



Air et climat

6

## 6

## Air et climat

## L'essentiel en bref

Depuis quelques années, les nuisances générées par la plupart des polluants atmosphériques sont en recul. Cependant, on mesure encore régulièrement des concentrations excessives d'ozone (O<sub>3</sub>) et de poussières ou particules fines (PM10). Or, la pollution de l'air a des conséquences tant pour la santé humaine et que pour les écosystèmes.

😊 Des moyens techniques ont permis de réduire dans une large mesure les émissions polluantes des installations de combustion, des véhicules et de l'industrie.

☹️ Régulièrement, les concentrations d'ozone, de poussières fines et de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) dépassent les valeurs limites de l'ordonnance sur la protection de l'air.

Le changement climatique est un problème environnemental planétaire, qui est déterminé en grande partie par l'effet de serre. L'effet de serre est en soi un phénomène naturel, mais il est influencé par certains gaz produits par l'homme, notamment le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et les fréons.

☹️ Les émissions de CO<sub>2</sub> se maintiennent à un niveau élevé. En Suisse et dans le canton de Fribourg, cela s'explique principalement par l'augmentation du trafic.

😊 Les émissions de méthane en Suisse ont diminué au cours des dix dernières années.

☹️ Au cours des cent dernières années, la température moyenne de la Terre a augmenté de 0,3 à 0,6 degré et la température moyenne de la Suisse d'environ un degré. Il est admis que l'homme contribue de façon importante à ce réchauffement.

## Problématique

L'air que nous respirons est un mélange composé d'azote (79%), d'oxygène (20%), de gaz rares (environ 1%) et de CO<sub>2</sub> (environ 0,035%). D'autres substances sont présentes dans de très faibles concentrations. On parle de pollution de l'air lorsqu'entrent dans cette composition des gaz en quantités anormalement élevées ou lorsque de nouveaux gaz ou particules viennent s'y ajouter. Faiblement à fortement pollué selon les endroits, le mélange gazeux que nous respirons aujourd'hui peut porter préjudice à notre santé comme à l'environnement. Il est le résultat d'un cycle naturel que l'homme modifie par ses activités.

Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions de polluants atmosphériques ont considérablement augmenté, du fait notamment du développement fulgurant de l'économie et des transports. Les immissions qui en sont la conséquence ont tout d'abord des effets directs et locaux. Elles participent également à des phénomènes planétaires tels que la destruction de la couche d'ozone et l'augmentation de l'effet de serre.

## Notions de base

## Emissions

Polluants atmosphériques rejetés dans l'environnement par les installations, les véhicules ou les produits.

## Immissions

Pollution atmosphérique à l'endroit où elle déploie ses effets sur l'homme, les animaux, les plantes, les sols et les biens matériels.

## Dilution, transport, transformation

Les polluants émis dits « primaires » sont dispersés et transportés par les vents. Ils peuvent subir des transformations chimiques produisant de nouveaux polluants dits secondaires.

## Déposition

La déposition et le lessivage (pluie, neige) éliminent de l'air les polluants, qui pénètrent dans les plantes, les sols et les eaux.

## Effet de serre

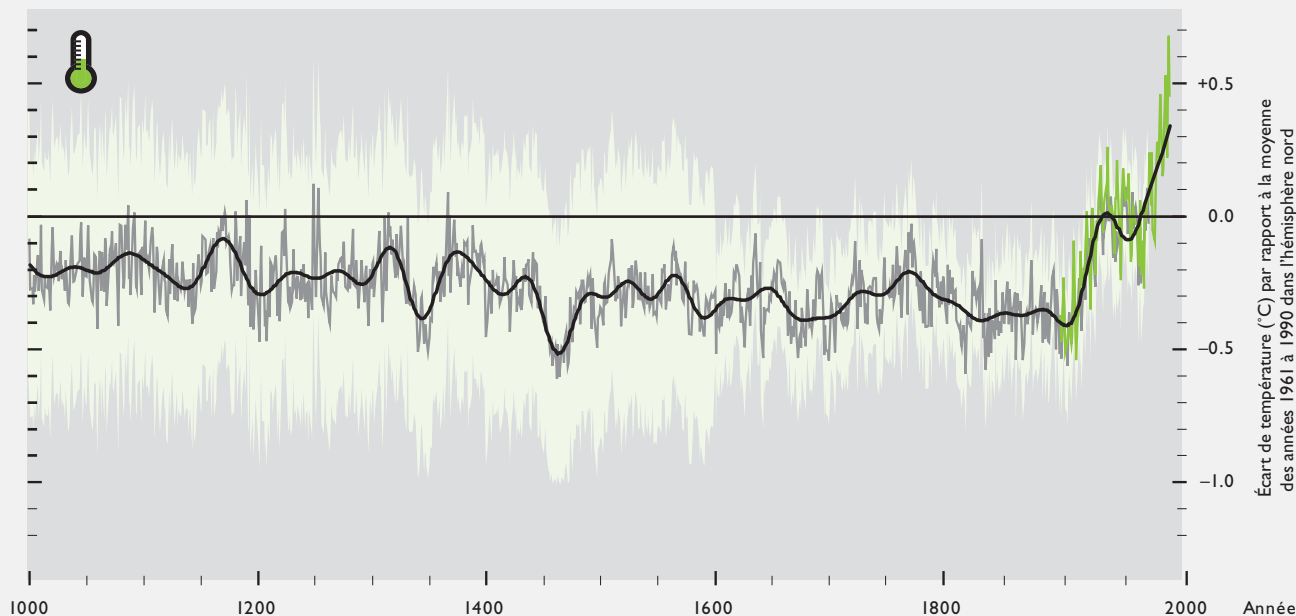
Le soleil envoie en direction de la Terre des rayons qui réchauffent la surface de notre planète. De son côté, celle-ci émet de l'énergie sous forme de rayons infrarouges de grande longueur d'onde. Les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère limitent (comme le toit de verre d'une serre) le rayonnement complet vers l'espace. Une partie du rayonnement infrarouge est réfléchi vers la Terre par les gaz à effet de serre, ce qui provoque un réchauffement supplémentaire. C'est grâce à cet effet de serre naturel que la vie sur Terre est possible. Sans lui, la température moyenne sur Terre serait d'environ  $-18^{\circ}\text{C}$ . Les principaux gaz à effet de serre naturels sont la vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ), le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ), le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et l'ozone ( $\text{O}_3$ ) troposphérique.

