REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE
Département de l'instruction publique, de la culture et du sport
Département de l'intérieur, de la mobilité et de l'environnement

EXP'AIR

La pollution de l'air démasquée !

DOSSIER POUR ENSEIGNANT-E-S / PARTIE II

INFORMATIONS DE FOND POUR UTILISATION EN CLASSE

JANVIER 2013

REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENEVE
POST TENEBRAS LUX

SOMMAIRE DU DOSSIER (PARTIE II)

1 INTRODUCTION 2

2 DEVELOPPEMENTS POTENTIELS SUR LES ALIBIS – OU AUTRES « IDEES REÇUES » 2

3 DEVELOPPEMENTS POTENTIELS SUR LES ECOGESTES 6

4 POUR ALLER PLUS LOIN 11

4.1 POLLUANTS ATMOSPHERIQUES – LA SITUATION A GENEVE 11

4.2 POLLUANTS ATMOSPHERIQUES – ETAT DES LIEUX EN SUISSE 12

4.3 AUTRES SOURCES D'INFORMATIONS 25

EXP'AIR

1 Introduction

Ce document est la seconde partie du « Dossier pour enseignant-e-s » accompagnant l'expérience multimédia EXP'AIR conçue par l'Etat de Genève pour sensibiliser le public scolaire (cycle d'orientation et post-obligatoire) à la problématique de la pollution de l'air. Les aspects pratiques, conceptuels et organisationnels sont traités dans la première partie dudit dossier (intitulée « Présentation générale et enjeux pédagogiques »). Les chapitres qui vont suivre complètent ces éléments en fournissant des informations de fond pour prolonger la discussion et le travail en classe autour de la pollution de l'air.

2 Développements potentiels sur les alibis – ou autres « idées reçues »

Au cours de leur enquête EXP'AIR, les élèves se voient présenter une série "d'alibis" par les polluants – qui correspondent en fait à des idées reçues liées à la pollution de l'air. Après la visite de l'exposition, ces éléments peuvent être au centre d'une discussion constructive non seulement sur le contenu des informations objectives accumulées durant l'enquête EXP'AIR, mais aussi sur le concept de recherche d'information lui-même, des enjeux liés à la diffusion d'informations objectives, opposées aux rumeurs non fondées mais crédibles en apparence. Des jeux de rôles peuvent être montés dans cette optique (construction argumentaire, écoute et contre-argumentation, par exemple).

✤ **« *Il y a des catalyseurs sur les pots d'échappement des voitures, non ? Se trouver à proximité d'une route peut-il vraiment avoir un effet sur la santé ?* »**

→ Les catalyseurs (y compris de type « DeNox » ; cf. encadré page suivante) ont effectivement pour effet de diminuer la pollution émise *par véhicule*, mais l'augmentation *du nombre de voitures* et des *kilomètres parcourus par véhicule* contrebalance ce gain...

→ En ce qui concerne spécifiquement les NOx, généralement, plus on est près de la source plus la pollution est forte ; ceci n'est pas forcément le cas en ce qui concerne l'ozone par exemple (cf. ci-dessous). Dans ce cas, l'impact sur la santé sera donc en général plus marqué au bord des routes étant donné que les principaux émetteurs d'oxydes d'azote restent les véhicules à moteur…

Catalyseurs & filtre à particules : en savoir plus sur des technologies souvent évoquées

Le pot catalytique, ou « catalyseur », est une amélioration récente du pot d'échappement des moteurs (1986), consistant en une chambre d'acier inoxydable dans laquelle sont conduits les gaz d'échappement. Les éléments catalyseurs y déclenchent ou accentuent certaines réactions chimiques. Ces éléments contiennent des métaux précieux (alumine, cérine) et des métaux rares (platine, palladium, rhodium, osmium).

- ***Catalyseur pour les moteurs à essence (à 3 voies)***

  Pour les moteurs à essence, on utilise un catalyseur dit « à trois voies », permettant trois effets distincts :

  1. *réduction* des oxydes d'azote en azote et en dioxyde de carbone
  2. *oxydation* des monoxydes de carbone en dioxyde de carbone
  3. *oxydation* des hydrocarbures imbrûlés (HC) en CO_2 et en eau.

  Les réactions *d'oxydation* (demandant une forte présence d'oxygène) et de *réduction* (demandant une faible présence d'oxygène) sont contradictoires. Elles ne se produisent simultanément que si la quantité d'air dans le carburant est optimale. Ceci est assuré par une sonde (dite « lambda ») qui renseigne le calculateur de gestion du moteur.

  Dans de bonnes conditions, le catalyseur permet de transformer les constituants les plus toxiques des gaz d'échappement (CO, HC imbrûlés, NO_X) en éléments moins toxiques (eau, N_2 et CO_2).

- ***Catalyseur pour les moteurs diesel (catalyseur d'oxydation ; à deux voies)***

  Pour les moteurs diesel, on utilise des catalyseurs « à deux voies, associés ou non à un filtre à particules. Ils visent à convertir le monoxyde de carbone (CO) et les hydrocarbures imbrûlés (HC) en dioxyde de carbone (CO_2) et en eau, tout en réduisant la masse de particules du carburant diesel. Ils n'éliminent cependant pas les oxydes d'azote (NO_X), ni ne diminuent la quantité de particules émises.

- ***Catalyseur DeNOx (moteurs diesel)***

  Cette technologie permet de réduire l'émission d'oxydes d'azote (NO_X) sur les moteurs diesel. Il s'agit d'un système de dénitrification, par adjonction d'urée ou d'ammoniac.

  Différentes technologies peuvent être utilisées : catalyseur de stockage et conversion des NO_X accompagnés du filtre à particules, emploi d'un additif (véhicules lourds) composé d'eau et d'urée injecté dans les gaz d'échappement…

  Grâce à ces technologies, les NO_X sont convertis en azote (N_2), vapeur d'eau et dioxyde de carbone (CO_2).

- ***Filtre à particules (moteurs diesels)***

  Un filtre à particules est un système de filtration utilisé pour retenir les particules fines de suie, cancérigènes, contenues dans les gaz de combustion. Pour les particules fines de 10 microns et plus (soit pour les particules d'une taille supérieure ou égale aux PM_{10}), leur efficacité est de l'ordre de 99%.

  Ces filtres, qui équipent les moteurs diesel, sont soit *actifs* (régénération par combustion des résidus imbrûlés, par adjonction de carburant ou d'un additif)) soit *passifs* (à nettoyer régulièrement). Ces filtres sont en métal ou en céramique (cordiérite, carbure de silicium) et retiennent les particules fines des moteurs diesel de manière relativement efficace.

Les limites…

Au delà des enjeux liés à l'utilisation des métaux rares, on gardera à l'esprit que certains polluants majeurs ne sont pas traités par ces technologies – par exemple le CO_2, résidu « naturel » de la combustion. D'autre part, la température de fonctionnement du catalyseur à trois voies peut provoquer une réaction parasite créant du N2O (protoxyde d'azote ou Oxyde nitreux), un puissant gaz à effet de serre…

✤ **« *La victime a eu sa crise en courant dans la campagne sur un chemin peu fréquenté par les véhicules motorisés ! Comment peut-il avoir été victime de la pollution* ? »**

→ Le jeune homme a bien été victime de l'ozone à la campagne. En période de smog estival, courir dans la verdure ne protège pas de l'ozone : ce gaz peut être en fait – paradoxalement – moins présent en ville qu'à la campagne. En milieu urbain, plus pollué, les oxydes d'azote (NOx) interagissent en permanence avec les molécules d'ozone (O_3) et neutralisent en partie ces dernières. Or, ce processus n'a pas lieu dans les campagnes proches des agglomérations, où les NOx sont moins présents et où les molécules d'ozone (produites dans les centres urbains puis transportées par le vent) peuvent s'accumuler plus facilement. On constate ainsi que l'impact de la pollution n'est pas forcément uniquement local.

✤ **« *La victime était à l'intérieur, avec les fenêtres fermées. On sait bien que c'est dans les rues que la pollution se concentre !* »**

→ L'air intérieur est bien souvent plus pollué que celui de l'extérieur – une pollution provenant des multiples sources telles que les parfums, bougies, cigarettes, émanations de cuissons, solvants, colles, peintures ou autres poussières produites par les textiles, les meubles ou les animaux, etc.

✤ **« *On a beaucoup parlé des pluies acides et de la mort des forêts. Les forêts sont toujours là… N'a-t-on pas exagéré le rôle de la pollution de l'air ?* »**

→ Le spectre de la mort des forêts et des pluies acides a souvent été perçu comme une fausse alerte. En réalité, ces phénomènes graves ont conduit à l'adoption de mesures volontaristes. Dans les années 1980, les combustibles et les carburants ont été désulfurés, les moteurs des véhicules améliorés, les installations de chauffage et les processus industriels rationalisés. Les taux de dioxyde de soufre dans l'air, à l'origine du problème, ont ainsi drastiquement diminué : la concentration urbaine moyenne annuelle a ainsi été divisée par 15 en Suisse entre 1986 et 2011 ! On considère que le problème est aujourd'hui bien maîtrisé en Europe de l'Ouest. Cet exemple démontre que certaines mesures prises pour améliorer la qualité de l'air peuvent être efficaces.

