 de la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie, FF 2009 5941.

Cercl'Air: L'ozone nuit!k Une plateforme Internet de la Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air et de l'OFEFP. Disponible sur Internet: www.ozone-info.ch Dervent D. 2003: Physical Linkages through Atmospheric Chemistry – Ozone. Workshop of the UNECE Task Force on Integrated Assessment Modelling. Laxenburg.

Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) 2011: 25 ans de protection de l'air selon la loi sur la protection de l'environnement, Berne. Disponible sur Internet: www.ekl.admin.ch > Documentation > Publications.

Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) 2004: Smog estival, Berne. Disponible sur Internet: www.ekl.admin.ch > Documentation > Publication.

Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) 1993: Ozon in der Schweiz 1993. Prise de position de la CFHA. Berne.

Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) 1989: Ozone en Suisse. Cahier de l'environnement n° 101. Berne.

Données EMIS: disponibles à l'adresse www.ceip.at/submissions-under-clrtap/2011-submissions/ (NFR Switzerland).

Agence européenne pour l'environnement (AEE) 2009: Assessment of ground level ozone in EEA member countries, with a focus on long-term trends. EEA Technical report No 7/2009. Copenhague 2009. Disponible sur Internet: www.eea.europa.eu/publications/.

Société européenne de pneumologie (ERS): Air Quality and Health – Luftverschmutzung und Gesundheit. Auteurs: Künzli N., Perez L., Rapp R., Institut tropical et de santé publique suisse et Université de Bâle, Suisse. Disponible sur Internet: www.ersnet.org/index.php/publications/air-quality-and-health.html

Hayes F., Mills G., Harmens H., Norris D. 2007: Evidence of Widespread Ozone Damage to Vegetation in Europe (1990–2006). Programme Coordination Centre for the ICP Vegetation Report. Disponible sur Internet: <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications>

Roemer M. 2001: Trends of ozone and precursors in Europe, status report TOR-2. TNO report R2001/244.

The Royal Society 2008: Ground level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications. Summary for policy makers. London.

CEE-ONU (2010): Mapping Critical Levels for Vegetation. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops. Bangor, UK.

OMS 1992: Acute effects on health of smog episodes. WHO Regional Publications, European Series No 43.

OMS 2006: WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide – Global Update 2005. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague.

OMS 2008: Health Risks of Ozone from Long-Range Transboundary Air Pollution. OMS, Centre européen de l'environnement et de la santé, publié par le Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague.

5.6 Abréviations

AOT40	somme de toutes les concentrations horaires d'ozone supérieures à 40 ppb
OFEV	Office fédéral de l'environnement
Cst.	Constitution fédérale de la Confédération suisse du 18 avril 1999 (RS 101)
Cercl'Air	Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air
EMIS	inventaire suisse des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre
Protocole de Göteborg	Protocole du 30 novembre 1999 à la Convention de 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (annexes comprises; RS 0.814.327)
VLI	valeur limite d'immission
SFPA 2009	Stratégie fédérale de protection de l'air, rapport du Conseil fédéral du 11 septembre 2009 faisant suite à la motion 00.3184 de la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie (FF 2009 5941)
OPair	ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (RS 814.318.142.1)
NABEL	Réseau national d'observation des polluants atmosphériques
COVNM	composés organiques volatils non méthaniques
PM	particule (particulate matter)
SOMO35	somme des moyennes journalières maximales sur huit heures supérieures à 35 ppb
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
Convention de Genève de la CEE-ONU	Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, signée à Genève le 13 novembre 1979 (RS 0.814.32)
LPE	loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (RS 814.01)
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
COV	composés organiques volatils
OCOV	ordonnance du 12 novembre 1997 sur la taxe d'incitation sur les composés organiques volatils (RS 814.018)
OMS	Organisation mondiale de la santé