Au cours des dernières décennies, les activités humaines (avant tout la combustion des agents énergétiques fossiles et le déboisement des forêts tropicales) ont entraîné une augmentation de plus en plus rapide de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Par exemple, la concentration de  $\text{CO}_2$  a augmenté de plus de 30% par rapport à l'époque préindustrielle. Il en résulte un réchauffement supplémentaire de la surface de la terre et des couches inférieures de l'atmosphère.

Des mesures confirment que les températures moyennes sur la Terre ont augmenté de  $0,6^{\circ}\text{C}$  au cours du siècle dernier ; elles montrent en outre que 1990, 1991, 1994, 1995, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 et 2003 ont été les années les plus chaudes sur le plan mondial depuis le début des mesures de température. De nombreux indicateurs permettent de conclure que, ces dernières années, les températures ont atteint des valeurs jamais recensées durant le dernier millénaire. Les modèles climatiques prévoient une hausse de la température moyenne de la planète de  $1,4$  à  $5,8^{\circ}\text{C}$  d'ici à 2100 si aucune mesure efficace n'est prise pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Evolution de la température des mille dernières années dans l'hémisphère nord



Source : Le climat est entre nos mains, OFEV

## Ozone stratosphérique

La couche d'ozone qui se situe entre 10 et 50 km d'altitude protège les êtres vivants du rayonnement ultraviolet nocif du soleil. Les gaz destructeurs d'ozone, stables et à longue durée de vie, montent dans la stratosphère où, comme leur nom l'indique, ils détruisent l'ozone par un processus chimique complexe.

## 6

## Les principaux polluants atmosphériques

Polluants atmosphériques	Sources principales	Formation, effets
<b>Ammoniac (NH<sub>3</sub>)</b>	Elevage d'animaux de rente dans l'agriculture	Emission: lors du stockage et de l'épandage d'engrais de ferme.  Effets: acidification et surfertilisation des sols portant atteinte aux écosystèmes.
<b>Composés organiques volatils (COV)</b>	Industrie et artisanat, trafic routier	Emission : lors de l'évaporation de solvants et de carburants, lors de la combustion incomplète.  Effets: certains composés sont inoffensifs et d'autres hautement toxiques et cancérigènes (p. ex. benzène); combinés aux oxydes d'azote, importants précurseurs du smog estival (ozone).
<b>Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ou gaz carbonique</b>	Foyers industriels et ménagers, trafic routier	Emission : lors de chaque combustion.  Effets: inoffensif pour l'homme et l'animal en concentrations d'immissions normales; principal responsable de l'effet de serre.
<b>Poussières fines (PM10)</b>	Trafic (sur et en dehors du réseau routier), industrie, artisanat, incinération en plein air	Emission : lors de processus de production industriels et artisanaux, lors des processus de combustion, par l'abrasion des pneus et des routes; polluant secondaire partiel formé à partir des NO <sub>x</sub> , du NH <sub>3</sub> et des COV.  Effets: les poussières fines et la suie causent des maladies respiratoires, augmentent la mortalité ainsi que le risque de cancer; la poussière sédimentaire nuit aux sols aux plantes et - par le biais de la chaîne alimentaire - à l'homme en raison des métaux lourds (p. ex. cadmium, plomb) et des dioxines qu'elle contient.
<b>Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)</b> Ce terme recouvre le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	Trafic (sur et hors du réseau routier)	Emission : lors de l'utilisation de combustibles et de carburants, et plus particulièrement à température élevée.  Effets: maladies respiratoires, dommages divers aux plantes et aux écosystèmes fragiles lorsqu'ils sont combinés à d'autres polluants, surfertilisation des écosystèmes; importants précurseurs des pluies acides et des poussières fines et - en combinaison avec les composés organiques volatils - du smog estival (ozone).
<b>Ozone (O<sub>3</sub>)</b>	Trafic, industrie et artisanat (polluant secondaire)	Formation : l'ozone proche du sol est un polluant secondaire qui se forme dans la troposphère à partir d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils sous l'action de la lumière du soleil.  Effets: irrite les muqueuses des voies respiratoires, provoque des sensations d'oppression, diminue la fonction pulmonaire, endommage les plantes.
<b>Fréons et substances stables dans l'air (CFC, HCFC, HFC)</b>	Industrie, ménages	Formation : libération lors de fuites ou de procédés de déconstruction d'installations frigorifiques ou de matériaux d'isolation.  Effets : appauvrissement de l'ozone stratosphérique et effet de serre

### **Plus l'air est pollué, plus la fréquence des maladies augmente**

L'air pollué est préjudiciable à la santé. En présence de concentrations élevées de polluants, les troubles (insuffisance respiratoire, toux chronique, expectorations, etc.) et les maladies respiratoires se multiplient. Les affections existantes s'aggravent. En outre, la fonction pulmonaire diminue et on enregistre une augmentation d'hospitalisations d'urgence pour problèmes respiratoires ainsi que du nombre de décès. Il est en général impossible d'attribuer ces effets à un polluant particulier, puisqu'ils sont dus à des mélanges.

Les particules de suie de diesel, le benzène, le cadmium et l'amiante comptent au nombre des polluants atmosphériques cancérigènes. Ils sont nuisibles pour l'homme même en très faible concentration, raison pour laquelle il n'existe pas de seuil en-dessous desquels ces polluants sont inoffensifs.

### **Conséquences pour les plantes et les sols**

Les apports atmosphériques de composés azotés et soufrés acidifient le sol et déséquilibrent l'approvisionnement en éléments nutritifs dans les forêts et les autres écosystèmes fragiles. Ils nuisent ainsi à la formation des racines et à leur fonction, de même qu'à la balance nutritive des arbres. L'ozone exerce essentiellement son influence par l'intermédiaire des feuilles. Il attaque ainsi non seulement les forêts, mais également les cultures agricoles en provoquant des baisses de rendement des récoltes.

### **Brûler les déchets en plein air: une habitude à perdre !**

L'incinération d'ordures ménagères, de déchets de bois et d'autres déchets constitue une source de pollution et engendre des émissions toxiques. Pour cette raison, l'élimination de déchets urbains par incinération en plein air ou dans des cheminées de salon est strictement interdite. Des études menées en Suisse ont en effet démontré que les émissions de dioxines produites par l'incinération de déchets en plein air peuvent être 1'000 x plus élevées que lors d'une élimination en usine d'incinération équipée des filtres obligatoires. Mais l'air n'est pas le seul à être menacé. Les cendres provenant de ces combustions contiennent des teneurs en métaux lourds qui contaminent les sols et se répercutent directement dans la chaîne alimentaire.