✤ **« *Les vacances d'été ont été gâchées par un temps froid et pluvieux. On nous parle tout le temps de la pollution mais est-on bien sûr que la planète se réchauffe et que le climat change ?* »**

→ Cette idée reçue résulte de la confusion entre *météorologie (locale)* et *climat (global)*. Prouvé à l'échelle du globe (cf. *Rapport d'évaluation* du GIEC notamment), le réchauffement, ou mieux le « *changement* climatique », est également constaté chez nous : dans les Alpes, la température moyenne s'est élevée de 2°C en un siècle, soit deux fois plus vite que l'augmentation de la température moyenne de la

planète… Ce réchauffement général peut en fait également être accompagné, localement, d'une augmentation des évènements climatiques extrêmes (tels que des pluies intenses ou un rafraichissement soudain en été, tout autant que des situations de fortes chaleurs). Des périodes froides et pluvieuses ponctuelles ne compensent pas une tendance générale confirmée.

✣ **« *Un cancer de cellules sanguines à cause de ce qu'on respire ? Vous ne croyez pas que ce devrait être un cancer du poumon ? Êtes-vous bien sûr que votre suspect soit en cause ?* »**

→ Certains polluants de l'air, après avoir infiltré nos poumons, peuvent pénétrer ensuite aisément dans les cellules de notre corps. C'est particulièrement le cas des COV tels que le benzène, qui peut même entraîner des effets sur les chromosomes et porter ainsi atteinte à la santé bien au-delà du système respiratoire – en altérant le système immunitaire, le système nerveux, le sang et les organes reproducteurs.

✣ **« Un problème cardiaque causé par la pollution de l'air ? Cela ne devrait pas plutôt provoquer des problèmes pulmonaires ? »**

→ Le système respiratoire et le système cardio-vasculaire sont intimement liés. Les PM_{10} sont en effet si petites qu'une fois respirées, elles traversent les tissus du corps et des cellules, passent des poumons au sang et peuvent ensuite aller jusqu'au cœur. Les effets de la pollution de l'air ne se limitent pas au système respiratoire.

3 Développements potentiels sur les écogestes

La visite d'EXP'AIR peut déboucher sur une discussion centrée sur les « écogestes » proposés sur et dans le cube : efficacité et lien avec l'air, implications positives sur les autres registres de la qualité de vie et de l'environnement, difficulté à les mettre en œuvre au quotidien, etc. Voici quelques informations supplémentaires sur ce sujet.

STYLE DE VIE

1. Ne pas régler le chauffage à plus de 20°C.

Agir sur le chauffage entraîne des avantages importants pour l'environnement. En baissant le chauffage d'un degré, c'est près de 7 % de combustible économisée… Le chauffage de nos appartements est alimenté par des chaufferies, encore largement alimentées par du mazout, qui représentent 81% des émissions de CO_2 dans le secteur « habitation ».

2. Eteindre complètement les appareils sans utiliser les modes « veille ».

A l'échelle planétaire, la production d'électricité est une émettrice majeure de pollution de l'air (la combustion du charbon constitue encore la première source d'électricité mondiale). La production d'électricité via l'énergie nucléaire ou la force hydraulique, comme c'est majoritairement le cas en Suisse, n'est pas anodine pour l'environnement. Ainsi, quand on économise de l'électricité en éteignant complètement ses appareils en veille – qui représentent jusqu'à 15% de la consommation d'un ménage – c'est bien la qualité de l'air et celle de l'environnement en général que l'on améliore.

3. Devenir l'ambassadeur des énergies renouvelables.

Par définition, les énergies renouvelables s'opposent aux énergies fossiles – lesquelles impliquent généralement une combustion et par conséquent des émissions de polluants et un bilan bien plus défavorable en termes de qualité de l'air.

4. Laisser tomber les sprays et les diffuseurs de parfum.

De nombreux produits du quotidien contiennent des substances chimiques qui polluent l'air intérieur et peuvent donc présenter des risques pour la santé. Les parfums d'ambiance en spray diffusent dans l'air des particules chimiques en suspensions (aérosols) qui s'introduisent facilement dans les poumons. En plus des parfums, ils contiennent tout un cocktail de substances qui facilitent leur conservation, leur solubilité et leur diffusion : loin d'assainir l'atmosphère, ces produits péjorent la qualité de l'air respiré.

5. Ramener les appareils électriques et électroniques au recyclage.

Les appareils électriques contiennent de nombreuses substances chimiques dont certaines peuvent être toxiques : plomb, cadmium, béryllium, mercure, ignifuges bromés, phtalates, bisphénol A, etc. Pour éviter que ces composants soient libérés au moment de leur élimination, le recyclage est une bonne solution. C'est aussi la garantie de récupérer tous les matériaux réutilisables et d'économiser ainsi les pollutions servant à leur production.

6. Laisser à la cave les produits dangereux (dissolvants, peintures, etc.).

Les dissolvants, détergents, peintures et autres produits chimiques contiennent des substances chimiques, et notamment des solvants, qui polluent l'air intérieur et peuvent donc présenter des risques importants pour la santé. Très volatiles, ces substances peuvent s'évaporer facilement dans l'air. Il est donc prudent de ne pas les stocker dans l'habitat.

7. Eviter d'utiliser la climatisation.

L'utilisation de la climatisation, tant dans les véhicules que dans les habitations ou les bureaux, représente une hausse de la consommation en énergie – et de toutes les émissions qui y sont liées. De plus, la climatisation engendre également des fuites de gaz dans l'atmosphère (provenant des fluides nécessaire à la climatisation). Les « chaud-froid » ne sont jamais très bons pour la santé : si une climatisation s'impose, mieux vaut la régler à 3-5°C en dessous de la température extérieure et éviter de descendre en dessous de 26°C. Enfin, il faut savoir qu'à Genève, l'installation d'une climatisation dans un bâtiment est soumise à autorisation : à la maison ou au bureau, mieux vaut acheter un ventilateur, presque 50 fois plus économique.

8. Demander aux fumeurs de sortir pour fumer.

Le tabac est la première source de pollution dans l'habitat. Elle provoque, chez le fumeur mais aussi son entourage, cancers du poumon, maladies cardio-vasculaires, asthme et de nombreuses allergies. La fumée de tabac contient plus de 3'000 substances nocives (tels que le monoxyde de carbone, benzène, oxydes d'azote...).

9. Ne pas allumer trop souvent des bougies à la maison.

Les bougies – notamment parfumées – les diffuseurs d'essence et surtout les bâtons d'encens polluent l'air du logement. Ils dégagent des particules fines de suie, divers composés organiques volatils (COV) et du monoxyde de carbone.

10. Se passer de feux de cheminée pour le plaisir, surtout en ville.

Un feu de cheminée émet une grande quantité de particules fines (PM_{10}), surtout à l'allumage. La présence de fumée indique que le bois brûle mal et que le foyer dégage de fortes quantités des particules fines toxiques et cancérigènes (PM_{10}). Elles sont malvenues à l'intérieur des appartements, mais aussi à l'extérieur (tout particulièrement lors des jours froids, lorsque l'atmosphère est déjà chargée par les PM_{10} des installations de chauffage et de la circulation motorisée).

11. Ne pas laisser une fenêtre entre-ouverte avec le chauffage allumé.

En Suisse, le chauffage, dépendant de chaufferies fonctionnant encore largement au mazout, fonctionne près de 7 mois sur 12. Pas étonnant qu'il constitue notre plus grosse dépense d'énergie. Il faut brûler en moyenne plus de 12 litres de mazout pour chauffer 1 m^2 de logement pendant la mauvaise saison ! Une meilleure maîtrise du chauffage permet d'économiser du combustible tout en améliorant la qualité de l'air. Ainsi, en hiver, il faut aérer son logement pour évacuer l'humidité : plutôt que de laisser une fenêtre entrouverte, qui sollicite inutilement les chaufferies, mieux vaut ouvrir grand les fenêtres pendant 5 minutes, puis les refermer totalement.

12. Laisser tomber la voiture, la moto ou le scooter quand il y a de la pollution.

Laisser son véhicule motorisé au garage lors d'un pic de pollution permet d'agir à la source pour protéger la santé des personnes les plus fragiles. Mais ce geste peut bien sûr être adopté en tout temps pour contribuer à préserver la qualité de l'air, tout en réduisant le bruit routier et en tonifiant sa santé.

13. Choisir un modèle qui pollue peu en cas d'achat d'une voiture.

Il est bon de savoir – et, pour les plus jeunes, de le faire savoir autour de soi – que lorsque l'on décide d'acquérir une voiture, tenir compte de son impact environnemental permet non seulement d'agir durablement en faveur de la qualité de l'air mais aussi de réaliser d'intéressantes économies sur le long terme ! En effet, afin d'encourager la mise en circulation de véhicules peu polluants, le Canton de Genève permet aux acquéreurs de voitures moins polluantes de bénéficier d'avantages fiscaux. Pour en savoir plus : www.ge.ch/voiturepluspropre.

