

4.3. L’AIR DANS LA COMMUNE DE BERNEX

ETAT DES CONNAISSANCES

- 4.3.1. Sources d'information**
- 4.3.2. Qualité de l'air et risques pour la santé**
- 4.3.3. Niveaux de la pollution atmosphérique dans le canton de Genève et dans la commune de Bernex**
- 4.3.4. Stratégie de lutte contre la pollution de l'air**

4.3. L’AIR DANS LA COMMUNE DE BERNEX: ETAT DES CONNAISSANCES

4.3.1. Sources d'information

- **Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults.** Leuenberger, P. *et al.* and SAPALDIA-Team, 1995. Final report to the Swiss National Research Foundation Lausanne/Basel.
- **Assainissement de l'air à Genève. Rapport du suivi du plan des mesures. Etat 1995.** Département de l'Intérieur, de l'Environnement et des Affaires Régionales (DIEAR), Genève, 1996, 107 pp. (annexe AIR 1)
- **Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL). La pollution de l'air en 1995.** Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP), 1996. Cahier de l'environnement, n° 267.
- **Schlussbericht zu Handen des Schweizerischen Nationalfonds.** SCARPOL (Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Respect to Air Pollution, Climate and Pollen), 1996.
- **Emissions des composés organiques volatils par les entreprises et l'artisanat genevois.** ECOTOX et OCIRT, DIEAR et DEP, 1996, 9 pp.
- **L'air genevois. La qualité de l'air dans le canton de Genève. Immissions de NO₂ et d'ozone.** 1996. Technique et environnement TCS, 28 pp.
- **Pollution de l'air et santé.** Une publication des Médecins en faveur de l'Environnement (MfE) Suisse (éditeur), 1997. Collaboration de la Société suisse de pneumologie (SSP), l'Association suisse contre la tuberculose et les maladies pulmonaires (ASTP) et la Société suisse de santé publique (SSSP), 84 pp.
- **AID AIR-GENEVE. Aide à la Décision pour la Gestion de la qualité de l’Air en Milieu Urbain.** Centre Universitaire d'Ecologie Humaine et des sciences de l'environnement (CUEH), 1998. Cahiers n° 1, 107 pp. (annexe AIR 2).
- **Assainissement de l'air à Genève. Rapport du suivi du plan des mesures. Etat 1999.** Département de l'Intérieur, de l'Agriculture, de l'Environnement et de l'Energie (DIAE), 2000a, 57 pp.
- **Assainissement de l'air à Genève. Plan de mesures actualisé.** Département de l'Intérieur, de l'Agriculture, de l'Environnement et de l'Energie (DIAE), juin 2000b, 31 pp.
- **NABEL. Le Réseau national d'observation des polluants atmosphériques. Le réseau, les stations de mesure, les principaux résultats.** Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP), 2001.

- **Qualité de l'air 2000.** Département de l'Intérieur, de l'Agriculture, de l'Environnement et de l'Energie (DIAE), Service scientifique de l'environnement, juin 2001, 55 pp.

- **Concept cantonal de la protection de l'environnement.** Département de l'Intérieur, de l'Agriculture, de l'Environnement et de l'Energie (DIAE), septembre 2001, 143 pp.

- **Concept cantonal de la protection de l'environnement. Bilan de l'état de l'environnement.** Département de l'Intérieur, de l'Agriculture, de l'Environnement et de l'Energie (DIAE), septembre 2001, 103 pp.

- **Assainissement de l'air à Genève. Bilan 2000. Rapport du plan de mesures actualisé.** Département de l'Intérieur, de l'Agriculture, de l'Environnement et de l'Energie (DIAE), Service scientifique de l'environnement, mai 2001, 19 pp. (annexe AIR 1).

- **L'air genevois. Toujours meilleur ! Immissions de NO₂, d'ozone et de PM10.** Septembre 2001. Touring Club Suisse (TCS), Technique et environnement, 31 pp.

- **Qualité de l'air à Genève.** Page web du Service cantonal de la protection de l'air. Site web officiel de l'Etat de Genève. <http://www.geneve.ch/air>

- **Règlement sur la protection de l'air (K 1 70.08).** Adopté en séance du Conseil d'Etat du 19 juin 2002.

- **Qualité de l'air 2001.** Département de l'Intérieur, de l'Agriculture, de l'Environnement et de l'Energie (DIAE). Service scientifique de l'environnement. Juillet 2002 (annexe AIR 3)

4.3.2. Qualité de l'air et risques pour la santé

La problématique de la gestion de la qualité de l'air est complexe. Une vision synthétique en est fournie par Médecins en faveur de L'Environnement (MfE, Suisse, 1997) et Bakonyi *et al.* (1998) dont nous reproduisons ci-dessous quelques extraits.

“ Pollution de l'air ”

L'air est un milieu complexe où les interactions physico-chimiques sont en perpétuels mouvements variant en fonction des facteurs météorologiques, de la température, de l'ensoleillement et des vents. L'arrivée dans ce milieu de polluants, souvent réactifs et instables, donne lieu à une chimie des plus difficiles qui soit à expliquer et représenter. Quand on parle de pollution de l'air, il ne faut pas oublier que toutes les substances, molécules et composés ont toujours été définis en relation avec la santé publique et / ou pour la protection des animaux, des plantes et de leurs biotopes et biocénoses (p. ex. libellé du premier article de la loi fédérale sur la protection de l'environnement de 1985). La pollution de l'air ayant des effets directs sur la population se situe au niveau local et régional où, en tant que facteurs de risque potentiels pour la population, les principales substances émises dans l'air qui sont surveillées et contrôlées sont les suivantes:

- **SO₂ (dioxyde de soufre):** le soufre contenu dans les huiles lourdes de chauffage, le charbon et la plupart des combustibles fossiles, est oxydé lors de la combustion. A Genève, ce n'est plus vraiment un problème ; les limites fixées au niveau suisse (OPAIR de 1992) sont

respectées depuis 1988, grâce aux progrès réalisés dans la qualité des combustibles, et aussi à l'amélioration des technologies de dépollution des effluents gazeux (en Suisse, le SO_2 a diminué de 57% depuis les années 70).

- **NO_x** (oxydes d'azote): lors de toute combustion l'azote de l'air (environ 78%) est oxydé en une grande variété de molécules elles-mêmes réactives, NO, N₂O, N₂O₃, NO₂, N₂O₄, etc.. Dans les réglementations sur la protection de l'air, seuls les NO_x totaux, le NO et le NO₂ sont pris en considération; en effet lors de l'émission, plus de 90% des NO_x sont produits sous la forme de NO, qui se transforme plus tard par réaction chimique en NO₂, l'oxyde d'azote le plus toxique.

- **CO** (monoxyde de carbone): substance dangereuse à haute concentration (asphyxie), produite lors de la combustion, elle se transforme par la suite en CO₂.

- **COV** (composés organiques volatils): cette abréviation représente un grand nombre de substances organiques (solvants, essences, hydrocarbures légers, etc.) qui s'évaporent à température ambiante. En Suisse, il n'y a pas de normes concernant ces molécules, mais elles doivent être surveillées car elles sont des précurseurs à la formation d'ozone. De tous ces COV, certains sont plus spécialement étudiés dans le contexte de la santé publique, tels les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) qui sont cancérigènes.

- **O₃** (ozone): substance instable et très réactive (oxydant fort), l'ozone est ce que l'on appelle un polluant secondaire, c'est-à-dire produit par la réaction d'autres polluants, plus spécialement les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, hydrocarbures et le rayonnement solaire. La formation de l'ozone étant très influencée par les conditions météorologiques, température, ensoleillement, vent, les concentrations maximales sont observées en été et principalement en campagne, avec des conséquences négatives sur les récoltes".