### **Stratégie de lutte contre la pollution de l'air**

La LPE et l'ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPair) déterminent la stratégie de lutte contre la pollution de l'air: Celle-ci s'articule autour des éléments suivants :

- l'application du principe de prévention, qui définit les contrôles applicables aux installations et incite tous les acteurs impliqués à éviter les pollutions, à les réduire ou à les limiter au strict minimum ;
- le respect des valeurs limites d'émission pour toutes les installations stationnaires et mobiles produisant des émissions ; le SEn est chargé de recenser les installations stationnaires, de les contrôler et, le cas échéant, d'ordonner leur assainissement (limitation préventive des émissions et assainissement) ;
- le contrôle de la qualité de l'air, celle-ci devant respecter des teneurs aussi minimales que possible en polluants (valeurs limites d'immission). En cas de dépassement de ces valeurs limites, l'autorité est tenue d'ordonner un assainissement supplémentaire de l'émetteur à l'origine du dépassement ou d'établir un plan de mesures si plusieurs émetteurs sont en cause.

### **Législation en matière climatique**

La loi fédérale du 8 octobre 1999 sur la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> (Loi sur le CO<sub>2</sub>), entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> mai 2000, vise à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation énergétique des agents fossiles (combustibles et carburants). Elle précise à l'article 3 que les objectifs doivent être atteints en priorité par des mesures relevant de la politique de l'énergie, des transports, de l'environnement et des finances. Le Conseil fédéral a constaté en 2005 que la Suisse ne pourra pas respecter les objectifs du protocole de Kyoto sans mesures supplémentaires.

La politique environnementale soutient et complète la politique climatique et énergétique visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Ses principaux domaines d'action sont:

- la réduction des émissions liées au trafic: l'introduction de carburants désulfurés en 2004 permet l'utilisation de moteurs à essence à consommation réduite et de filtres à particules dans les moteurs diesel. La promotion de carburants tels que le gaz naturel et les carburants biologiques est en préparation;
- l'interdiction de mise en décharge de tous les déchets incinérables dès le 1<sup>er</sup> janvier 2000: cette mesure permet une diminution sensible des émissions de méthane;
- la régulation de l'utilisation de gaz synthétiques à effet de serre: au cours des années 1990, les émissions ont augmenté rapidement, en particulier celles des HFC, provenant d'agents de réfrigération, de mousses, de solvants et autres. L'utilisation de ces substances est maintenant contrôlée et pour certaines interdite (voir chapitre 9 Substances).

# 6

## Etat des émissions

### Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

Sur la base des prestations kilométriques de la circulation routière ainsi que des données statistiques provenant du recensement fédéral, les émissions d'oxydes d'azote pour le canton ont été déterminées à l'aide de coefficients d'émission spécifiques. Les hypothèses retenues pour l'état 2010 se réfèrent à différentes études publiées par la Confédération.

Vue d'ensemble sur les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) en t/a pour le canton de Fribourg.

Sources	2000	%	2010	%
Trafic routier	2'408	56%	1'356	43%
Industrie + artisanat	646	15%	493	16%
Machines de chantier	646	5%	278	9%
Chauffages domestiques	238	6%	184	6%
Agriculture + sylviculture	762	18%	827	26%
<b>Total</b>	<b>4'281</b>	<b>100%</b>	<b>3'138</b>	<b>100%</b>

On constate qu'en l'état actuel des choses, le trafic routier provoque toujours environ la moitié des émissions d'oxydes d'azote. Dans les années 1980, la part du trafic était cependant encore située à 90%. Les exigences fixées par le législateur européen (normes Euro 4 et Euro 5 concernant les gaz d'échappement) permettent d'espérer qu'un abaissement substantiel des émissions pourra encore avoir lieu dans les années à venir. L'importance de celui-ci dépendra davantage qu'aujourd'hui de l'état d'entretien des véhicules : les systèmes d'épuration des gaz d'échappement auront un rendement tellement élevé qu'une déféctuosité aura un effet assez conséquent sur les émissions.

Si on rêve d'un environnement exempt de toute action humaine, il n'y a pas de médecine.

En effet, la médecine est une action de l'homme pour enrayer un processus biologique naturel. C'est donc une des nombreuses activités que déploie l'homme pour changer son milieu. L'écosystème dans lequel nous vivons n'a plus rien à voir avec celui de nos ancêtres d'il y a 20 ou 30'000 ans. Nos modes de vie ont engendré pollution et même bouleversements majeurs des climats et de la biosphère. La médecine est aujourd'hui appelée à remédier à nos activités polluantes.

Avec les mesures de limitation des émissions actuellement décidées, une diminution des émissions pourra aussi être attendue pour les sources stationnaires, notamment les installations de combustion. Les machines mobiles et le trafic hors routes constituent des émetteurs dont les rejets devront être davantage limités à l'avenir. En effet, les chantiers ainsi que l'agriculture et la sylviculture sont des sources pour lesquelles on doit actuellement compter avec une augmentation des émissions. Cette évolution peut s'expliquer par le fait que la valeur limite d'émission pour les oxydes d'azote, telle qu'elle est ancrée actuellement dans la législation européenne, est environ deux fois plus élevée pour les tracteurs que la limitation valable pour les camions. A cela s'ajoute une augmentation régulière des puissances ce, qui engendre également des émissions plus importantes.



### Filtres à particules

Les filtres à particules permettent de réduire de 95% au moins la teneur en particules solides ultrafines (suies de diesel) des gaz d'échappement. Si tous les camions, autocars, tracteurs et machines de chantier étaient équipés de filtres à particules, on pourrait éviter en Suisse plusieurs centaines de décès prématurés par an et économiser plusieurs milliards de francs sur les coûts de la santé.

### Emissions moyennes d'une voiture de tourisme (2005)

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont proportionnelles à la consommation en carburant.