14. Ne pas se la jouer avec une conduite brusque ou sportive sur la route.

Adopter une conduite écologique – en passant dès que possible la 5ème vitesse, au besoin en sautant certaines vitesses intermédiaires, et en évitant tout freinage et accélération inutiles en anticipant la dynamique du trafic – permet d'économiser jusqu'à un plein sur dix et donc de limiter significativement les rejets polluants.

15. Prendre son vélo ou les TPG plutôt que le scooter.

Les scooters ont pour la plupart un moteur à deux temps classique qui brûle un mélange d'essence et d'huile dont plus d'un quart du carburant est rejeté dans l'atmosphère sous forme d'imbrûlés – soit cent fois plus qu'avec une voiture ! En été, ces émanations – il s'agit surtout d'hydrocarbures volatils – participent à la formation de l'ozone qui irrite les poumons. Ces gaz d'échappement contiennent également du benzène et d'autres composés organiques volatiles (COV) reconnus pour leurs effets cancérigènes. En ville, le moyen de déplacement le plus rapide sur des parcours inférieurs à 6 km reste assurément le vélo, tandis que les transports publics offrent une autre alternative confortable à l'emploi du scooter.

16. En ville, aller à pied.

Pour un court trajet, comme c'est souvent le cas en ville, la pollution d'un véhicule motorisé est proportionnellement encore plus élevée car le moteur est peu efficace lorsqu'il est froid. Marcher est alors une bonne alternative : la marche à pied est le seul mode de déplacement qui ne présente aucun impact négatif à tout point de vue : environnemental, financier, de la sécurité et de l'emprise sur l'espace urbain. La marche est aussi vivement recommandée pour la santé.

17. Laisser tomber le scooter pour le vélo électrique.

(Pour les mêmes raisons que le point 15). Le vélo à assistance électrique (VAE) permet une activité physique lors de ses déplacements, mais sans excès. C'est le véhicule idéal pour les déplacements sur des trajets en pente ou trop longs pour un vélo classique. Il permet de se déplacer rapidement et donne un grand sentiment de liberté. Un VAE consomme en moyenne un kilowattheure d'électricité par 100 km (ce qui équivaudrait à environ 1 décilitre d'essence en termes énergétiques).

18. Acheter des objets en bois qui ont un label (FSC).

Le label FSC certifie une gestion durable des forêts et contribue ainsi au maintien de ces écosystèmes, qui jouent un rôle clé dans le cycle du carbone. Il est préférable d'éviter l'achat de bois exotique, qui nécessite un transport à l'origine de pollutions. Par ailleurs, le bois massif peu traité est plus favorable à la qualité de l'air que le bois aggloméré ou contreplaqué, fabriqué avec des colles qui peuvent émettre des solvants et particulièrement du formaldéhyde (privilégier le label Lignum CH 6.5 (anciennement CH 10) ou son équivalent européen E1).

19. Boire l'eau du robinet plutôt que l'eau en bouteille.

La consommation d'eau en bouteille représente de nombreux kilomètres parcourus, pour le transport d'un produit relativement lourd, des tonnes de carburant consommé et de polluants émis, ceci sans compter la production des bouteilles en plastiques… Au bilan, l'eau minérale plate, non réfrigérée, génère une charge environnementale de 90 à 1000 fois plus grande que l'eau du robinet. Cette différence s'accentue avec la distance de transport, la réfrigération et les emballages spéciaux. En d'autres termes, boire deux litres d'eau minérale par jour pendant une année équivaut à rouler environ 2'000 km en voiture, tandis qu'avec de l'eau du robinet ce chiffre se réduit à deux km.

20. Utiliser des produits ménagers doux pour l'environnement, sans forcer la dose.

Certains produits de nettoyage peuvent, spécialement s'ils sont mal utilisés, présenter des menaces pour l'environnement et pour la santé. Dans la mesure du possible, mieux vaut choisir des produits issus de matières premières naturelles – vinaigre, alcool et savons fabriqués à partir d'huiles végétales. Dans tous les cas, il est inutile de forcer la dose. Dans cette optique, les microfibres sont très recommandées : grâce à leur structure particulière, elles éliminent les salissures en évitant l'utilisation de détergents contenant des solvants nuisibles à la qualité de l'air intérieur.

21. Utiliser l'eau chaude avec modération.

Sur les 160 litres d'eau potable consommés quotidiennement par chaque Genevois, un tiers environ est constitué d'eau chaude. Cela représente annuellement plus de 250 litres de mazout brûlés dans une chaudière, été comme hiver. Bien plus gourmand en énergie qu'une douche, un bain nécessite à lui seul la combustion de l'équivalent d'un demi-litre de pétrole, entraînant des émissions de CO_2 et de polluants dans l'atmosphère.

22. Trier ses déchets pour limiter l'incinération.

Refondre l'aluminium usagé permet de produire 10 fois plus de ce métal que ce qui serait extrait avec la même énergie. Recycler permet ainsi d'exploiter durablement des ressources tout en évitant qu'elles soient brulées inutilement : trier ses déchets contribue ainsi doublement à préserver efficacement la qualité de l'air. Un pas supplémentaire consiste à agir à la source pour limiter les déchets incinérables, en évitant les articles suremballés ou en préférant les emballages rechargeables...

23. Manger des fruits et légumes locaux et de saison.

Le circuit de l'alimentation représente près du tiers des émissions de gaz à effet de serre. Un fruit importé hors saison émet pour son transport et sa production jusqu'à 10 à 20 fois plus de polluants atmosphériques que le même fruit produit localement et acheté en saison.

24. Pour la peinture, prendre des produits à l’eau.

Jusqu’à récemment, les peintures disponibles dans le commerce contenaient une proportion significative de solvants (COV). Aujourd'hui, de nombreuses alternatives existent et il très est facile de privilégier les peintures à l’eau – vinylique, ou mieux : acrylique – pour la plupart des usages. Attention aux agents conservateurs (comme le formaldéhyde) que l'on trouve dans certains produits et qui péjorent la qualité de l'air intérieur.

4 Pour aller plus loin

De nombreuses données sont disponibles sur la pollution de l'air. Voici quelques informations de fond sur la pollution atmosphérique en Suisse – et plus précisément à Genève – ainsi que des propositions de publications et sites de référence pour approfondir la thématique.

4.1 Polluants atmosphériques – La situation à Genève

Extrait du Rapport sur la qualité de l'air 2011 de la République et Canton de Genève[1], le tableau ci-dessous résume la situation actuelle et les tendances de la qualité de l'air à Genève – un canton confronté aux enjeux d'une forte densité démographique et d'une situation territoriale très urbanisée. Les évaluations font référence aux *valeurs limites d'immission*[2] (VLI) de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair). Le canton se caractérise par des immissions encore excessives de dioxyde d'azote (NO_2), d'ozone (O_3) et de particules fines (PM_{10}) au regard des normes légales.

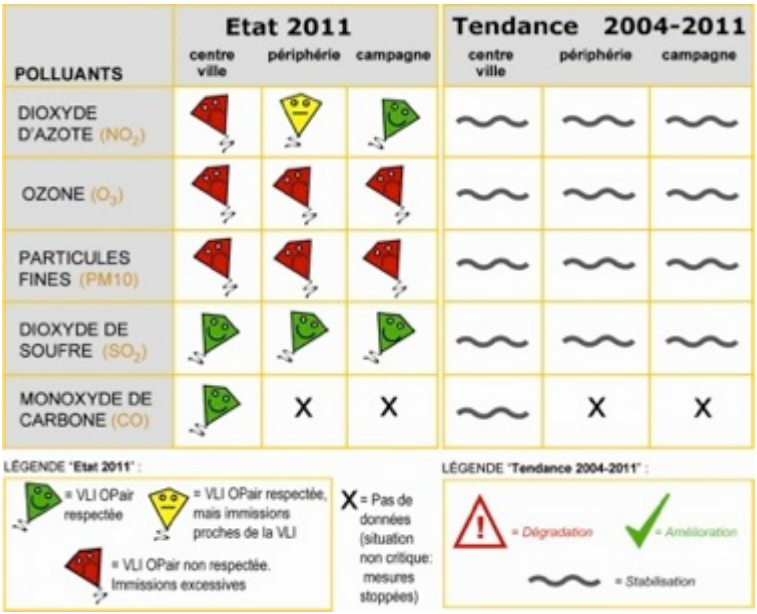


Figure 1. Bilan de la pollution de l'air par zone et par polluant, pour l'année 2011 et évolution sur la période 2004-2011.[1]