Le rendement global de la formation de l'ozone passe par un maximum lorsque les concentrations de précurseurs sont de l'ordre de 1-4 ppb. Pour des concentrations plus fortes telles qu'on les observe dans les centres urbains, le bilan est négatif; il y a consommation de l'ozone formé. A la campagne où les précurseurs sont dilués, il y a formation d'ozone. Le transport horizontal et vertical de tous ces composés complique encore le mécanisme (Cupelin, comm. pers.).

- **"Poussières:** En plus de ces substances bien définies, la qualité de l'air est influencée par des "polluants" plus complexes que sont les poussières. Formées principalement lors d'un processus de combustion, de taille, de poids et de composition très variable, ces particules sont connues pour servir de catalyseurs pour les réactions chimiques dans l'atmosphère, et aussi pour être responsables d'affections pulmonaires chez les êtres vivants. Dans ces poussières se trouvent également des métaux lourds comme le plomb (Pb), le Cadmium (Cd), le Zinc (Zn) et le Thallium (Tl) qui doivent être surveillés car toxiques. En ce qui concerne la santé publique, ce sont les poussières fines qui sont les plus dangereuses car elles pénètrent jusqu'aux alvéoles pulmonaires; par exemple les PM10, particules dont la taille est inférieure à 10 microns (μm).

Emissions, dispersion, immissions

Un mécanisme essentiel du processus de pollution de l'air concerne le transport, la dispersion et la diffusion des polluants dans l'atmosphère. En effet, les immissions¹ (qui se trouvent dans l'air que l'on respire) sont le résultat d'un processus complexe qui commence à l'émetteur, cheminée, pot d'échappement, site industriel, etc. Une fois produits, les polluants se dispersent dans l'atmosphère, sous l'influence des facteurs météorologiques, comme la température, les courants thermiques et l'intensité de l'ensoleillement (figure 4.14). Pendant ce laps de temps plus ou moins long, de nombreuses réactions chimiques se déroulent, qui transforment les polluants primaires en composés plus stables qui peuvent alors être plus facilement détectés et analysés. Ce sont ces derniers composés -les imitons- qui de par leur toxicité et à travers leur inhalation sont des facteurs de risques pour la santé."

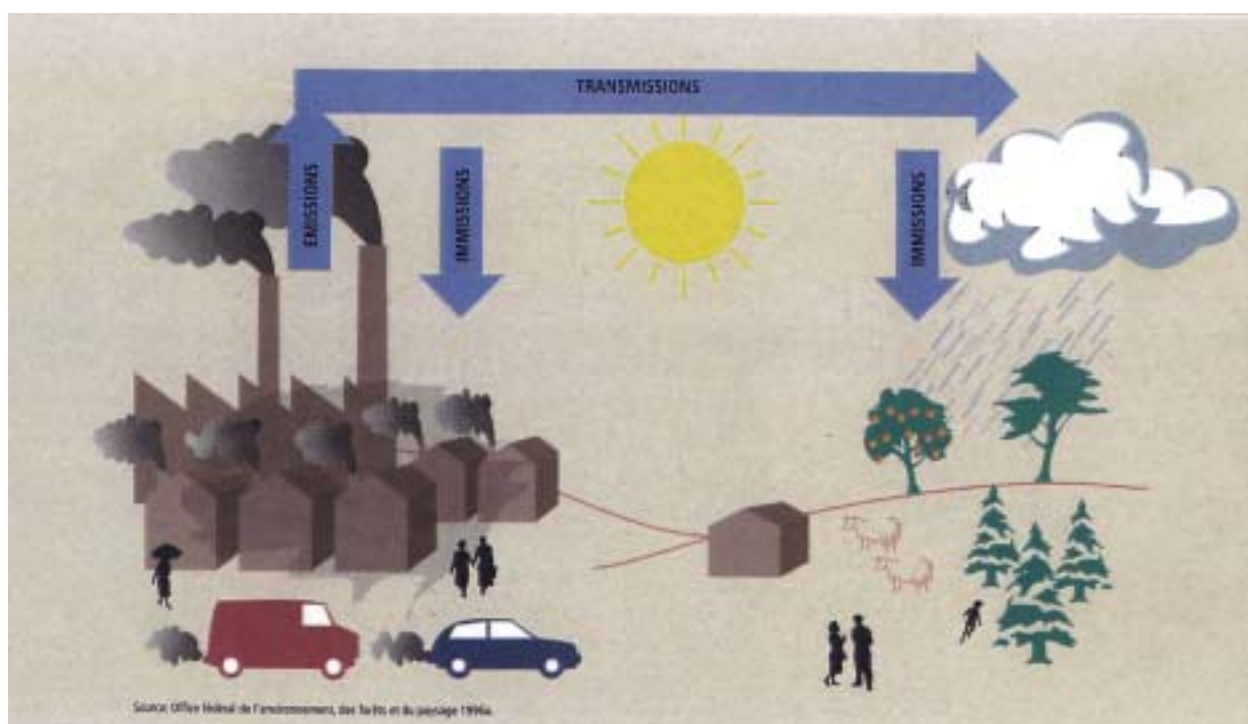


Figure 4.14: Relation entre émissions, transmissions et immissions (OFEFP, 1996b)

Rappelons qu'en vertu de l'article 14 de la LPE, sont considérées comme excessives les immissions qui dépassent une ou plusieurs des valeurs fixées par l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair). En-dessous de ces valeurs limites, les polluants ne devraient pas, selon l'état des connaissances scientifiques ou de l'expérience:

- menacer les hommes, les animaux et les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes,
- gêner de manière sensible la population dans son bien-être,
- endommager les constructions,

¹ immission: valeur caractérisant tout phénomène transmis par l'atmosphère (impuretés de l'air, nuisances sonores, vibrations, lumière, chaleur, rayonnement, etc.) agissant sur l'être humain, les animaux, les végétaux ou les matériaux (MfE, 1997).

- d) porter atteinte à la fertilité du sol, à la végétation ou à la salubrité des eaux.

Il est évident qu'en cas de dépassement des valeurs limites d'immission, toute la population ne va pas tomber malade d'un seul coup, ni l'environnement subir immédiatement des dégâts; il n'en existe pas moins un risque accru d'effets nuisibles.

Sources des principaux polluants atmosphériques

Les sources des principaux polluants atmosphériques sont présentées dans le tableau 4.21 établi par MfE (1997).

Tableau 4.21: Sources des principaux polluants atmosphériques (MfE, Suisse, 1997)

| POLLUANTS | SOURCES |
|---|--|
| Dioxyde de soufre (SO₂) | Chauffages domestiques et industriels; résulte de la combustion des combustibles contenant du soufre |
| Dioxyde d'azote (NO₂) | Véhicules à moteur, chauffages domestiques et industriels; la combustion libère tout d'abord du monoxyde d'azote (NO), qui, dans l'air, se transforme rapidement en NO ₂ |
| Ozone (O₃) | Polluant secondaire; résulte de l'action du rayonnement solaire sur le NO ₂ et les COV |
| Monoxyde de carbone (CO) | Véhicules à moteur; résulte d'une combustion incomplète |
| Composés organiques Volatils (COV) | Véhicules à moteur, transvasement de carburants, industrie, arts et métiers, ménages; résulte de la combustion incomplète des combustibles et carburants ou de leur évaporation dans l'air; les principaux COV sont les alcanes, les alcènes, les aldéhydes et les hydrocarbures aromatiques (en particulier le benzène et le toluène) |
| Acide chlorhydrique (HCl) | Incinération des ordures (résulte de la combustion du chlorure de polyvinyle (PVC)), combustion de charbon |
| Acide fluorhydrique (HF) | Incinération des ordures, fonte de l'aluminium |
| Hydrocarbures chlorés | Industrie, arts et métiers; composés à dégradation lente dégagés lors du nettoyage chimique, du dégraissage (trichloréthylène et perchloréthylène notamment) et de l'utilisation de produits destinés au traitement des végétaux et du bois |
| Poussières en suspension | Chauffages domestiques et industriels, véhicules à moteur, industrie, arts et métiers; particules solides de taille et de composition diverses résultant de la combustion et des procédés industriels |
| PM₁₀ | Particules de poussières d'un diamètre inférieur à 10 micromètres; mélange des polluants primaires issus principalement des processus de combustion, des procédés industriels et de l'abrasion des revêtements routiers et des pneumatiques, et d'aérosols secondaires (nitrate d'ammonium, sulfate d'ammonium) |
| Plomb (Pb) | Véhicules à moteur, industrie; dégagé dans l'environnement lors de la combustion d'essence contenant du plomb et lors des procédés industriels |
| Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Mercure (Hg), Zinc (Zn) | Incinération des ordures; métaux dégagés lors de la combustion de colorants et de matières synthétiques contenant du cadmium, de pigments contenant du chrome, de tôles contenant du zinc, de thermomètres et de piles contenant du mercure, ainsi que lors des travaux anticorrosion |