Emissions (2005)	Véhicules diesel	Véhicules diesel avec filtre à particules	Véhicules à essence
NO <sub>x</sub> (mg/km)	490	490	230
PM 10 (mg/km)	40	<1	<1
CO <sub>2</sub> (g/km)	183	183	203

Nous en venons à combattre les effets de notre vie sur terre et par notre activité médicale nous produisons à nouveau des effets secondaires. C'est un peu le chat qui se mord la queue mais l'homme a toujours eu une âme d'apprenti sorcier. Mais ce qui est rassurant, c'est de savoir que la terre est assez résistante pour nous survivre et qu'une vie continuera sur la planète bleue.

Dr Richard Nyffeler  
Président de la SMCF

## Etat des immissions : qualité de l'air

### Emissions d'hydrocarbures et de poussières fines du trafic

Un bilan cantonal a également été établi pour d'autres polluants. Les chiffres figurant dans les deux tableaux relatifs au trafic routier démontrent qu'on pourra aussi s'attendre à une diminution des émissions d'hydrocarbures et des poussières fines. Par rapport à ces dernières, il faut se rendre compte que la réduction substantielle prévue ne concerne que les particules dans les gaz d'échappement ; les émissions de poussières fines du trafic ont cependant leur origine également dans l'abrasion des routes, des freins et des pneus.

Evolution des émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et d'hydrocarbures (HC) du trafic routier en t/a pour le canton de Fribourg.

Trafic routier	Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )			Hydrocarbures (HC)		
	1993	2000	2010	1993	2000	2010
Voitures	1'671	897	480	1'723	701	250
Véhicules de livraison	140	168	118	95	62	17
Deux-roues	8	18	19	143	226	147
Camions et bus	1'091	1'325	739	133	78	51
<b>Total</b>	<b>2'910</b>	<b>2'408</b>	<b>1'356</b>	<b>2'094</b>	<b>1'067</b>	<b>465</b>

Evolution des émissions des particules présentes dans les gaz d'échappement ainsi que des particules fines totales (PM10) du trafic routier en t/a pour le canton de Fribourg.

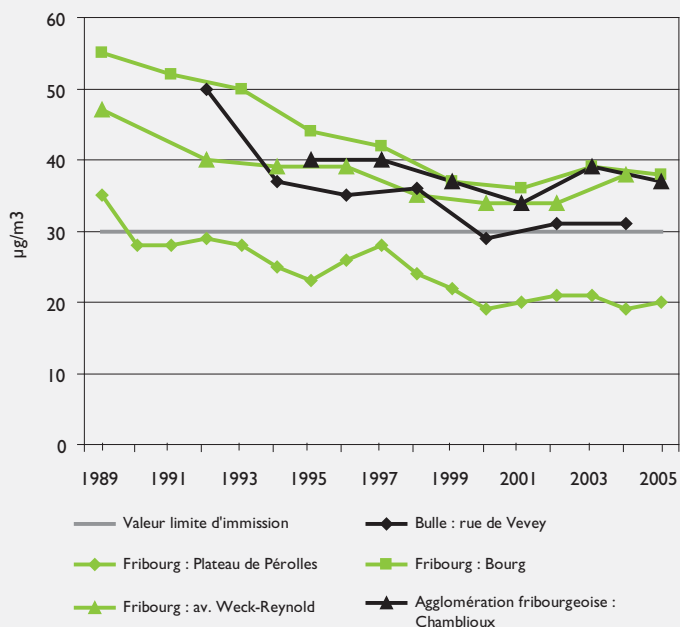
Trafic routier	Particules (uniquement gaz d'échappement)			Particules fines (PM10) (y.c. abrasion, pneus et freins)	
	1993	2000	2010	2000	2010
Voitures	12	17	15	82	89
Véhicules de livraison	8	11	118	15	13
Deux-roues	~ 0	2	3	3	4
Camions et bus	68	38	14	64	38
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>68</b>	<b>40</b>	<b>164</b>	<b>144</b>

Dans la mesure où la diminution des émissions provenant des pots d'échappement s'effectuera à l'aide de filtres à particules, l'effet favorable pour la santé est cependant plus important que ce qu'on pourrait imaginer à la lecture des chiffres du tableau. En effet, les conséquences néfastes sur la santé dépendent du nombre de particules fines dans l'air respiré ; lorsque la masse de poussière est limitée avec des mesures internes au moteur, le nombre des grandes particules diminue, mais celui des petites particules respirables a tendance à augmenter. Seule la technologie du filtre à particules permet de diminuer à la fois le nombre et la masse des particules fines.

### Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Les plus longues séries de mesure du NO<sub>2</sub> sont mesurées dans une station fixe et dans deux stations mobiles. La station fixe permanente est située sur le plateau de Pérolles, et enregistre la pollution urbaine de fond. Les deux stations mobiles couvrent quatre emplacements alternativement. En ville de Fribourg, elles sont stationnées tous les deux ans dans le quartier du Bourg et à la rue Weck-Reynold, emplacements représentatifs d'une situation fortement chargée. Les deux autres lieux de mesure se trouvent sous l'influence directe du trafic routier : à Bulle, l'emplacement est situé à la rue de Vevey, et dans l'agglomération fribourgeoise, la pollution est enregistrée à proximité de l'A12, au voisinage des limites communales de Fribourg, Givisiez, Granges-Paccot et de Villars-sur-Glâne.

Immission de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en µg/m<sup>3</sup> entre 1989 et 2005 à plusieurs emplacements représentatifs du canton de Fribourg.



L'évolution des valeurs révèle deux tendances : on constate, d'une part, une diminution générale des moyennes annuelles au cours des dernières années et, d'autre part, des variations qui, d'une année à l'autre, sont parfois assez irrégulières. L'amélioration de la qualité de l'air qui apparaît dans ces courbes est essentiellement due au renouvellement du parc de véhicules et, dans une moindre mesure, à l'assainissement des installations de combustion. A cette tendance générale s'ajoute un certain effet de la météorologie sur la diffusion des polluants : des mois hivernaux avec peu d'échange d'air favorisent l'accumulation des polluants et provoquent une augmentation de la moyenne annuelle. Les variations climatiques d'une année à l'autre influencent ainsi la charge de pollution enregistrée.

# 6

Les niveaux de pollution le long des routes à fort trafic dépassent de manière claire la valeur limite d'immission fixée à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A ces emplacements, la contribution de la circulation routière à la charge en  $\text{NO}_2$  est prépondérante. La figure ci-contre démontre ce fait à l'aide d'une modélisation de la composition de la pollution à différents endroits représentatifs dans le canton.