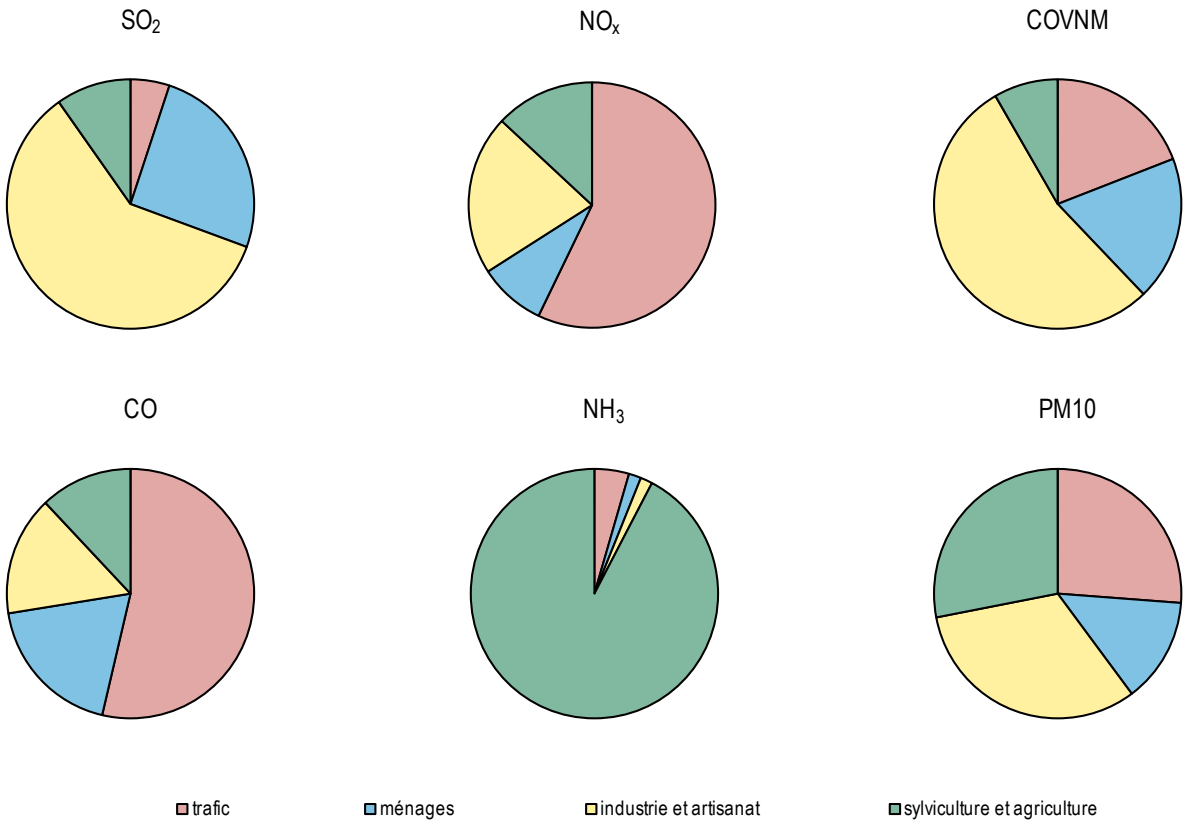
En 2011, l'O_3 et les PM_{10} se retrouvent en quantité excessive sur tout le territoire genevois, alors que le NO_2 l'est principalement au centre-ville. La tendance sur la période allant de 2004 à 2011 confirme la stagnation générale de l'évolution des concentrations de NO_2, O_3 et PM_{10} constatée depuis le début des années 2000 et ceci indépendamment de la zone considérée. Le dioxyde de soufre (SO_2) et le monoxyde de carbone (CO) se situent bien au-dessous des VLI OPair et cette situation est stable depuis plusieurs années.

[1] Source : Qualité de l'air 2011 / République et Canton de Genève, Service de protection de l'air, p. 3. Document disponible en PDF sur Internet : www.ge.ch/air

[2] *Immission* : Pollution atmosphérique considérée *là où elle déploie ses effets* sur l'homme, les animaux, les plantes, le sol et les biens matériels. (Les *immissions* se distinguent des *émissions* qui considèrent la pollution *lorsqu'elle est émise par la/les sources de pollution*.) Il s'agit d'une pollution "ambiante" en suspension dans l'atmosphère : les *immissions* sont mesurées par prise d'échantillon dans l'air qui nous entoure, aux abords des habitations par exemple, tandis que les *émissions* sont mesurées au plus proche des sources. (cf. http://etat.geneve.ch/dt/air/a_votre_service-glossaire-4238.html).

4.2 Polluants atmosphériques – Etat des lieux en Suisse[1]

La figure ci-dessous présente les principaux polluants atmosphérique émis à l'échelle de la Suisse – dioxyde de soufre (SO_2), oxydes d'azote (NO_x), composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM), monoxyde de carbone (CO), ammoniac (NH_3) et particules fines (PM_{10}) – en fonction des principales sources d'émissions.



Source : NABEL 2012 ; p. 18

[1] Source : www.bafu.admin.ch/air > polluants atmosphériques

Les oxydes d'azote (NO_x) : un polluant émis toute l'année

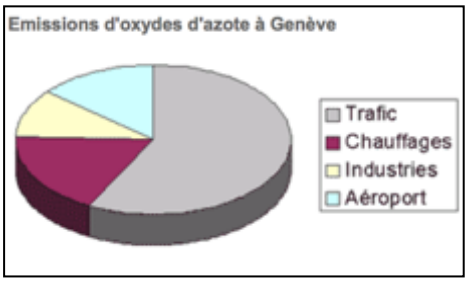
Description : Le **NO** et le **NO_2** sont deux gaz émis lors des processus de combustion des carburants (véhicules à moteur) et des combustibles (chaudières des immeubles, feux de cheminée, usines), ainsi que plus spécifiquement lors des feux de forêt et des éruptions volcaniques. On les réunit sous le terme d'oxydes d'azote ou NO_x. Le NO et le NO_2 ont à peu près les mêmes propriétés : ils se transforment en acide nitrique (HNO_3) en présence de vapeur d'eau (rendant ainsi cette vapeur acide, d'où les pluies acides par exemple). Précurseurs de l'ozone et des poussières fines, ils sont donc nocifs pour la santé mais aussi pour la végétation. Parmi les polluants atmosphériques en milieu urbanisé, le dioxyde d'azote (NO_2) constitue un indicateur de la qualité de l'air en général.

Effets sur la santé et l'environnement : affections des voies respiratoires ; atteintes multiples aux plantes et aux écosystèmes sensibles sous l'influence combinée de plusieurs autres polluants.

De même qu'ils se transforment en acide nitrique (HNO_3) au contact de la vapeur d'eau, les NO_x produisent également cette réaction chimique dans nos poumons, puisque ces derniers sont naturellement humides. Voilà pourquoi ces gaz polluants agressent nos voies respiratoires, tout comme celles des animaux. Les NO_x nuisent aussi aux arbres et aux plantes cultivées, et abaissent les rendements agricoles. Ils altèrent même les matériaux – ils corrodent par exemple les métaux, décolorent les tissus et dégradent le caoutchouc – et contribuent à la formation de l'ozone estival qui, lors des journées chaudes et ensoleillées, n'épargne aucun coin du canton, même en pleine campagne.

Sources principales : trafic routier essentiellement ; combustion de carburants et de combustibles, en particulier lorsque la température de combustion est élevée.

En zone urbaine, les sources principales de ce polluant de l'air sont les véhicules motorisés qui consomment de l'essence ou du diesel : voitures, scooters, motos, camions, bus et engins de chantier. Leurs pots d'échappement dégagent de grandes quantités de NO qui se transforment en NO_2 au contact de l'oxygène de l'air.



Source :
http://etat.geneve.ch/dt/air/oxydes_azote_nox-53-406-768.html

Situation : L'installation obligatoire d'un catalyseur sur l'échappement des voitures neuves à essence (1987) a permis de réduire leurs émissions de NO_x. Cependant, si une voiture à essence pollue moins qu'il y a vingt ans, le trafic automobile augmente, tout comme le nombre (et la proportion) de moteurs diesel en circulation. Or une voiture de tourisme avec un moteur diesel émet environ huit fois plus de NO_x qu'un modèle à essence. Un catalyseur spécial «DeNOx» existe pour les véhicules diesel, mais il est encore peu répandu pour les voitures courantes…

Entre 1990 et 2000 la charge en dioxyde d'azote dans l'air a fortement baissé, mais depuis lors la situation est restée stagnante. Dans les grandes villes et le long des routes à forte circulation, les valeurs limites d'immission (en moyenne annuelle) continuent à être fortement dépassées. Dans les agglomérations en revanche, la charge est proche de la valeur limite. Dans les zones rurales loin des routes, les valeurs de dioxyde d'azote restent quant à elles généralement bien inférieures à la valeur limite d'immission.