La présence de substances nocives dans l'atmosphère des locaux à l'intérieur des bâtiments est également devenue un problème préoccupant. Selon MfE (1997), ce problème est à mettre

en relation avec le fait que l'on isole de mieux en mieux les maisons pour des raisons d'économies d'énergie et qu'on les aère de moins en moins. En outre, certains des matériaux utilisés pour l'aménagement intérieur ou pour la construction elle-même contiennent des substances chimiques qui peuvent être libérées dans l'air durant des années et menacer ainsi la santé (figure 4.15).

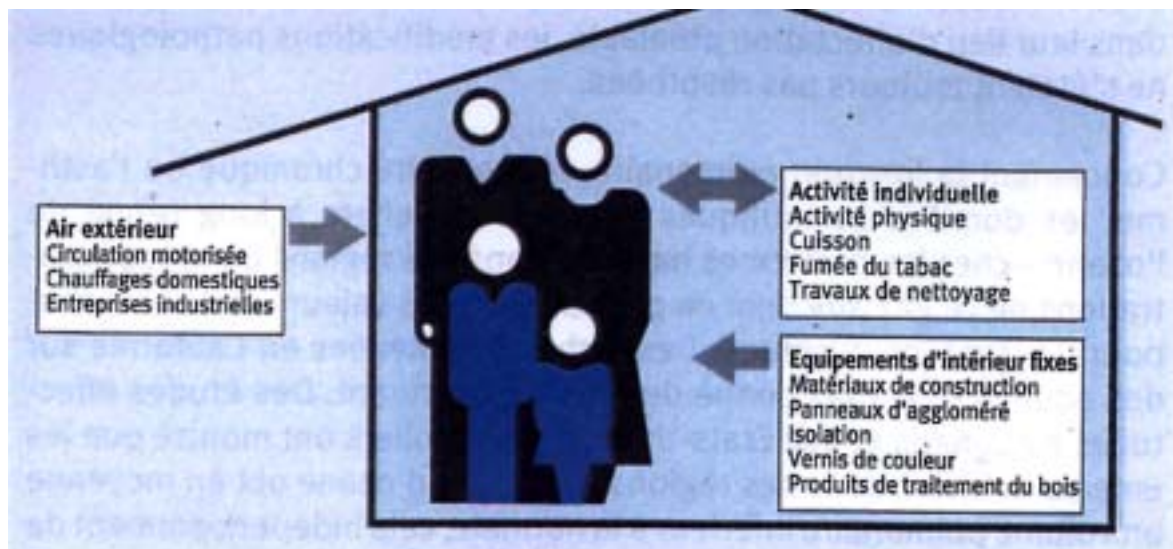


Figure 4.15: Sources de pollution à l'intérieur des bâtiments (MfE, Suisse, 1997)

Toutefois, il a été démontré que la pollution à l'intérieur des bâtiments dépendait largement de la pollution extérieure (50 % inférieure à l'intérieur des bâtiments). Ainsi, toute diminution de cette dernière a des effets positifs sur la qualité de l'air dans les locaux (MfE, 1997).

Les niveaux de pollution atmosphérique mesurés en Suisse dans divers contextes ont été présentés par l'OFEP (1996b) et figurent dans le tableau 4.22.

Tableau 4.22: Taux typiques de pollution atmosphérique en Suisse durant l'année 1995 (OFEP, 1996b)

| Régions | Dioxyde de soufre (SO ₂) Moyenne annuelle (µg / m ³) | Dioxyde d'azote (NO ₂) Moyenne annuelle (µg / m ³) | Ozone (O ₃) 98 % des valeurs max.* (µg / m ³) |
|---------------------------|--|--|--|
| Régions alpines | < 2 | < 5 | 110-150 |
| Régions rurales | 2-10 | 5-35 | 135-220 |
| Agglomérations | 5-15 | 15-40 | 130-220 |
| Centre des villes | 5-20 | 30-60 | 85-225 |
| Valeur limite d'immission | 30 | 30 | 100 |

* = 98 % des valeurs semi-horaires pour le mois d'été durant lequel la charge en ozone a été la plus forte.

Risques pour la santé engendrés par la pollution atmosphérique

Comme le rappelle Bakonyi *et al.* (1998), nous sommes exposés en permanence à la pollution de l'air dans la vie de tous les jours, que ce soit à domicile, sur le lieu de travail et à l'extérieur. Bien que des estimations montrent que nous passons quelque 80% de notre temps

à l'intérieur, la plupart des études actuelles disponibles se basent sur la pollution atmosphérique extérieure pour en évaluer les effets sur l'homme. Les facteurs de risques les plus souvent analysés sont les immissions de SO₂, NO₂ et les poussières en suspension, avec dernièrement une attention particulière pour les PM₁₀² et même les particules les plus fines comme les PM₂, PM₁.

Les effets des polluants atmosphériques se manifestent principalement le long des voies respiratoires et dans les poumons (figure 4.16).

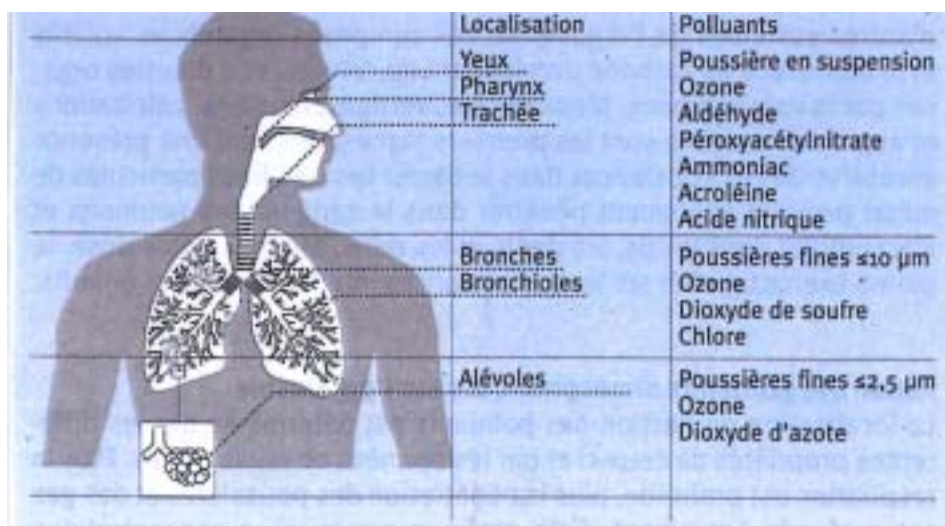


Figure 4.16: Localisation des effets de quelques polluants atmosphériques le long des voies respiratoires et dans les poumons (MfE, Suisse, 1997)

Différentes études épidémiologiques récentes ont démontré le lien entre la pollution de l'air et certaines maladies, principalement pulmonaires (Leuenberger, 1995, MfE, Suisse, 1997) (tableau 4.23).