En revanche, la pollution urbaine de fond telle qu'elle est représentée par la station du Plateau de Pérolles a diminué au cours des dernières années pour atteindre un niveau sensiblement inférieur à la valeur limite d'immission. On peut donc conclure aujourd'hui que les charges pour les emplacements en retrait des axes principaux ne devraient plus dépasser la limite légale.

Les mesures effectuées à l'aide de capteurs passifs pour les immissions en  $\text{NO}_2$  confirment ces constats. Elles ont servi au calibrage du modèle utilisé pour établir des cartes d'immission (voir cartes I à I4).

## Ozone ( $\text{O}_3$ )

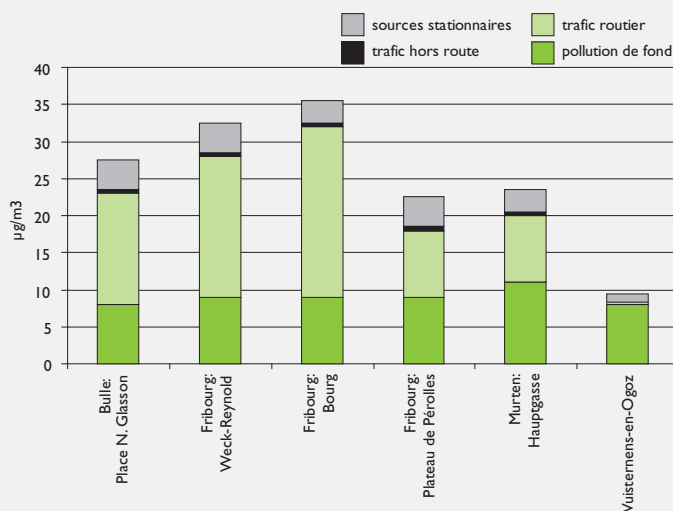
En comparant les mesures effectuées sur différents emplacements du canton, on peut conclure que la valeur d'ozone enregistrée sur le Plateau de Pérolles est représentative des situations à l'écart des secteurs touchés directement par des sources d'émission. Ceci représente la plus grande partie du territoire cantonal. On peut aussi en déduire qu'il n'y a pas d'endroit dans le canton qui présente des immissions nettement plus élevées.

Les résultats des mesures montrent que les valeurs limites d'immission sont toujours nettement dépassées. Ainsi on constate que depuis le début des mesures systématiques en 1989, la valeur mensuelle (pour les spécialistes: percentile 98%) dépasse de 30 à 60% la valeur limite de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  au moins une fois par an. Les charges extrêmes des années 1980 (valeur mensuelle de juin 1986 supérieure à  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  au Guintzet à Fribourg) n'ont cependant plus été atteintes au cours des dix dernières années.

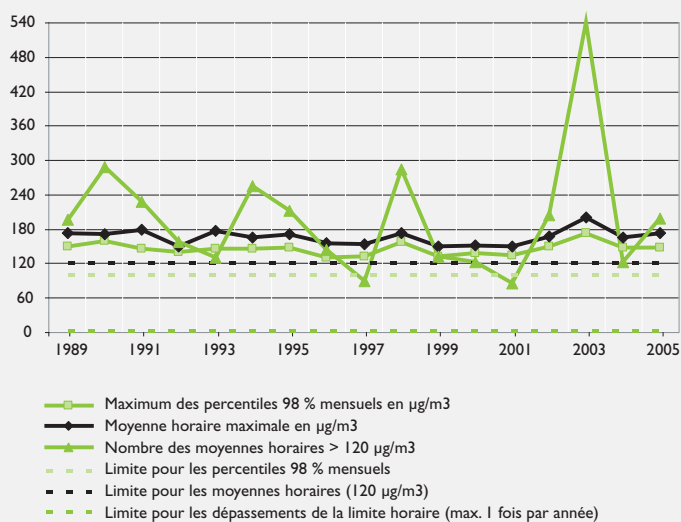
Une deuxième valeur limite est définie en tant que valeur horaire. Selon l'OPair, elle ne devrait être dépassée qu'une seule fois par année. Le graphique montre que cet objectif n'est de loin pas atteint; le nombre annuel d'heures avec des concentrations d'ozone supérieures à la valeur limite de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fluctue entre 80 et 540 et ne suit pas une tendance claire. La variation constatée d'une année à l'autre est essentiellement influencée par la météorologie. Ce constat vaut notamment pour l'année 2003 qui a été caractérisée par une période estivale particulièrement chaude.

L'effet de la diminution des émissions gazeuses agissant sur la formation d'ozone (oxydes d'azote, composés organiques volatils) n'apparaît donc pas encore dans les valeurs mesurées. Une réduction de la charge d'ozone nécessite par conséquent un effort supplémentaire pour diminuer les émissions de ces sources gazeuses, agents précurseurs de l'ozone.

Contribution des différentes sources à l'immission de  $\text{NO}_2$  (valeurs modélisées pour l'an 2000 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Immission d'ozone ( $\text{O}_3$ ) entre 1989 et 2004 à la station Plateau de Pérolles à Fribourg



## Poussières fines (PM10)

Le système cantonal de mesure des poussières fines est opérationnel depuis le mois d'août 1998. Il est situé prioritairement aux emplacements qui présentent déjà des concentrations élevées en NO<sub>2</sub>.

Les données disponibles pour caractériser la charge de poussières en suspension dans le canton sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les mesures effectuées dans les villes de Bulle et Fribourg font apparaître un dépassement net des valeurs limites tant pour la moyenne annuelle que pour la moyenne journalière. En se référant aux mesures de la Confédération dans la Broye (périphérie de Payerne), on constate que l'exposition des régions rurales aux poussières fines est également trop élevée : la moyenne annuelle se situe autour de la valeur limite (20 µg/m<sup>3</sup>) et certaines moyennes journalières dépassent clairement la limite pour 24 heures.



Immission de poussières en suspension sous forme de PM10 entre 1998 et le 5 février 2006 à plusieurs emplacements représentatifs pour le canton de Fribourg. Les valeurs indiquées pour les régions rurales proviennent d'une station faisant partie du réseau national (NABEL).