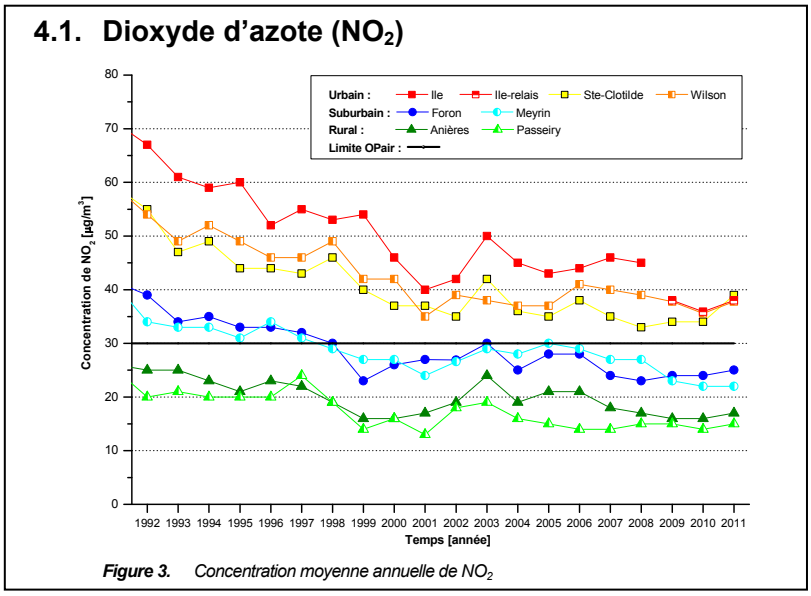
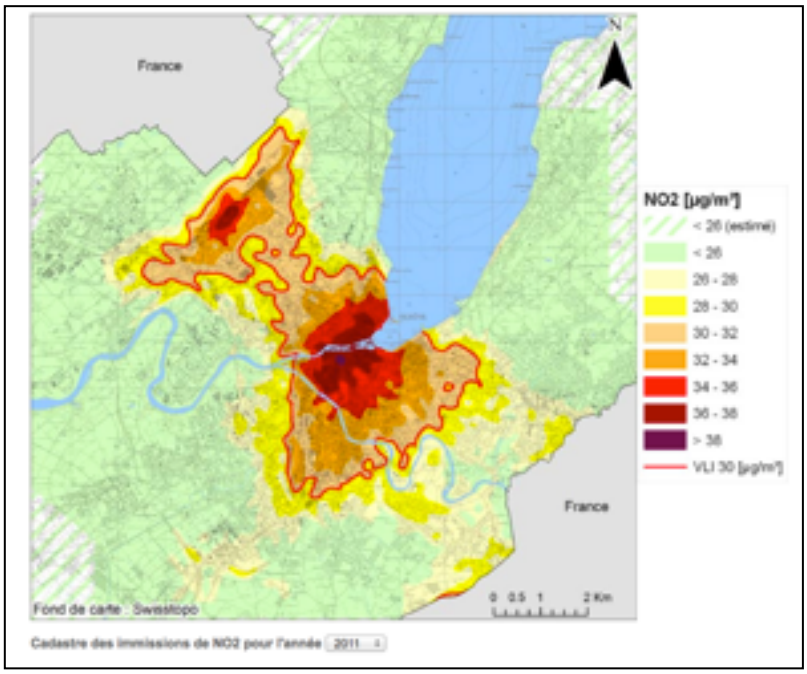


Figure 3. *Concentration moyenne annuelle de NO_2*

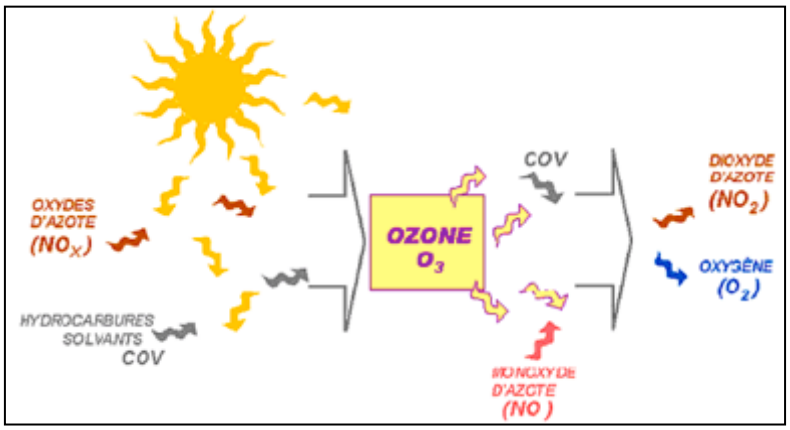
Source : SPAir 2012 ; p. 7



Source : http://etat.geneve.ch/dt/air/cadastre_immissions_dioxyde_azote_no2-53-3223.html

L'ozone (O_3) : un gaz estival au double visage

Description : L'ozone que nous respirons – à ne pas confondre avec *la couche d'ozone de haute altitude* (au-delà de 15'000 m) qui protège les êtres vivants des rayonnements ultra-violets du soleil – est un polluant dit « secondaire ». En effet, il n'est pas émis directement par les véhicules à moteur, mais il se forme dans un second temps, par action de la chaleur et du rayonnement solaire sur les NO_x et les COV. C'est donc un polluant dont la concentration augmente dans l'air surtout en été, lors des journées chaudes et ensoleillées. Gaz incolore à l'odeur légèrement piquante et faiblement soluble dans l'eau, l'ozone est l'un des oxydants et gaz irritants les plus puissants...



Source : http://etat.geneve.ch/dt/air/ozone-53-406-767.html

Effets sur la santé et l'environnement : Près du sol, dès que le taux d'ozone s'élève, les yeux piquent, la gorge est irritée, la respiration devient plus difficile et le risque d'accident cardiovasculaire augmente. La flore et les cultures montrent des signes d'agression et perdent en vigueur. L'ozone est nocif pour les tissus humains, animaux et végétaux … et même pour les matériaux. De plus, dans les couches d'air de basse altitude, l'ozone agit aussi comme gaz à effet de serre.

Sources principales : Les différentes sources d'émissions de gaz précurseurs comme les NO_x et les COV : trafic routier, chauffages et processus industriels.

Le trafic motorisé n'est pas le seul responsable de la formation de l'ozone. Les chaudières des immeubles sont aussi en cause, car elles continuent de fonctionner même pendant la belle saison pour produire de l'eau chaude. Et il faut leur ajouter les installations industrielles, ainsi que les engins de chantier et de jardinage qui fonctionnent avec des moteurs à explosion, de même que, la pose de bitumes ou l'utilisation de solvants par exemple (cf. chapitres NO_x et COV).

Situation : La quantité d'ozone a connu une diminution d'environ 50% entre 1990 et 2010. Cependant, les valeurs limites d'immission sont encore souvent dépassées durant les mois d'été. Paradoxalement, l'ozone est plutôt rare dans les zones à fort trafic : parce que les NO_x y sont abondants, ils réagissent continuellement avec l'ozone déjà formé et

rendent instable sa concentration dans l'air. Par contre, lorsque l'ozone est transporté par les vents à quelques kilomètres de là, dans des lieux moins pollués en NO_x, il se maintient à des taux élevés. C'est pour cette raison que, durant les chaleurs estivales, les campagnes situées à proximité des grandes villes montrent des taux d'ozone plus élevés.

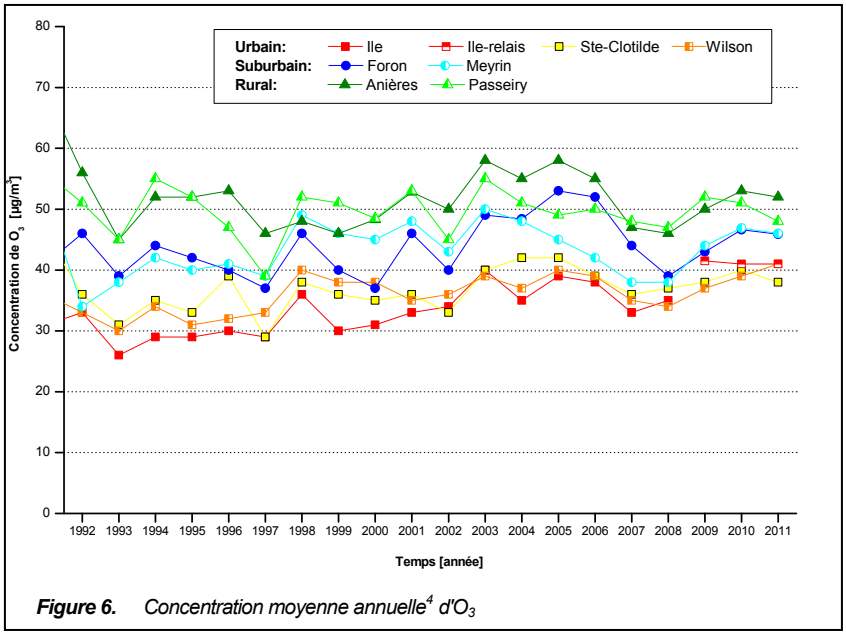
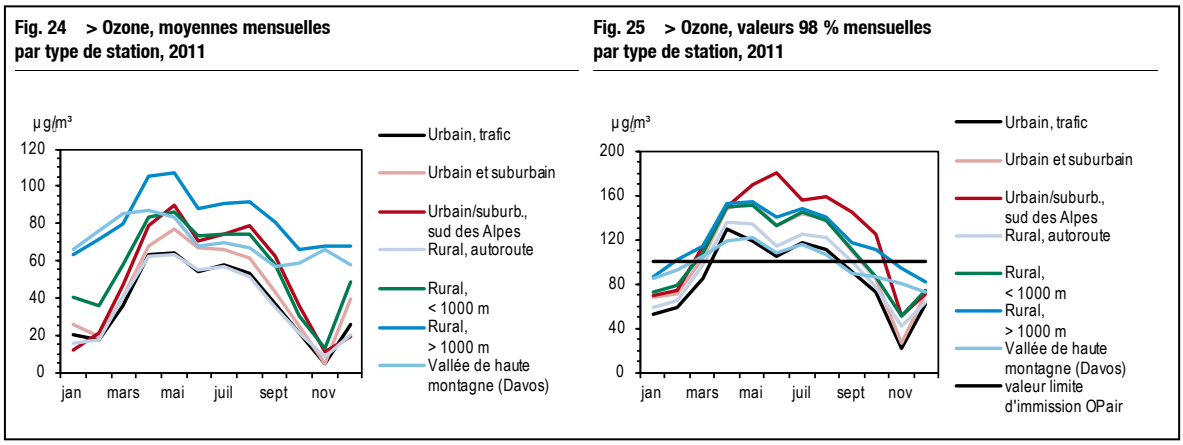