Tableau 4.23: Lien entre le niveau de pollution de l'air et la fréquence des problèmes respiratoires en Suisse (résultats des études SAPALDIA et SCARPOL) (MfE, Suisse, 1997)

| | Habitat en zone faiblement polluée | Habitat en zone fortement polluée |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Poussières en suspension (PM ₁₀) | 10 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ | 33 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ |
| Dioxyde d'azote (NO ₂) | 10 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ | 58 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ |
| <u>Adultes non fumeurs souffrant de :</u> | | |
| • toux chronique ou sécrétion accrue de mucus | 5 % | 9 % |
| • dyspnée en cas d'effort léger | 5 % | 11 % |
| <u>Ecoliers ayant souffert :</u> | | |
| • d'épisodes de toux fréquents | 24 % | 47 % |
| • de maladies des voies respiratoires (grippe, bronchite) au cours des douze derniers mois | 32 % | 45 % |

² Particules fines d'une taille inférieure à 10 micromètres, PM₂ inférieure à 2 micromètres, PM₁ inférieure à 1 micromètre.

Selon MfE (1997), les poussières fines présentes dans l'air constituent un bon indicateur de la pollution atmosphérique globale.

Dans l'ordonnance sur la protection de l'air OPair, une distinction est faite entre les poussières en suspension et les retombées atmosphériques, avec différentes limites de concentration de métaux lourds. Pour les poussières, les normes de l'OPair sont respectées à Genève.

Un aperçu des effets de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé lorsque la concentration de poussières fines (PM10) augmente, est présenté dans le tableau 4.24.

Tableau 4.24: Aperçu des effets de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé, lorsque la concentration de poussières fines (PM10) augmente de 10 µg / m³ (MfE, Suisse, 1997).

| Détérioration temporaire de la qualité de l'air de l'ordre de 10 µg / m³ de PM₁₀: | |
|--|--------|
| Hausse de la mortalité quotidienne (sans les accidents), au total | 0,5-1% |
| - pour cause d'affections respiratoires | 3-4% |
| - pour cause d'affections cardio-vasculaires | 1-2% |
| Accroissement du nombre des admissions dans les hôpitaux | |
| - pour cause d'affections respiratoires | 1,5-2% |
| - pour cause d'affections cardio-vasculaires | 0,5-1% |
| Accroissement du nombre des consultations en urgence pour cause d'asthme | 2% |
| Augmentation de la fréquence des crises d'asthme chez les asthmatiques | 5% |
| Accroissement de l'usage de médicaments complémentaires par les asthmatiques | 5% |
| Hausse de l'absentéisme au travail ou limitation de l'activité professionnelle pour cause d'affections respiratoires | 10% |
| | |
| Dégradation durable de la qualité de l'air de l'ordre de 10 µg / m³ de PM₁₀: | |
| Hausse de la mortalité totale | 3-8% |
| Augmentation de la fréquence de la bronchite chronique chez les adultes | 25% |
| Accentuation de la toux et de la sécrétion de mucus chez les adultes | 13% |
| Aggravation de la bronchite aiguë chez les enfants au cours des douze derniers mois | 35% |
| Accentuation des troubles respiratoires chez les enfants | 54% |
| Recul de la fonction pulmonaire chez les adultes | 3% |

Les effets ne se font généralement sentir que progressivement et souvent les dégâts qu'ils occasionnent ne sont décelables qu'à long terme. C'est pourquoi selon l'OPair, "si les valeurs limites d'immission sont dépassées, il faut, selon l'ampleur du dépassement, ramener dans un délai bref à moyen, la pollution atmosphérique à un niveau tolérable". A cet effet, l'OPair prévoit l'assainissement des installations isolées, ainsi que des plans d'assainissement ou plan des mesures pour les régions exposées.

4.3.3. Niveaux de la pollution atmosphérique dans le canton de Genève et dans la commune de Bernex

Mesures des immissions dans le canton de Genève

Les mesures actuelles de la qualité de l'air à Genève sont réalisées par le Service cantonal de protection de l'air. Un réseau de 8 stations de mesures fixes et 2 mobiles, dont une est utilisée

pour étudier l'influence de la station d'incinération cantonale des Cheneviers, sont en fonction (ROPAG, Réseau d'Observation de la Pollution Atmosphérique à Genève). Ces sites mesurent différents composés chimiques et paramètres physiques de l'air suivant les recommandations de l'Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEPF). En ce qui concerne les substances chimiques, des mesures sont effectuées pour le SO₂, le NO₂, le NO, l'O₃, les HCT (hydrocarbures totaux), le CH₄ et le CO. Le total des particules en suspension (poussières fines dont la vitesse de chute est inférieure à 10 cm/s), ainsi que les retombées de poussières sont quantifiées et leurs teneurs en divers métaux lourds (Pb, Cd, Zn, TI) évaluées. Les mesures physiques portent sur la température, l'humidité relative, le rayonnement solaire, la direction et la vitesse du vent. En ce qui concerne les substances chimiques et les paramètres physiques, les mesures sont effectuées en continu.

Quel que soit l'emplacement des stations de mesures, il faut se rappeler que celles-ci prennent toujours en compte, sans les différencier, les polluants en provenance de sources locales, régionales et transfrontalières. En outre, les immissions mesurées dépendent, pour un endroit donné, de la charge des émissions et des conditions météorologiques qui vont présider à la dilution des polluants. Ainsi, des différences seront-elles observées, selon que l'on se trouve en régime de bise ou de vent et selon les saisons.

Aucun point de mesure du réseau ROPAG n'est situé sur le territoire de la commune de Bernex (fig. 4.17). A titre d'exemple, nous donnons dans le tableau 4.25 les valeurs mesurées par le Service cantonal de protection de l'air concernant la station de Passeiry dont les caractéristiques du territoire se rapprochent le plus de celles de cette commune (station située en milieu rural, dans un pré, sur la commune d'Avully).

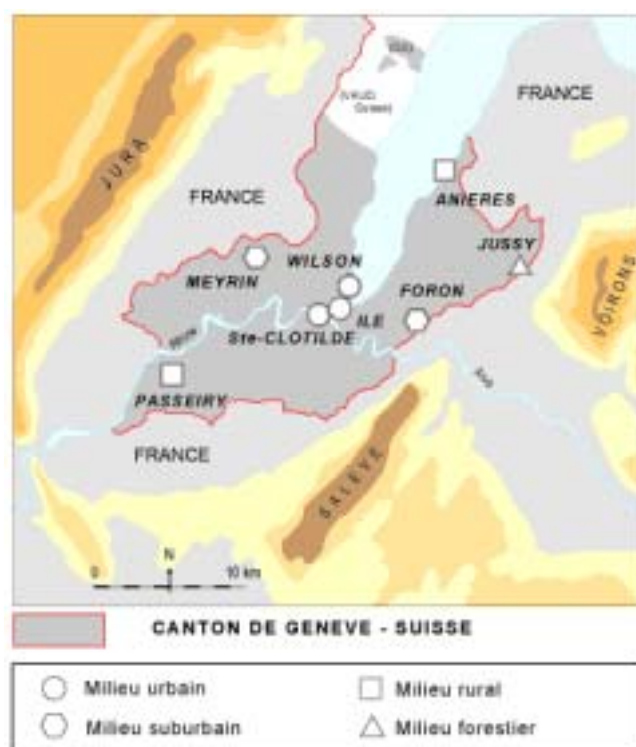


Figure 4.17 : Stations de mesure du réseau d'observation de la pollution atmosphérique dans le canton de Genève (ROPAG) (Service scientifique de l'environnement, 2001).

Les conditions qui prévalent à Bernex sont peu influencées par la Ville de Genève ainsi que par les axes routiers et autoroutiers, grâce aux vents dominants (Cupelin, comm. pers.). La qualité de l'air de la commune est, de surcroît, peu affectée par la proximité de l'usine d'incinération des Cheneviers. De ce fait, la station de Passeiry située dans une zone rurale à faible densité d'habitation et subissant peu d'influences de grandes agglomérations se rapproche sensiblement de la situation observée à Bernex.