Poussières en suspension PM10	Moyennes annuelles (µg/m <sup>3</sup> )	Moyenne journalière maximale (µg/m <sup>3</sup> )	Nombre de dépassements de la valeur limite journalière
<b>Valeur limite d'immission OPair</b>	20	50	1
<b>Régions rurales (périphérie de Payerne)</b>			
1997	26	112	39
1998	23	102	31
1999	21	65	9
2000	20	72	12
2001	19	68	9
2002	21	71	13
2003	25	122	21
2004	20	59	9
2005	21	70	6
1.1-5.2.2006	*	146*	21*
<b>Fribourg : Bourg</b>			
1999	28	79	29
2001	25	61	9
2003	31	134	43
2005	27	80	27
<b>Fribourg : av. Weck-Reynold</b>			
1998	*	105*	*
2000	24	79	18
2004	25	76	17
<b>Bulle : rue de Vevey</b>			
2002	23	72	17
1.1-5.2.2006	*	158*	19*

\*Une évaluation annuelle n'est pas disponible.

# 6

Selon une récente étude de la Confédération, l'évolution des émissions de poussières fines (PM10 primaires) ainsi que des émissions de polluants gazeux (précurseurs des PM10 secondaires) devraient provoquer, entre 1995 et 2010, une diminution de la moyenne annuelle en PM10 de 3 à 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . On peut ainsi s'attendre à terme à un respect de la valeur limite dans les régions rurales ; en revanche, en 2010 les charges dans les agglomérations se situeront encore au-dessus des normes de l'OPair. Les perspectives de l'évolution des poussières fines sont donc moins favorables que celles du dioxyde d'azote.

## Dépôts d'azote

Les études scientifiques réalisées dans le cadre de conventions internationales sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance ont démontré que de nombreux écosystèmes sensibles situés en dehors des zones agricoles (forêts, hauts-marais, prairies maigres, etc.) sont perturbés par des apports d'azote provenant de l'atmosphère. L'application en Suisse du concept des charges critiques pour la période 1993-1995 a révélé qu'environ  $\frac{2}{3}$  des charges d'azote sont constitués de composés d'azote réduit. Ces dépôts sont principalement issus des rejets d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) provenant de l'agriculture qui, après avoir été émis, sont partiellement transformés puis déposés sous forme sèche ou humide. Au milieu des années 1990, on enregistrait des charges d'azote excessives dans environ 90% des zones forestières de Suisse et dans quelque 70% des écosystèmes semi-naturels. Selon les régions et les écosystèmes, les charges critiques, c'est-à-dire les dépôts maximums d'azote qu'un écosystème peut supporter à long terme sans subir de dommages, sont dépassées dans une mesure variable, qui peut aller jusqu'à plus de 200%.

Le canton de Fribourg n'échappe pas au constat que les dépôts d'azote sont importants. Etant donné que ces dépôts sont essentiellement dus aux émissions d'azote sous forme d'ammoniac, la répartition spatiale des dépositions d'azote est assez comparable à celle des sources d'ammoniac. Les émissions sont particulièrement élevées dans les régions disposant d'une grande densité d'élevage (bovins, porcs, volailles).

Les émissions d'ammoniac de l'agriculture constituent en même temps des sources importantes d'odeurs. C'est notamment le cas pour l'élevage de porcs et de volailles. L'effet des nuisances olfactives reste cependant limité au voisinage de l'installation (au maximum quelques centaines de mètres autour de la source).

## Actions entreprises

### Prévention

Dans l'exécution de la législation sur la protection de l'air, l'action préventive du SEn englobe :

- l'examen de projets dans le cadre des procédures d'approbation des plans et des demandes de permis de construire (installations stationnaires, planifications de transports, routes, etc.) ;
- l'assainissement des chauffages domestiques (surveillance des contrôleurs, établissement des délais) ;
- l'assainissement des installations industrielles, artisanales et agricoles (contrôle des installations, établissement des délais).

Le bilan sur ces actions est résumé dans le tableau suivant :

Prévention	Résultats positifs	Résultats insuffisants
<b>Emissions des chauffages</b>	Système efficace de contrôle et de gestion des chauffages alimentés au gaz et au mazout, délais d'assainissement respectés.	Incinération illégale de déchets (y. c. déchets de bois) dans des installations conçues pour l'incinération de bois à l'état naturel.
<b>Emissions de l'industrie et de l'artisanat</b>	Les grands émetteurs sont tous assainis (grands chaufferies, grands émetteurs de solvants, etc.).	Retard dans l'assainissement des autres émetteurs. La périodicité de contrôle est insuffisante.
<b>Emissions de l'agriculture</b>	La grande majorité des nouveaux projets a pu être réalisée sans problèmes pour le voisinage.	De nombreuses situations existantes provoquent des nuisances olfactives dans des zones résidentielles ; création de nouvelles zones à bâtir sans tenir compte de la présence de sources d'immissions olfactives.  Prise en considération encore insuffisante des émissions d'ammoniac (NH <sub>3</sub> ) dans les projets de construction (étables, fosses à purin) ; épandage sans mesures de limitation des émissions.
<b>Emissions du trafic</b>	Des concepts de transports destinés à modérer et limiter le trafic motorisé ont été réalisés dans plusieurs communes du canton. Entre 1994 et 2003, des projets d'un montant total de 22,7 millions de francs ont été subventionnés à raison de 9,6 millions de francs par la Confédération. Plusieurs traversées de localité du type « Valtraloc » ont été aménagées permettant de modérer la vitesse du trafic motorisé.	Grandes difficultés à mettre en œuvre une politique des transports permettant de réduire les effets néfastes de l'augmentation de la mobilité; urbanisation dispersée favorisant le recours au transport motorisé individuel; limitation insuffisante des émissions des poids lourds, notamment en ce qui concerne les poussières fines. La planification cantonale et régionale des grands générateurs de trafic est insuffisante.

## 6

**Immissions excessives**

L'article 11 al. 3 LPE exige que les émissions soient limitées plus sévèrement si les atteintes sont jugées nuisibles ou incommodantes. Ceci est notamment le cas lorsqu'une ou plusieurs valeurs limites d'immission sont dépassées. Un plan de mesures doit être élaboré si ces immissions sont occasionnées par une infrastructure destinée aux transports ou par plusieurs installations stationnaires.