Figure 6. *Concentration moyenne annuelle[4] d'O_3*

Canton de Genève : source : SPAir 2012 ; p. 10



Suisse : source : NABEL 2012 ; p. 50

La pollution de l'air intérieur (Pi) : une pollution méconnue

Description : Dans le cadre d'EXP'AIR, l'acronyme « P.i. » est utilisé pour caractériser la famille des polluants intérieurs. Il s'agit de la pollution de l'air touchant les milieux clos tels que les habitations ou les lieux de travail. Si aujourd'hui les polluants présents dans l'air extérieur sont bien connus et quantifiés, il n'en est pas de même pour la pollution de l'air en milieux fermés (domicile, bureau, école, centres commerciaux, voiture, transports publics, etc.) où nous passons l'essentiel de notre temps – en moyenne 22 heures sur 24 en Europe. L'air que nous y respirons est en fait, généralement, plus pollué qu'à l'extérieur ! En effet, deux sources de pollution s'y additionnent : les polluants de l'extérieur, qui s'insinuent partout, et les polluants qui sont produits à l'intérieur par les matériaux, les objets, les êtres humains et leurs activités. Même si les concentrations de polluants intérieurs sont souvent faibles, en respirer de faibles doses durant de longues périodes peut avoir des effets néfastes sur la santé.

Effets sur la santé et l'environnement : Les effets de la pollution intérieure se manifestent par des allergies, des inflammations, des irritations des yeux, du nez ou de la gorge, mais aussi de la peau, des maux de tête, des crises d'asthme, de l'urticaire, des nausées, des vomissements, une fatigue anormale et/ou des troubles de la concentration. La pollution de l'air fait partie des principales causes du « Sick Building Syndrome ». Certains composés organiques volatils (COV) sont même soupçonnés de perturber le système nerveux, le système immunitaire et le système reproducteur. D'autres, tel le *benzène*, sont des cancérogènes reconnus.

Sources principales : aérosols (y compris spores de moisissures), parfums d'intérieur (bâtons d'encens, bougies parfumées), tabagisme, poussières, fibres et particules d'origines biologique, minérale ou provenant des fumées (p.ex. cuisson, feu de bois, etc.), microbes, nanoparticules, formaldéhyde et autres composés organiques volatils provenant des peintures, colles, vernis du mobilier ; pesticides s'évaporant du bois qui en a été imprégné, ou ceux directement utilisés par les usagers (bombes insecticides ou acaricides, produits antiparasitaires utilisés sur les animaux domestiques, imperméabilisants, etc.) ; substances chimiques de type « retardateurs de flamme » ajoutées aux matériaux lors de la fabrication afin de réduire le risque d'incendie (comme dans les mousses de canapés par ex.) ; produits ménagers et autres désinfectants chlorés.

Ainsi, des gestes quotidiens tels que cuisiner, faire le ménage, bricoler, se parfumer, brûler des bougies ou fumer une cigarette libèrent des substances nocives dans l'air ambiant. Il s'agit notamment de composés organiques volatils (COV**)** qui sont émis lors de la cuisson des huiles et des graisses, ou qui s'évaporent à partir des produits de nettoyage, des cosmétiques, des peintures ou des colles. Les revêtements de sol (moquette, PVC...), les peintures des murs, les meubles en matière synthétique, les appareils électroménagers et électroniques en émettent également. Les poussières intérieures peuvent enfin être aussi dues aux moisissures qui peuvent fleurir sur les murs mal isolés et les cadres de fenêtre vétuste lorsque l'humidité des pièces est trop importante. Elles dégagent dans l'air des spores (« graines ») microscopiques.

Situation : A ce jour, la pollution intérieure est un problème très nettement sous-estimé, avec environ un tiers des logements inadéquatement aérés, et plus d'un quart des

travailleurs de bureau faisant état de symptômes suggérant la prévalence de ce syndrome dans les bâtiments.

Le dioxyde de soufre (SO_2) : une pollution presque maîtrisée

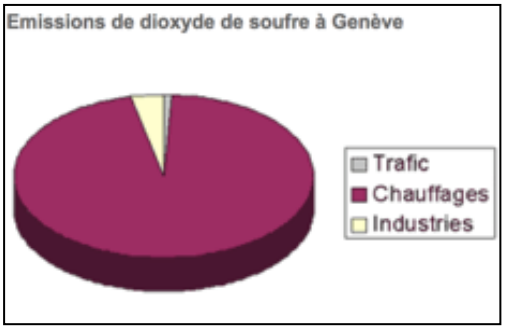
Description : Gaz incolore, dense et toxique, dont l'odeur devient âcre en cas de forte concentration, le SO_2 (également appelé anhydride sulfureux) est libéré dans l'atmosphère terrestre par les volcans, les feux de forêts et par de nombreux procédés industriels, ainsi que par la combustion de certains charbons, pétroles et gaz naturels non désulfurés. L'oxydation du dioxyde de soufre (le plus souvent couplée au dioxyde d'azote NO_2) conduit au trioxyde de soufre SO_3 et à l'acide sulfurique H_2SO_4, induisant la formation de pluies acides.

Effets sur la santé et l'environnement : affections fortement irritantes des voies respiratoires ; dommages multiples aux plantes et aux écosystèmes sensibles ; érosion des bâtiments et des matériaux ; précurseur important pour la formation des pluies acides et des aérosols secondaires (poussières très fines).

Le SO_2 réagit au contact de l'eau et se transforme en acide sulfurique (H_2SO_4). Cette réaction se produit non seulement dans l'atmosphère qui contient de la vapeur d'eau, mais aussi dans nos poumons qui sont toujours humides. Par conséquent, inhaler du SO_2 peut provoquer diverses affections respiratoires, telles des bronchites ou de l'asthme. Le SO_2 est à l'origine des pluies acides qui perturbent les équilibres du sol, des océans et des cours d'eau, affaiblissant la faune et la flore. Les arbres des forêts et les plantes cultivées dans les champs peuvent dépérir. L'acidité de la pluie provoque également des dégâts aux bâtiments. Transporté par les vents, le SO_2 traverse les frontières et peut retomber sous forme de pluies acides dans des régions très éloignées du lieu d'où il provient.

Sources principales : installations de combustion et chauffages ; combustion de carburants et combustibles soufrés.

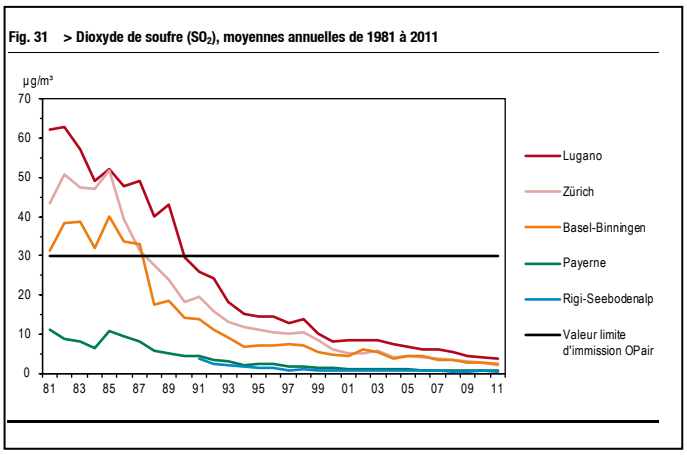
Les principaux émetteurs de la pollution atmosphérique au dioxyde de soufre d'origine humaine sont le trafic motorisé, les centrales électriques thermiques qui fonctionnent au charbon ou au pétrole, les aciéries, les raffineries de pétrole et les chauffages des bâtiments.



Source :
http://etat.geneve.ch/dt/air/dioxyde_soufre-53-406-2086.html

Situation : Les émissions de dioxyde de soufre ont atteint leur maximum vers 1980. Durant cette période, la pollution par le SO_2 était si inquiétante que les Etats prirent des mesures pour diminuer ces émissions : Aujourd'hui, elles représentent moins d'un sixième des maxima d'alors, ce qui montre le succès des mesures adoptées à cet effet, en particulier la réduction de la teneur en soufre des huiles de chauffage et des carburants, ainsi que l'utilisation accrue

de gaz naturel. Ces progrès ont notamment été réalisés suite à l'introduction de valeurs limites d'émission plus sévères pour les installations de combustion. En Suisse, la charge en SO_2 est actuellement significativement inférieure à la valeur limite d'immission de 30 µg/m³ dans toutes les stations du réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL).