Précisons aussi que le réseau d'observation ROPAG vise avant tout à obtenir une vision globale de la qualité de l'air dans le canton de Genève par l'élaboration d'un modèle calibré à partir de l'ensemble des stations. Il n'est donc pas possible d'extrapoler simplement les résultats obtenus dans d'autres stations à la situation de Bernex qui doit être étudiée pour elle-même (Cupelin, comm. pers.).

On remarque sur le tableau 4.25, réalisée à partir des données récoltées dans la station de Passeiry (milieu rural), que le principal problème de pollution de l'air a trait, comme dans la plupart des communes rurales et suburbaines, aux dépassements des valeurs limites admises de concentration en ozone. Toutefois, on constate que la concentration des particules de moins d'un μm est aussi relativement élevée, avec une moyenne annuelle qui atteint la valeur limite.

Tableau 4.25: Station de Passeiry: mesures du monoxyde de carbone, du dioxyde d'azote, du dioxyde de soufre et de l'ozone (Service scientifique de l'environnement, 2002).

| | Dioxyde de soufre (SO ₂) | Dioxyde d'azote (NO ₂) | PM ₁₀ | Ozone (O ₃) |
|---|--------------------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------|
| Valeur limite OPair en $\mu\text{g}/\text{m}_3$ | 100 | 80 | 20 | 120 |
| Moyenne annuelle en $\mu\text{g}/\text{m}_3$ | 2 | 13 | 20 | 52 |
| Nombre de dépassements de la valeur limite pour la moyenne journalière | 0 | 0 | 2 | 50* |

* Nombre de dépassements pour la moyenne horaire

Une station de mesures mobile a été installée sur le Signal de Bernex, en novembre 1998. Suite à des actes de vandalisme qui l'ont endommagée, la station a dû être démontée en juillet 1999 (Cupelin, comm. pers.). Nous reproduisons ici les résultats enregistrés dans cette station, qui diffèrent quelque peu de ceux de Passeiry (tableau 4.26). Il faut garder à l'esprit que ces mesures ne recouvrent pas l'année entière et qu'elles datent de trois ans ; la situation s'est encore améliorée depuis. De plus, nous ne disposons pas de la moyenne annuelle pour l'ozone, ce qui empêche la comparaison avec la station de Passeiry.

Tableau 4.26: Station mobile du Signal de Bernex : mesures du monoxyde de carbone, du dioxyde d'azote, du dioxyde de soufre et de l'ozone (Données du Service cantonal de protection de l'air, 2002).

| <i>Période de mesure du 1.11.1998 au 14.07.1999</i> | Dioxyde de soufre (SO ₂) | Dioxyde d'azote (NO ₂) | PM ₁₀ | Ozone (O ₃) |
|---|--------------------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------|
| Valeur limite OPair en $\mu\text{g}/\text{m}_3$ | 100 | 80 | - | 120 |
| Moyenne annuelle en $\mu\text{g}/\text{m}_3$ | 4 | 24 | - | 137* |
| Nombre de dépassements de la valeur limite pour la moyenne journalière | 0 | 0 | - | 75** |

* Moyenne horaire maximum

** Nombre de dépassements pour la moyenne horaire

Il est avéré que l'ozone mesuré dans les basses couches de la troposphère a plusieurs origines. A la base, il y a toujours une ou plusieurs réactions photochimiques (rayonnement solaire) avec l'oxygène ou les oxydes d'azote et les hydrocarbures (appelés "précurseurs").

Les "précurseurs" et l'ozone peuvent être transportés, verticalement à partir de la stratosphère ou de la couche limite de mélange (environ 1000 m. d'altitude) et horizontalement sous l'influence des vents dominants. Il en résulte que les concentrations d'ozone les plus fortes ne sont pas enregistrées dans les zones où sont émis les polluants primaires (agglomérations), mais dans les zones alentours ainsi qu'en région rurale. En 1998, comme depuis de nombreuses années, on constate que la charge en ozone augmente en fonction de l'éloignement du milieu urbain.

Selon ce rapport, il est estimé que l'ensemble de ces phénomènes montre qu'il est quasi impossible, à l'échelle locale, de déterminer une relation de cause à effet entre les émissions d'un polluant primaire (monoxyde d'azote, hydrocarbures) avec les valeurs d'immission d'un polluant secondaire (ozone).

En ce qui concerne les effets de ce polluant sur la santé, la réaction à l'ozone varie très fortement selon les individus (MfE, 1997). Des études ont montré que des effets aigus mis en évidence expérimentalement (effets à court terme), comme l'irritation des muqueuses des voies respiratoires et des douleurs en cas de respiration profonde, pouvaient également être observés chez des sujets testés alors qu'ils pratiquaient une activité sportive en plein air. En effet, il a été démontré qu'en cas d'activité sportive, la baisse de la fonction pulmonaire est proportionnelle à l'accroissement de la concentration d'ozone, et cela aussi bien chez les adultes que chez les adolescents et les enfants. Une exposition prolongée à l'ozone peut entraîner une inflammation chronique des bronchioles.

Quelques recommandations ont été données par Médecins en faveur de l'Environnement (MfE) Suisse (1997) sur le comportement à adopter en cas de pics d'ozone de courte durée :

- *tout le monde peut sortir en plein air !*
- *la pratique sportive n'est pas déconseillée non plus*
- *lors des manifestations sportives estivales, les compétitions d'endurance particulièrement fatigantes devraient, dans toute la mesure du possible, avoir lieu le matin ou en soirée*
- *dans le cadre de ces manifestations, les sportives et sportifs qui se plaignent de troubles physiques doivent être mis à l'abri de toute pression en ce qui concerne les performances à réaliser*
- *toute personne ressentant des troubles récidivants devrait se faire examiner par un médecin.*

Pour combattre la pollution par l'ozone, il est préconisé de prendre des mesures à la source pour diminuer la concentration en précurseurs dans l'air (oxydes d'azote et composés organiques volatils, CFC par exemple).

Les principales sources de pollution à Genève ont été répertoriées à partir de 1988. Le tableau 4.27 présente les calculs et estimations pour le NOx et les COV, qui non seulement doivent

être contrôlés et surveillés pour eux-mêmes, mais aussi en tant que précurseurs à la formation d'ozone.

Même si le Touring Club Suisse proclame "L'air genevois, toujours meilleur" (TCS, 2001), on voit que les problèmes ne sont pas encore tous résolus.

Le rapport du Service cantonal d'écotoxicologie (1999) confirme que "les sources d'émission des composés polluants qu'on retrouve dans l'air proviennent principalement du trafic routier, des chauffages et dans une moindre mesure de l'activité industrielle et du trafic aérien".

Tableau 4.27 : Emissions totales par sources de NOx et COV en tonnes par an en 1988
(Tableau repris de l'étude Bilan de Santé environnementale Genevois (BISEG) de l'EPFL et DASS, juin 1993)

| SOURCES | OXYDES D'AZOTE TOTAUX (Nox) | | COMPOSES ORGANIQUES VOLATILES (COV) | |
|--|--------------------------------|-----|--|-----|
| | t / an | % | t / an | % |
| 1. AVIONS | 556 | 8 | 92 | 1 |
| 2. CAMIONS | 1392 | 21 | | |
| 3. VOITURES | 2701 | 42 | 1318 | 11 |
| 4. TRANSPORTS | 4649 | 71 | 1410 | 12 |
| 5. CHAUFFAGE | 1008 | 15 | 549 | 4 |
| 6. USINE D'INCINERATION | 601 | 9 | | |
| 7. INDUSTRIES | 309 | 5 | | |
| TOTAL ACTIVITES INDUSTRIELLES (6+7) | 910 | 14 | 10040 | 84 |
| EMISSIONS TOTALES | 6567 | 100 | 11999 | 100 |

L'étude des émissions des composés organiques volatils par les entreprises de l'artisanat genevois (ECOTOX et OCIRT, DIEAR et DEP, 1996) révèle que 3400 tonnes de COV (non méthaniques, composés qui entrent dans la formation de l'ozone) sont émises annuellement par l'industrie et l'artisanat genevois (chiffre issus des émissions relevées durant l'année 1991).