En revanche, s'il est établi qu'une installation stationnaire entraîne à elle seule des immissions excessives, l'autorité doit imposer au détenteur de cette installation une limitation d'émissions complémentaire ou plus sévère, sans passer par l'instrument du plan de mesures. Dans la pratique, cette situation se présente notamment pour des nuisances olfactives engendrées par des installations industrielles ou par l'élevage d'animaux dans l'agriculture. Le bilan relatif à ces domaines est le suivant :

Immissions excessives dues à une installation seule	Résultats positifs	Résultats insuffisants
<b>Emissions de l'industrie et de l'artisanat</b>	Les grands émetteurs industriels sont tous assainis.	Les établissements publics posent régulièrement des problèmes locaux (odeurs, fumées incommodantes) qui sont parfois difficiles à résoudre (p. ex. dans un quartier historique).
<b>Emissions de l'agriculture</b>	La majorité des détenteurs d'installations d'élevage ont pris conscience des soucis de la population. Le plan directeur cantonal fixe des conditions pour la prise en compte des installations d'élevage lors des mises en zone de terrains à bâtir à proximité.	De nombreuses situations existantes provoquent des nuisances olfactives dans des zones résidentielles; la création de zones à bâtir sans tenir compte de la présence de sources d'immissions olfactives provoque une obligation d'assainissement auprès des détenteurs (les prescriptions du plan directeur n'ont pas encore déployées d'effets).

## Plans de mesures existants

Le premier plan de mesures dans le canton de Fribourg est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 1994. Il a été élaboré en fonction des immissions excessives constatées dans les communes du Grand-Fribourg (Fribourg, Givisiez, Granges-Paccot, Marly, Villars-sur-Glâne). Etant donné que ces charges polluantes avaient leur origine également à l'extérieur de ce secteur, le plan contenait des mesures valables pour l'ensemble du périmètre de la Communauté urbaine des transports de l'agglomération fribourgeoise (CUTAF), à savoir les douze communes suivantes :

Avry, Belfaux, Comminboeuf, Fribourg, Givisiez, Granges-Paccot, Düdingen, Matran, Marly, St. Ursen, Tafers, Villars-sur-Glâne. Un deuxième plan de mesures a été établi pour l'agglomération bulloise, soit les communes de Bulle et de La Tour-de-Trême ; il est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 1995.

Concernant la mise en œuvre de ces deux plans de mesures, en particulier dans le domaine des transports, la situation peut être résumée de la manière suivante :

Plan de mesures	Résultats positifs	Résultats insuffisants
<b>Planification des transports</b>	<p>Approbation du plan régional des transports (PRT) de l'agglomération fribourgeoise par le Conseil d'Etat (5 janvier 1999) ; élaboration du projet général en 2001/02.</p> <p>Des plans partiels des transports accompagnant les projets de construction du pont de la Poya et du contournement de Bulle (H189) ont été élaborés, et ce dernier a été approuvé.</p> <p>Les TPF ont acheté de nouveaux bus équipés de filtres à particules et des véhicules électriques (trolleybus) en 2003.</p>	<p>Jusqu'à fin 2002, seulement quelques éléments du PRT touchant les transports en commun (TC) ont pu être mis en œuvre (communauté tarifaire, quelques extensions de lignes).</p> <p>Le projet du pont de la Poya, indispensable pour mettre en œuvre un certain nombre de mesures pour la protection de l'air, a pris du retard par rapport à la planification prévue lors de la première mise à l'enquête. La part des kilomètres parcourus en traction électrique a continuellement diminué dans l'agglomération fribourgeoise.</p>
<b>Régimes de circulation</b>	<p>Sur les axes principaux des agglomérations, la vitesse a été limitée à 50 ou 60 km/h. Le trafic a été modéré par un grand nombre de giratoires.</p> <p>La mise en place d'interdictions de dépasser pour les poids lourds sur l'A12 entre Fribourg-Nord et Fribourg-Sud a permis de fluidifier le trafic.</p>	<p>La vitesse maximale autorisée sur l'A12 entre Fribourg-Nord et Fribourg-Sud n'a pas été abaissée, ce qui aurait permis de réduire notablement les émissions de NO<sub>x</sub>.</p>
<b>Transports de proximité (réseaux piétons et deux-roues)</b>	<p>Certains aménagements ponctuels ont été réalisés.</p> <p>Une planification cantonale des deux-roues a été élaborée et approuvée par le Conseil d'Etat le 30 mai 1995.</p>	<p>Des réseaux complets, sûrs et attractifs pour les usagers des deux-roues et pour les piétons font encore défaut dans les agglomérations.</p>
<b>Transports en commun</b>	<p>Une loi cantonale sur les transports ainsi qu'une disposition exigeant la desserte en TC de nouvelles zones affectées de façon intensive sont entrées en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 1995.</p> <p>La gare routière à Fribourg a amélioré le confort pour les usagers des transports régionaux.</p>	<p>L'attractivité des TC n'a pas pu être améliorée de manière sensible.</p> <p>Dans l'agglomération fribourgeoise, les transports publics ne sont pas assez performants sous l'angle du temps de déplacement.</p> <p>Dans l'agglomération bulloise, les transports d'agglomération sont encore au stade d'étude.</p>
<b>Stationnement</b>	<p>Le 1<sup>er</sup> juillet 1999, de nouvelles dispositions sur le stationnement (art. 25a et 25b) sont entrées en vigueur dans le règlement d'exécution de la loi sur les constructions et de l'aménagement du territoire (ReLATEC).</p> <p>La Ville de Fribourg dispose depuis 1993 d'un instrument moderne de gestion du stationnement.</p> <p>Plusieurs communes de l'agglomération fribourgeoise sont en train d'élaborer des concepts de stationnement.</p>	<p>Dans la plus grande partie de l'agglomération fribourgeoise, la gestion du stationnement est encore insuffisamment appliquée. Le trafic motorisé en périphérie n'est ainsi pas maîtrisé et une inégalité de traitement des promoteurs par rapport au centre en est la conséquence.</p>

# 6

## Révision du plan de mesures

Les plans de mesures actuellement en vigueur n'ont subi aucune modification depuis leur adoption en 1993 et 1995. Bien qu'ils aient fait leurs preuves, leur contenu nécessite aujourd'hui une mise à jour en raison des éléments suivants :