Source : NABEL 2012 ; p. 58

Malgré tout, à l'échelle planétaire, la pollution atmosphérique due au SO_2 reste d'actualité. Les émissions liées au trafic maritime ont ainsi considérablement augmenté. De surcroît, plusieurs pays d'Asie (en particulier la Chine) sont devenus d'importants émetteurs en raison de leur fort développement industriel. Cette situation nous concerne également : en important ces biens, nous bénéficions de produits industriels sans subir directement les nuisances et la pollution qu'entraîne leur fabrication dans ce domaine.

Le gaz carbonique (CO_2) : un enjeu mondial

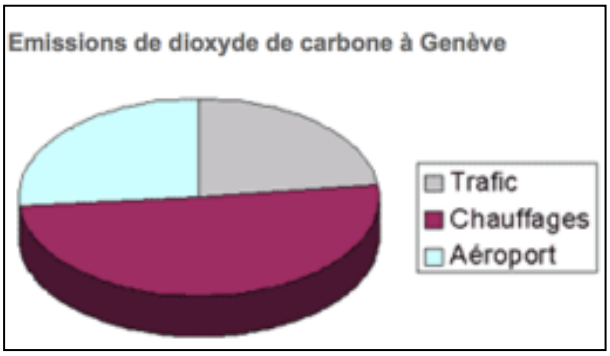
Description : Le gaz carbonique (CO_2) est un gaz inodore et incolore, qui n'est pas chimiquement toxique en concentration ordinaire. Il est néanmoins à l'origine d'un défi environnemental planétaire. En effet, la fine couche d'atmosphère qui recouvre la terre agit comme la vitre d'une serre de jardin : elle laisse passer la lumière du soleil, mais empêche une partie de la chaleur de repartir dans l'espace, ce qui permet de tempérer notre climat. Cet « effet de serre » est dû à certains gaz dont l'action se renforce lorsque leur proportion dans l'atmosphère augmente, entraînant un réchauffement excessif de la planète. C'est le cas du gaz carbonique qui est, en termes de volume, le plus important gaz à effet de serre.

Effets sur la santé et l'environnement : inoffensif pour l'homme et les animaux en concentration d'immission usuelle, mais problématique et dangereux de façon indirecte car principal responsable de l'effet de serre. Le CO_2 est certes indispensable à la croissance des plantes : elles en utilisent le carbone (C) pour croître et en rejettent l'oxygène (O_2) qui

nous est essentiel pour vivre. Mais lorsque l'on brûle ou abat du bois, la réaction inverse se produit : le carbone se combine à nouveau avec l'oxygène de l'air, si bien que du CO_2 est libéré dans l'atmosphère, pour être – en principe – à nouveau mis à disposition des végétaux.

Sources principales : trafic routier, industries, installations de chauffage et de combustion.

Ce gaz résulte de la combinaison de l'oxygène avec des composés constitués en grande partie de carbone (C). Lorsque nous exhalons du CO_2, ces éléments proviennent de notre alimentation. Dans le cas d'un véhicule, il s'agit d'essence extraite du pétrole, qui est un liquide fossile issu de déchets végétaux enfouis dans les couches géologiques. Dans le cas d'une maison, il s'agit de mazout, de gaz naturel, de charbon (tous d'origine fossile) ou de bois. Tous les types de combustion – notamment les usines thermiques productrices d'électricité, les moteurs des véhicules, l'incinération des déchets, mais aussi la destruction des forêts (feux et défrichages) génèrent du CO_2. Les émissions issues des processus industriels dépassent les capacités d'absorption des écosystèmes naturels. L'équilibre est rompu et le CO2 s'accumulent ainsi dans l'atmosphère.



Source : http://etat.geneve.ch/dt/air/dioxyde_carbone_co2-53-406-2028.html

Situation : La concentration du CO_2 dans l'atmosphère terrestre n'a jamais été aussi élevée depuis au moins 650'000 ans. Elle a fortement augmenté avec le développement des activités industrielles et notamment avec l'usage du pétrole dont l'homme brûle actuellement plus de 12 milliards de litres par jour (soit l'équivalent d'un cube de 230 mètres de côté). Les changements climatiques en cours sont – pour une très grande part – associés à cet excès de CO_2 émis en continu dans l'atmosphère. Notre civilisation est actuellement en train de brûler en quelques décennies une production fossile qui a mis des millions d'années à se constituer. Or il n'y a pas assez de végétaux sur terre pour soutirer de l'atmosphère ces énormes quantités de CO_2 que nous y rejetons… En Suisse, les quantités émises sont pour ainsi dire inchangées depuis 1990 ; les fluctuations des émissions de CO_2 sont principalement liées aux variations climatiques (les hivers froids augmentent le besoin de chauffage, donc les émissions).

Les composés organiques volatils (COV ou hydrocarbures) : de multiples visages

Description : Le groupe des composés organiques volatils (COV) – que la chimie organique et l'industrie automobile appelle souvent « hydrocarbures » – comprend un grand nombre de substances contenant toutes du carbone, souvent dérivées du pétrole. Ils ont la particularité de s'évaporer graduellement à température ambiante. Certains COV ont une odeur prononcée, doucereuse ou écœurante, que certaines personnes reconnaissent immédiatement – par exemple, en arrivant dans une station-service, en entrant dans un appartement refait à neuf ou en déballant un appareil électronique.

Effets sur la santé et l'environnement : il existe un large éventail d'effets : certains composés sont anodins tandis que d'autres sont hautement toxiques ou cancérogènes.

Inhalés jusqu'au fond des poumons, les COV passent dans le sang, où ils s'attaquent aux parois des vaisseaux, pouvant provoquer des maladies cardiovasculaires et même des crises cardiaques. Certains sont connus pour endommager les chromosomes eux-mêmes, ce qui peut provoquer des cancers en cas d'exposition prolongée. Il s'agit notamment du *benzène*, qui pollue l'air au bord des routes à fort trafic et, surtout, dans les parkings souterrains.

Par ailleurs, les COV contribuent à la destruction de la couche d'ozone à haute altitude ainsi qu'au renforcement de l'effet de serre (p.ex. : COV totalement halogénés comme le CFC-11, -12, -113 ou le tétrachlorure de carbone) ; ils constituent des précurseurs importants pour la formation de l'ozone au sol (smog estival) lorsqu'ils se combinent aux oxydes d'azote.

Sources principales : trafic routier et processus industriels ; évaporation de solvants et de carburants ; combustion incomplète.

Dans l'air que nous respirons, les COV proviennent d'une part des gaz d'échappement des véhicules à moteur – parce qu'il y a toujours une part de carburant qui est imparfaitement brûlée. Les moteurs à deux temps des scooters, tondeuses à gazon ou autres souffleuses à feuilles, peuvent rejeter dans l'air ambiant jusqu'à un quart de leur essence imbrûlée ! Les COV proviennent d'autre part de l'évaporation de substances issues de la pétrochimie, présentes par exemple dans les produits de nettoyage, les colles, les peintures, les vernis, les solvants, les diluants, les produits imperméabilisants... Certains plastiques en dégagent également.

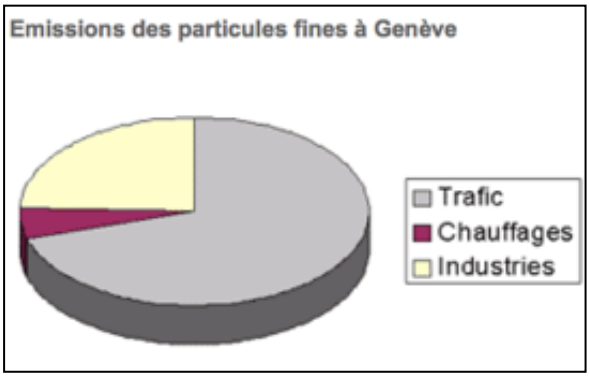
Situation : Depuis la fin des années 1980, les immissions de COV ont diminué de près de 75%, grâce notamment à l'introduction du catalyseur automobile, au renforcement des valeurs limites de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPAir) et à la taxe d'incitation sur les COV. Cependant, les mesures prises jusqu'à présent ne sont pas encore suffisantes pour atteindre les objectifs fixés en matière d'émissions et d'immissions.

Les particules fines (PM_{10}) : minuscules mais dangereuses

Description : On emploie l'acronyme « PM_{10} » pour désigner les poussières fines – agrégats de matières microscopiques – en suspension dans l'air d'un diamètre inférieur à 10 micromètres. Ces poussières sont un mélange physico-chimique complexe, constitué de polluants d'origine naturelle ou humaine (suie, matières géologiques, poussières d'abrasion, matières biologiques, etc.). Ces particules solides et liquides sont de dimensions et de compositions diverses : métaux lourds, sulfate, nitrate, ammonium, carbone organique, hydrocarbures polycycliques aromatiques, dioxines et furanes. Elles peuvent provenir soit de résidus (imbrulés) de combustion soit de la dégradation par abrasion des matières.