Les émissions liées à la manipulation de carburants (stockage et distribution) représentent 41% des émissions de COV de l'industrie et de l'artisanat. Les dépôts pétroliers sont, avec les usines de fabrication de parfums et d'arômes, les émetteurs ponctuels les plus importants. Les stations-service représentent une source moins ponctuelle, mais globalement la plus importante.

Viennent ensuite par ordre d'importance décroissante les branches d'activité suivantes : peinture, plâtrerie, papiers peints ; garages, carrosseries ; bâtiment, génie civil ; horlogeries, bijouteries ; électronique, électrotechnique ; imprimerie ; nettoyage à sec ; production vinicole ; boulangeries industrielles ; recherche et hôpitaux.

4.3.4. Stratégie de lutte contre la pollution de l'air

La stratégie de lutte contre la pollution de l'air du canton de Genève est présentée dans l'avant-projet du Concept cantonal de la protection de l'environnement (DIAE, 2000). Le but général visé est l'assainissement de la qualité de l'air afin d'atteindre les objectifs fixés par la législation fédérale en particulier en ce qui concerne les émissions de NOx, de COV et des particules fines (PM₁₀).

Cette stratégie comprend un Plan d'action global élargissant le Plan des mesures par l'intermédiaire d'une méthodologie complétée (DIAE, 2000a) et des plans d'action sectoriels dans les domaines suivants:

- ◆ Suivi du plan de mesures OPair
- ◆ Développement des outils de gestion de la qualité de l'air
- ◆ Mobilité : plan régional des déplacements (PrD)
- ◆ Transports publics
- ◆ Contrôle des installations de chauffage selon l'OPair
- ◆ Contrôle des installations stationnaires des entreprises
- ◆ Plan d'action amiante.

Dans le but de respecter les normes de concentration des polluants dans l'air, un Plan de mesures a été élaboré par le canton en 1991 (Arrêté du Conseil d'Etat, conformément à l'article 31 OPair).

Ce plan de mesures est élaboré en vue d'un seul objectif global, la réduction suffisante des émissions de polluants dans l'air. Sept constats sont aujourd'hui effectués, permettant de démontrer l'efficacité ou non des mesures actuelles, mais aussi les efforts et les mesures restant à appliquer pour obtenir une amélioration substantielle de la qualité de l'air (DIAE, 2000a).

- le renouvellement du parc automobile est toujours en cours avec l'équipement de catalyseurs sur tous les véhicules. A noter qu'en 2001, 15% des voitures sont encore non catalysées à Genève ;
- le plan de mesures 1991 misait sur une réduction du trafic automobile, mais dans la réalité c'est le contraire qui se produit ;
- le report modal, c'est-à-dire le transfert des personnes d'un mode de transport privé vers un mode de type public, tarde à se réaliser, et ceci malgré l'augmentation de l'offre des TPG (ouverture de nombreuses nouvelles lignes récemment) ;
- dans le domaine aérien, on remarque une constante augmentation des mouvements d'avion. L'Aéroport de Genève estime que le nombre de ses usagers est passé de 5,7 millions en 1991 à près de 8 millions en 2000 (Site web de l'Aéroport de Genève, <http://www.gva.ch>);
- le contrôle des installations pour le chauffage des locaux a bien souvent révélé une concentration excessive en oxydes d'azote (NO_x) mais leur assainissement est en bonne voie ;
- les émetteurs de Composés Organiques Volatils (COV) ont été généralement identifiés et assainis. Il s'est avéré que plus de 40 % des COV provenaient des opérations de manipulation de carburants. Il faut aussi noter la mise en place de la taxe sur les COV ;
- la dernière remarque a trait à la consommation d'énergie, principalement de mazout et de gaz. Cette consommation est dépendante des saisons (plus de dépenses en hiver), à l'augmentation de la demande (nombre accru de logements) et à la substitution du mazout par le gaz.

Les premiers effets de ce plan se font sentir et une évolution encourageante se dessine. On constate, par exemple, jusqu'en 1996, une baisse des immissions de dioxyde d'azote en milieu urbain. On peut attribuer en grande partie celle-ci à la diminution des émissions dont l'origine est liée à l'augmentation du taux de véhicules équipés de catalyseur. Cependant, il est fort probable que les objectifs énoncés dans le plan de mesures 1991 ne soient pas respectés à

l'horizon 2002, notamment en ce qui concerne les valeurs d'immissions du dioxyde d'azote et de l'ozone (DIAE, 2000a). En effet, on constate globalement que les immissions de dioxyde d'azote sont quasi stationnaires depuis 1996. L'objectif de décroissance n'est donc pas encore atteint et il est par conséquent impératif de poursuivre la mise en place des mesures susceptibles de réduire les émissions de ce polluant, notamment celle touchant à la circulation automobile.

Le lecteur trouvera des informations complémentaires, notamment en ce qui concerne les mesures d'assainissement mises en place à l'échelle cantonale dans les rapports du suivi du plan d'assainissement, états 1995 (DIEAR, 1996), 1999 (DIAE, 2000a) et 2000 (DIAE, mai 2001) (annexe AIR 1).

Pour chaque mesure, une brève description présente l'avancement des travaux et les difficultés rencontrées lors de leur mise en œuvre.

Le plan d'assainissement concerne les domaines suivants: transports collectifs, transports individuels, stationnement; transports professionnels, deux-roues, véhicules électriques, aéroport et trafic aérien, chauffages et industries; il donne des informations sur les modalités, les contrôles et les sanctions.

L'assainissement concerne également les installations soumises à l'OPair: parc des voitures de tourisme, installations industrielles et installations pour la production de chaleur.

Ce rapport met également en évidence les actions particulières prises à l'initiative des communes (bien que les autorités communales n'aient pas de prérogatives directes dans le domaine de l'application de l'OPair) qui vont dans le sens de l'assainissement de la qualité de l'air.

Ainsi, les communes d'Aire-la-Ville, Anières, Bellevue, Chêne-Bourg, Genève, Lancy, Meinier et Veyrier ont procédé à l'assainissement des chaufferies des bâtiments communaux.

Les communes de Genève, Grand-Saconnex, Plan-les-Ouates, Satigny et Veyrier ont également pris d'autres mesures complémentaires dans des domaines divers: surveillance accrue des feux sauvages, réduction de la vitesse de la circulation, incitation à l'utilisation des transports publics, préservation des espaces verts, diminution des consommations d'énergie...

On ne peut que regretter que 77% des communes genevoises, dont la commune de Bernex, n'aient pas encore pris de mesures particulières à ce jour. Pourtant, les communes urbaines comme les communes rurales sont actuellement concernées par des immissions excessives d'ozone.

Notons encore que ce rapport rappelle également les mesures prises par la Confédération et le Canton, permettant d'accélérer l'assainissement de la qualité de l'air.

Dans le "Rapport du suivi du plan des mesures. Etat 1999" établi dans le cadre du programme d'assainissement de l'air à Genève (DIAE, 2000a), le Service cantonal d'écotoxicologie dresse le bilan de l'assainissement de la qualité de l'air pour la période 1995-1999.

Les principales conclusions peuvent être résumées comme suit :

Conclusion n° 1: L'évolution de la qualité de l'air à Genève

Globalement, la qualité de l'air s'est légèrement améliorée depuis 1995. Cependant, la décroissance souhaitée des immissions n'est pas atteinte et celles-ci restent excessives pour certains polluants.

Le tableau 4.28 résume l'ensemble des résultats de manière schématique.