- Lors de la révision de la loi sur la protection de l'environnement (LPE), entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 1997, l'instrument du plan de mesures a été remonté au niveau de la loi (il figurait auparavant dans l'OPair). En particulier, le législateur fédéral stipule par le nouvel article 44a LPE que le plan de mesures est contraignant pour les autorités auxquelles le canton confie des tâches et précise que si le plan prévoit des mesures de la compétence de la Confédération, les cantons présenteront leurs propositions au Conseil fédéral. L'adaptation de l'OPair suite à la révision de la LPE a imposé aux cantons de contrôler régulièrement l'effet des mesures et d'adapter le plan de mesures en cas de besoin (art. 33 al. 3 OPair). En outre, une nouvelle valeur limite d'immission a été introduite, celle des poussières fines (PM10);
- En ce qui concerne la qualité de l'air les efforts consentis pour diminuer les émissions de polluants atmosphériques ont permis de réduire de manière substantielle les immisions de plusieurs polluants dans l'air. Malheureusement, les résultats sont encore insuffisants pour le dioxyde d'azote, l'ozone, les poussières fines ainsi que pour les dépôts d'azote (dus essentiellement aux émissions d'ammoniac);
- L'analyse des deux plans actuellement en vigueur montre que certaines mesures peuvent être supprimées dans la planification, soit parce qu'elles ont été réalisées avec succès, soit parce qu'elles n'ont pas eu l'effet escompté. D'autres mesures sont toujours pertinentes, mais nécessitent une actualisation. Finalement, de nouvelles mesures doivent être proposées parce que certaines sources de polluants ont jusqu'à maintenant été sous-estimées ou que de nouvelles possibilités de réduction des émissions sont apparues;
- D'autres planifications comprenant des éléments étroitement liés à la protection de l'air ont été adoptées, notamment le nouveau plan directeur cantonal et le plan cantonal des transports. La coordination avec le plan de mesures, en particulier pour les aménagements ou projets générant un grand trafic, s'avère indispensable.

En raison du nombre important de modifications qui sont nécessaires, il a été décidé de procéder à une révision complète des plans actuels. L'analyse de la situation a conduit à une conception qui ne prévoit qu'un seul plan englobant l'ensemble des mesures pour tout le canton.

La mise en consultation du projet a lieu en 2006 (voir <http://www.fr.ch/sen>). Le nouveau plan sera vraisemblablement mis en vigueur en 2007.

## Bilan et perspectives

Le bilan de la situation en matière de protection de l'air peut être résumé ainsi :

Protection de l'air	Résultats positifs	Résultats insuffisants
<b>Emissions des chauffages</b>	Le SEn a mis en place un système efficace de contrôle et de gestion des émissions. Les délais d'assainissement sont respectés.	Les établissements publics posent régulièrement des problèmes locaux (odeurs, fumées inconfortables) qui sont parfois difficiles à résoudre (p. ex. dans un quartier historique).
<b>Emissions de l'industrie et de l'artisanat</b>	Les grands émetteurs sont assainis à 100%.	L'assainissement des autres émetteurs a pris du retard.
<b>Emissions du trafic</b>	Des planifications ont été établies dans les agglomérations de Fribourg et de Bulle ; une première étape de mise en œuvre a été réalisée par la CUTAF.	La mise en œuvre d'une politique de transports limitant l'augmentation des effets néfastes de la mobilité est difficile; la limitation des émissions des véhicules lourds est insuffisante.
<b>Qualité de l'air ambiant</b>	Une diminution générale des immissions de NO <sub>2</sub> a été constatée au cours des dernières années.	Les valeurs limites pour le NO <sub>2</sub> , les poussières fines et l'ozone sont toujours dépassées; une tendance d'amélioration n'est pas visible pour l'ozone.

### Evolution future des charges

Les données sur les émissions cantonales d'oxydes d'azote laissent entrevoir une amélioration de la qualité de l'air pour les années à venir. Par le fait que les concentrations de NO<sub>2</sub> dans l'air ambiant ne sont pas simplement proportionnelles aux charges émises, une modélisation tenant compte des différents mécanismes physiques et chimiques dans l'atmosphère s'avère nécessaire afin de déterminer les valeurs d'immission futures. Les résultats de cette démarche sont mis en évidence sur des cartes spécifiques, que ce soit à l'échelle du canton ou à celle de l'agglomération fribourgeoise. Elles ont été établies pour les années 2000 et 2010.

L'interprétation de ces cartes d'immissions doit se faire de manière nuancée. En effet, la validité des prévisions est fonction des hypothèses retenues dans la détermination des émissions futures (charges de trafic, évolution de la part des poids lourds, part de véhicules avec catalyseurs défectueux, etc.). Il faut également être conscient que la résolution du modèle se limite à l'hectare ; une exposition locale élevée (p. ex. dans une rue encaissée) ne peut donc pas être modélisée.

Avec ces réserves, on peut constater que la qualité de l'air s'améliorera jusqu'en 2010 si l'on se réfère à l'évolution du NO<sub>2</sub> : la valeur limite d'immission sera presque partout respectée. Quelques secteurs de l'agglomération de Fribourg (en particulier Fribourg, Guin, Givisiez, Granges-Paccot, Matran et Villars-sur-Glâne) seront cependant encore soumis à des concentrations avoisinant ou dépassant la valeur limite d'immission.



# 6

## Défi pour l'avenir

Les efforts pour diminuer les émissions doivent être poursuivis. Les rejets d'oxydes d'azotes, de composés organiques volatils, de poussières fines ainsi que du CO<sub>2</sub> doivent encore diminuer. En ce qui concerne les poussières fines, il est établi qu'une partie importante de la population est soumise à des concentrations qui engendrent des répercussions néfastes sur la santé. Dans ce domaine, nous ne sommes qu'au début de la mise en œuvre des mesures qui découlent du développement de l'état de la technique (p. ex. les filtres à particules sur les véhicules et machines équipés d'un moteur diesel).

Les succès enregistrés jusqu'ici pour les polluants gazeux ont été atteints grâce à des mesures de nature technique (p. ex. catalyseur, technologie des brûleurs). A elles seules, ces mesures sont toutefois insuffisantes, car le développement de la mobilité, de la production et de la consommation réduit à néant une partie de leurs effets. Economiquement parlant, presque rien n'incite à adopter un comportement plus compatible avec l'environnement. Ce problème est particulièrement aigu pour les émissions de CO<sub>2</sub>.

A l'avenir, les intérêts de la protection de l'air devront mieux être pris en compte dans la politique des transports, de l'énergie, de l'aménagement du territoire, de l'agriculture et des finances, cela pour faire diminuer sérieusement les émissions de polluants et pour mieux respecter la notion de « développement durable ». Il en résulterait d'autres effets positifs, notamment pour la protection des eaux et des sols et ainsi que pour la lutte contre le bruit.