Effets sur la santé et l'environnement : Il faut distinguer l'effet des particules issues de l'abrasion de celles qui proviennent de la combustion, plus dangereuses. Plus les particules sont fines, plus elles peuvent être aspirées profondément jusqu'au fond de nos poumons, où elles restent collées contre la paroi des alvéoles. Lorsque ces particules contiennent des substances toxiques ou irritantes, il s'ensuit une réduction de la capacité respiratoire et un risque accru de cancer du poumon. Dans le milieu humide de l'alvéole pulmonaire, ces substances vont se dissoudre et passer dans la circulation sanguine, pouvant ainsi créer des dommages aux artères, au cœur ou aux autres organes. C'est pourquoi les poussières fines sont impliquées non seulement dans le cancer du poumon, mais aussi dans les crises cardiaques.

D'une manière générale, les PM_{10} induisent aussi une pollution du sol et des plantes et une atteinte à la santé des personnes via la chaîne alimentaire (par les métaux lourds et les dioxines et furanes contenus dans ces poussières). A noter encore : lorsqu'on est dans une voiture au milieu de la circulation, on respire des particules fines du trafic, même si les fenêtres du véhicule sont fermées… En se déplaçant à pied, on peut se protéger des particules fines en choisissant des itinéraires moins fréquentés par les véhicules.



Source : http://etat.geneve.ch/dt/air/particules_fines_pm10-53-406-2016.html

Sources principales : *trafic routier ; trafic ferroviaire ; machines et engins ; installations de combustion et chauffages ; installations et processus industriels et artisanaux ; processus mécaniques (abrasion, tourbillons) ; formation secondaire provenant de dioxyde de soufre (SO_2), d'oxydes d'azote (NO_x), d'ammoniac (NH_3), de composés organiques volatils (COV) lors de la combustion de carburants (diesel, surtout) et de combustibles (bois, charbon et mazout)*.

Les PM_{10} sont produites lors de processus d'abrasion (par exemple, usure des pneus, des disques et plaquettes de freins, frottements des roues des trains et des trams sur les rails, etc.) ; ou encore lorsque d'infimes particules de matière suspendues dans l'air s'agrègent ensemble. Le diesel (carburant) et le mazout (combustible) ont des compositions très

similaires. Ils sont plus lourds que l'essence et produisent, en brûlant, davantage de suie – autrement dit des particules fines. Depuis quelques années, les moteurs diesel peuvent être équipés d'un filtre à particules, qui réduit nettement le nombre de PM_{10}. Cet équipement est désormais généralisé sur les véhicules neufs (normes EURO 4 et 5), mais la majorité des véhicules diesel plus anciens en circulation en sont dépourvus.

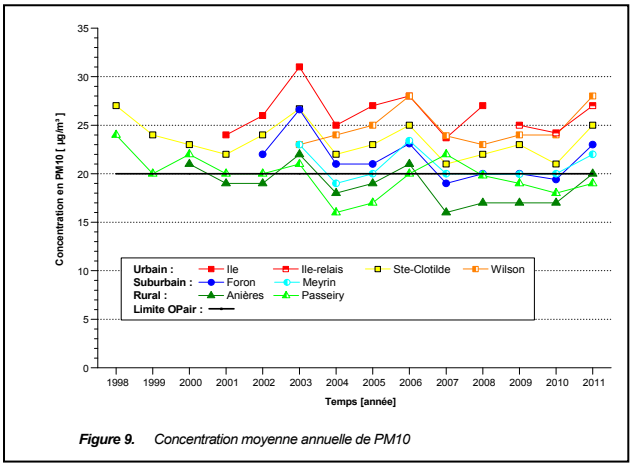


Figure 9. *Concentration moyenne annuelle de PM10*

Situation à Genève : source : SPAir 2012 ; p. 16

Situation : La charge en PM_{10} a diminué au cours des années 1990. Elle stagne depuis le début des années 2000, excepté en 2003 et en 2006, où une grande fréquence d'inversions météorologiques dans le nord des Alpes a provoqué une charge en PM_{10} très élevée. La fréquence des situations d'inversion des températures en hiver est l'un des paramètres déterminants de la charge en PM_{10}, car celles-ci bloquent les échanges de masses d'air et entraînent des augmentations de concentration de PM_{10} élevées à proximité du sol.

Les moyennes annuelles de PM_{10} mesurées dans les villes et le long des autoroutes ont dépassé la valeur limite de 20 µg/m^3.

Le contraste ville-campagne est moins marqué pour les poussières fines (PM_{10}) que pour d'autres polluants. En effet, près de la moitié de la charge en PM_{10} est constituée de particules secondaires (aérosols secondaires) qui se forment dans l'atmosphère à l'écart des sources de précurseurs, ce qui conduit à une répartition spatiale homogène. De plus, un brassage important provient du transport à grande distance des poussières fines.

Fig. 15 > Poussières fines (PM10), moyennes mensuelles, 2011

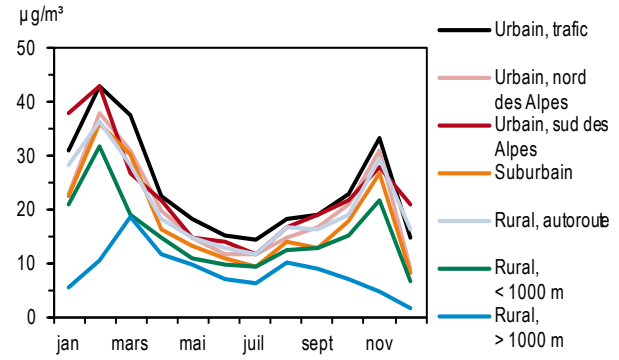
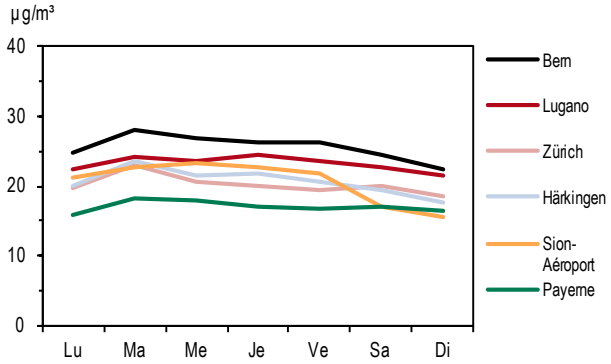


Fig. 16 > Fluctuations hebdomadaires moy. des PM10 en 2011



Suisse : source : NABEL 2012 ; p. 36

REFERENCES POUR LE CHAPITRE 4 :

NABEL 2012 : *NABEL- La pollution de l'air 2011*

SPair 2012 : *Qualité de l'air à Genève (rapport annuel ROPAG 2011)*

4.3 Autres sources d'informations

EXP'AIR

- **Présentation d'EXP'AIR et documents utiles pour les acteurs des établissements scolaires : www.ge.ch/air > EXP'AIR**

- Les films didactiques EXP'AIR : http://www.youtube.com/channel/UCVTSTtZnwBAHOIcq91nnU6A
- Les témoignages et les commentaires sur EXP'AIR : www.facebook.com/EXPAIR.ge
- Notre partenaire pour la mise en œuvre et l'animation : www.cosedec.ch

République et Canton de Genève

- www.ge.ch/air avec des informations sur **le niveau de pollution quotidien à Genève** mais aussi :
  - *La situation de la qualité de l'air à Genève.*
  - *Les effets et les sources des polluants analysés dans l'air.*
  - *Les mesures de la qualité de l'air les méthodes employées.*
  - *Les actions d'assainissement pour l'amélioration de la qualité de l'air.*

  Voir en particulier la dernière édition du rapport « Qualité de l'air à Genève (rapport annuel) », avec notamment son glossaire thématique
- http://icp.ge.ch/dip/agenda21 – le site de l'Education en vue du développement durable (EDD) du Département de l'instruction publique, de la culture et du sport

Autres

- http://www.bafu.admin.ch/air – comprenant notamment un glossaire de tous les polluants atmosphériques, une entrée par source de pollution, une analyse spécifique des effets sur la santé, les écosystèmes, le climat et l'économie ; ainsi que l'entrée au réseau d'analyse NABEL).

  Voir en particulier : le Rapport d'état « AIR », et la publication NABEL- La pollution de l'air 2011.
- http://www.education21.ch – la nouvelle fondation poursuit les soutiens financiers jusqu'ici gérés par la Fondation Education et Développement (FED) et la Fondation suisse d'Education pour l'Environnement (FEE)
- http://www.cerclair.ch (Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air)
- http://www.ozon-info.ch (campagne d'information nationale sur l'ozone)
- http://www.feinstaub.ch (Plateforme d'information sur les poussières fines ; Cercl'Air et Services cantonaux de la protection de l'air)
- Ligue suisse contre le cancer :

  http://www.liguecancer.ch/fr/prevention_/eviter_les_influences_environnementales_nefastes/poussieres_fines
- Ligue pulmonaire suisse :

  http://www.liguepulmonaire.ch/fr/themes-principaux/pollution-atmospherique.html

Pour en savoir plus : expair@etat.ge.ch
Info-Service du DIME 022 546 76 00 – www.ge.ch/air