Selon toute vraisemblance, le respect des valeurs limites d'immissions pour le dioxyde d'azote

et l'ozone ne sera pas effectif à l'horizon 2002 sur l'ensemble du territoire, contrairement aux objectifs du Plan de mesures de 1991.

La figure 4.18 montre l'évolution de la concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote pour les différentes zones du territoire.

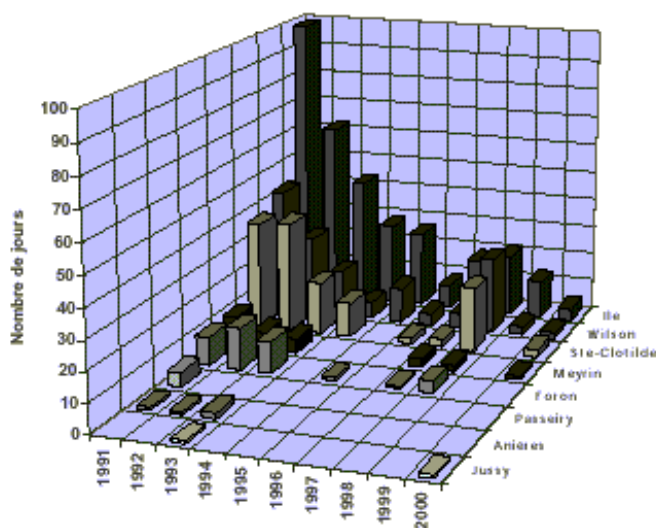
Le nombre de jours où la valeur limite de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassée est en diminution sur l'ensemble du territoire depuis 1991, avec cependant une stabilisation de cette décroissance au cours des deux dernières années.

Depuis 1991, on observe également une diminution du nombre de dépassements de la valeur limite ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de la concentration moyenne horaire en ozone. Mais depuis 1993, la situation ne s'améliore guère (DIAE, mai 2001).

Tableau 4.28 : Qualité de l'air à Genève – état 2000 (DIAE, mai 2001)

| Zone | dioxyde d'azote | ozone | dioxyde de soufre | monoxyde de carbone | PM10 ^(a) |
|------------|-----------------|-------|-------------------|---------------------|---------------------|
| urbaine | ☹ | ☹ | ☺ | ☺ | ☹ |
| suburbaine | ☺ | ☹ | ☺ | ☺ | ☹ |
| rurale | ☺ | ☹ | ☺ | ☺ | ☹ |

- (a) particules fines en suspension dans l'air
 ☺ valeur limite respectée
 ☹ immissions excessives



Nombre de jours où la valeur limite moyenne journalière, en dioxyde d'azote, est dépassée

Figure 4.18 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote dans différentes zones du territoire en regard des objectifs fixés dans le Plan des mesures 1991 (Source : DIAE, mai 2001).

Conclusion n° 2 : Bilan de la mise en œuvre des mesures

L'objectif de diminution des émissions des polluants (oxydes d'azote et des composés organiques volatils) n'est pas atteint malgré la mise en œuvre du plan de mesures et malgré le fait que les nouvelles installations fixes ou mobiles répondent actuellement à des normes d'émission plus sévères que par le passé. Afin de réduire globalement les émissions, plusieurs orientations sont possibles (fig. 4.19).

Il est cependant important de remarquer que l'efficacité des mesures inscrites dans le plan de mesures reste actuellement difficile à déterminer. Mis à part quelques exceptions, les méthodes de suivi doivent encore être définies et rendues opérantes.

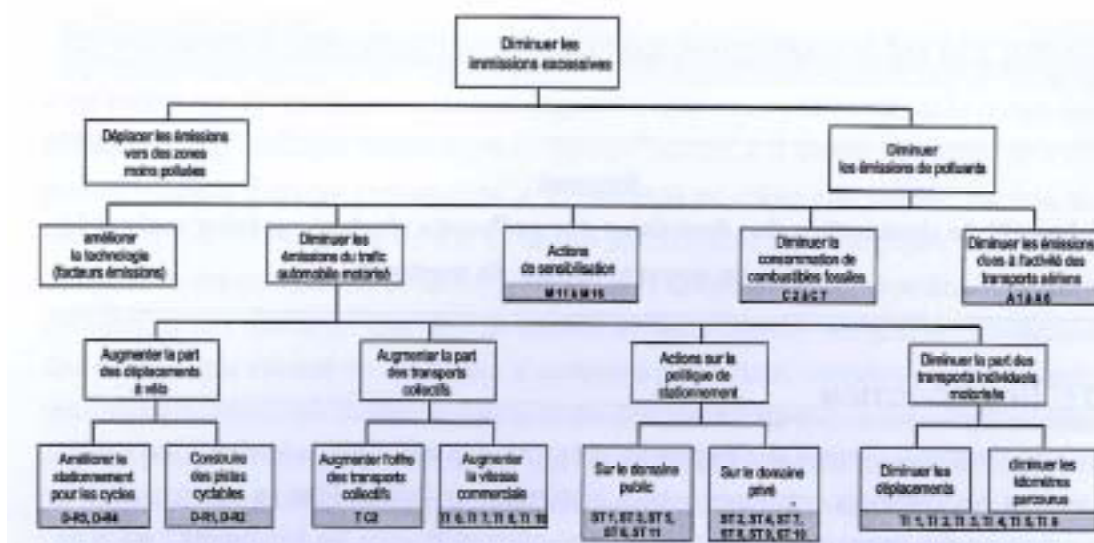


Figure 4.19 : Le plan de mesures : organisation des intentions et des mesures mises en œuvre (Source : Ecotox, 2000).

Conclusion n° 3 : Réflexions sur le suivi du plan de mesures

La démarche du plan de mesures au sens de l'OPair est nécessaire mais insuffisante pour mettre en œuvre une politique d'assainissement de la qualité de l'air.

La stratégie de protection de l'air ne doit pas être limitée au seul périmètre du canton, comme cela est prévu par l'OPair. En effet, le canton de Genève est directement concerné par les polluants émis au-delà de ses frontières politico-administratives.

En conséquence, une vision globale doit être adoptée. Soulignons qu'une amélioration de la qualité de l'air ne saurait être effective sans l'élaboration d'une stratégie cohérente d'aménagement du territoire et une politique durable des déplacements.

Le plan de mesures est un instrument parmi d'autres permettant de contribuer à la décroissance des émissions de polluants. Les mesures qu'il contient doivent répondre aux critères énumérés dans l'OPair.

Cependant, c'est l'ensemble des mesures à l'origine de la décroissance des émissions, qui doit être pris en compte pour évaluer l'efficacité d'un plan d'assainissement de l'air. Par conséquent, il faut considérer l'influence des stratégies globales mises en œuvre pour atteindre l'objectif de la qualité de l'air. On s'oriente ainsi vers une méthodologie plus ambitieuse et plus prometteuse que l'approche préconisée dans le plan de mesures. Cet outil doit être intégré

dans un système de management qui englobe de manière systémique toutes les actions susceptibles de réduire les émissions.

Conclusion n° 4 : Réactualisation du plan de mesures

Le nouveau système, dit "Système de management de la qualité de l'air", qui est proposé tient compte de tous les instruments permettant de diminuer ou de contenir les émissions polluantes dans la région genevoise, quelle que soit leur efficacité, afin d'atteindre les objectifs de qualité de l'air définis par la Confédération.

Par son approche systémique et sa volonté d'efficacité durable, la nouvelle gestion de la qualité de l'air du canton doit :

1. *prendre en compte :*
 - *le court, le moyen et le long terme*
 - *les contradictions inhérentes aux conflits d'intérêt ;*
2. *dégager un consensus d'actions permettant l'adhésion la plus large de la population ;*
2. *intégrer un processus d'évaluation et d'amélioration continue en fixant des indicateurs et des cibles à atteindre ;*
3. *favoriser :*
 - *la synergie d'actions isolées*
 - *la coordination transversale et horizontale.*

La figure 4.20 présente le Système de management de la qualité de l'air proposé par le Service cantonal de protection de l'air (DIAE, 2000b).

Rappelons que la protection de l'air est une tâche complexe et nécessite que les autorités prennent les décisions de manière coordonnée. C'est en effet au moment où l'autorité prend des décisions relatives aux transports, à l'énergie, à l'aménagement du territoire, à l'agriculture ou aux finances qu'elle peut tenir compte de leur impact sur la qualité de l'air. De plus, des outils d'aide à la décision doivent permettre de prendre en compte et de procéder à une pesée d'intérêt en fonction de l'ensemble des approches d'une politique de développement durable. Ces outils doivent être mis à disposition des maîtres d'ouvrage qui gèrent les instruments ayant un impact sur la qualité de l'air. Des objectifs planifiés et des indicateurs de suivi sont mis en place.

Les objectifs fixés pourront être atteints que grâce à toute une série d'instruments, à savoir :

- le contrôle des installations fixes émettant des polluants
- la réduction des émissions des sources mobiles, par le renouvellement du parc automobile (catalyseurs)
- la taxe sur les Composés Organiques Volatils (COV) ;
- le plan régional des déplacements ;
- le plan directeur cantonal ;
- le concept cantonal de l'énergie, qui prône une utilisation rationnelle de l'énergie et une substitution des énergies non renouvelables par des énergies renouvelables ;
- le bilan environnemental de l'Aéroport International de Genève.

Il est possible d'évaluer l'évolution globale de la qualité de l'air dans le canton de Genève grâce à trois indicateurs privilégiés, à savoir le dioxyde d'azote, l'ozone et les particules fines (DIAE ; 2000b) à partir du Réseau d'Observation de l'Air à Genève (ROPAG)

Conclusion n° 5: Le plan de mesures actualisé au sens de l'art. 31, 32 et 33 OPair – juin 2000

De nouvelles mesures ont été proposées par le DIAE en juin 2000. Le document "Assainissement de l'air à Genève. Bilan 2000. Rapport du plan de mesures actualisé" (DIAE, mai 2001) présente un bilan sommaire de ces mesures et celles restant à appliquer.

- Le plan régional des déplacements suit son cours : par son intermédiaire se sont développées des connaissances plus approfondies sur la mobilité, tant au niveau cantonal que transfrontalier, qui ont permis l'élaboration de scénarios prospectifs. Pour la suite, il s'agira d'établir une conception multimodale des déplacements et d'entamer une réflexion sur les politiques de l'Etat exerçant une influence sur la mobilité, pour ne citer que ces mesures.
- Le renouvellement du parc automobile se poursuit, avec la collaboration du Service des automobiles et de la navigation. De plus en plus de véhicules sont équipés d'un catalyseur, ce qui contribue à la réduction des émissions d'oxydes d'azote (voir conclusion n° 2). Diverses mesures d'incitation et de contrôle sont destinées à retirer de la circulation les véhicules non catalysés.
- Dans les secteurs où les immissions de dioxyde d'azote sont excessives, les valeurs limites d'émissions des couples chaleur – force (moteur stationnaire et turbine à gaz) seront plus sévères.
- Enfin, l'administration cantonale continue de soutenir l'opération "En ville, sans ma voiture ?" , qui se déroule le 22 septembre de chaque année, mesure symbolique et incitative, destinée à faire prendre conscience à l'individu de la problématique générale de la mobilité et de ses effets sur la qualité de l'air.

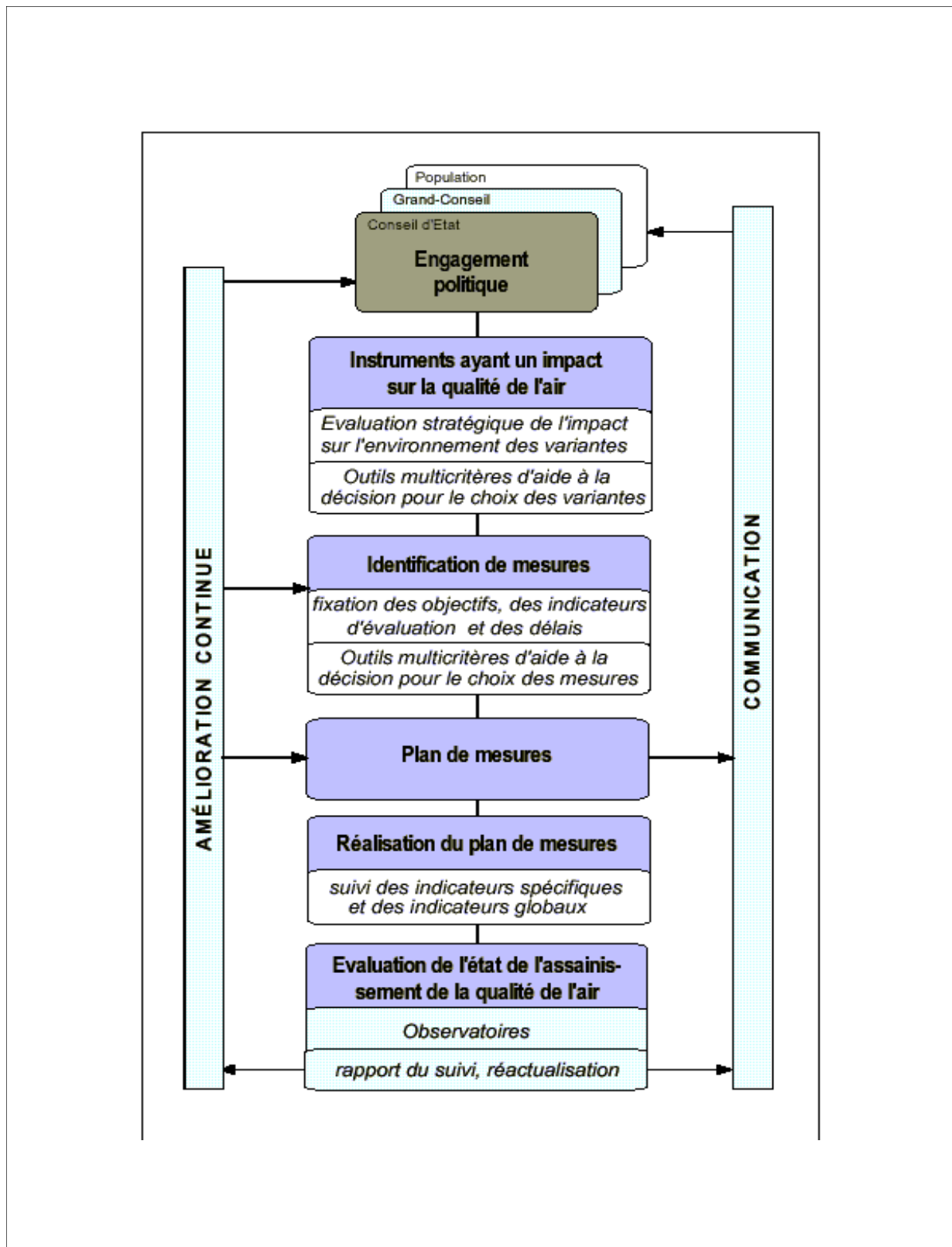


Figure 4.20 : Système de management de la qualité de l'air (Source : Ecotox 2000).

ANNEXES:

- Annexe AIR 1: Assainissement de l'air à Genève. Bilan 2000. Rapport du suivi du plan des mesures actualisé. Etat 2001.
DIAE, mai 2001.
- Annexe AIR 2: AID AIR-GENEVE. Aide à la Décision pour la Gestion de la qualité de l'Air en Milieu Urbain, Centre Universitaire d'Ecologie Humaine et des sciences de l'environnement (CUEH), 1998. Cahiers n°1, 107 pp.
- Annexe AIR 3: Qualité de l'air 2001.
Service scientifique de l'environnement (DIAE), juillet 2002.