



**Observatoire de l'environnement
PDU Grenoble 2006-2012**

Recherche bibliographique

**Réduction de l'impact de la pollution atmosphérique
sur les populations exposées à la proximité automobile**

Mars 2007

**Surveillance de la qualité de l'air dans la
Région Grenobloise**

44 avenue Marcellin Berthelot
38100 Grenoble
Tél : 04 38 49 92 20
Fax : 04 38 49 08 80

E-mail : ascoparg@atmo-rhonealpes.org

Internet : www.atmo-rhonealpes.org



Recherche bibliographique

Réduction de l'impact de la pollution atmosphérique sur les populations exposées à la proximité automobile

	Pages
Sommaire :	
A : Contexte et limites de l'étude	2
1 - Observations préliminaires	
2 - Contexte	
3 – Les conclusions de l'évaluation environnementale du PDU	
4 - Comment limiter l'exposition aux polluants automobiles	
B : Agir sur le trafic automobile	5
1 - Diminuer la vitesse de circulation	
2 - Stabiliser la vitesse de circulation	
3 - Eviter une augmentation du trafic	
C : Adapter la voirie	8
1 - Couverture de voirie	
2 - Protection par végétalisation des abords	
3 - Murs anti-bruits	
4 - Traitements au dioxyde de titane	
D : Implantation de l'habitat	10
1 - L'éloignement aux sources de pollution	
2 - L'implantation d'espaces verts	
3 - Le trafic au sein de la zone d'habitat	
4 - Modélisation de l'impact du trafic routier	
5 – Les études d'impact sanitaire	
E : Les activités au sein de la zone	13
1 - Les publics "sensibles"	
2 - Les activités	
F : Le bâti	13
1 - Limiter le transfert de la pollution extérieure	
Le système de renouvellement d'air	
2 – Les limites des techniques « innovantes »	
2.1 Les puits canadiens	
2.2 La filtration de l'air entrant	
3 - L'implantation des ouvertures	
4 - Les matériaux et types de construction	
4.1 La maison passive	
4.2 Le béton vert	
G : Epuration de l'air intérieur	17
H : L'information	18
I : Conclusion	19
Annexes :	
1 - Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions de polluants	20
2 - Résultats de l'étude Observatoire PDU de Grenoble	21
3 - Les peintures et revêtements au dioxyde de titane	22
4 - Utilisation des végétaux pour filtrer et piéger les polluants	24
5 - Débits d'extraction d'air dans différents bâtiments	25
6 - Pouvoir allergisant de différents végétaux	26

A - Contexte et limites de l'étude

1 - Observations préliminaires :

Ce document fait suite à la demande du SMTC de l'agglomération grenobloise (avenant 2006 à la convention cadre du 12 mai 2003 liant ASCOPARG et le SMTC) et a pour objectif de réaliser une bibliographie sur l'état de l'art en matière de solutions techniques existantes pour réduire l'impact de la pollution atmosphérique sur les populations exposées à la proximité automobile.

Il n'a pas pour objectif de reprendre les propositions déjà présentées dans le cadre des différents plans de protection de l'atmosphère concernant l'agglomération grenobloise (PPA, PDU, Plan climat ...) et n'abordera donc pas les approches liées aux modes alternatifs de déplacement et à la limitation du nombre de déplacements effectués.

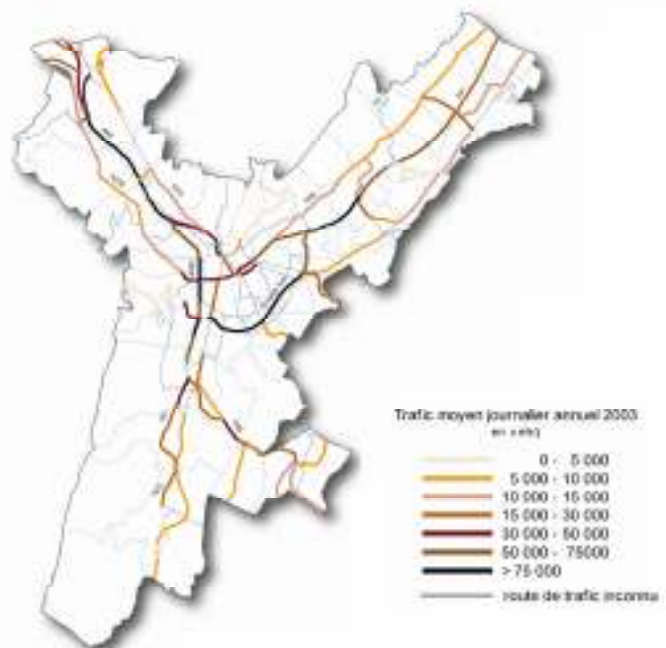
Ce document ne s'attache qu'aux indications concernant la qualité de l'air et certaines propositions peuvent ne pas être compatibles avec d'autres impératifs d'aménagement (coût, urbanisme ...). Il devrait toutefois permettre une prise en compte de ces facteurs dans les décisions pouvant avoir un impact sur l'exposition des populations à la pollution atmosphérique.

2 - Contexte :

De par sa situation géographique en fond de vallée, l'agglomération grenobloise ne peut étendre sa surface et est tenue dans le cadre de son aménagement urbain d'utiliser au maximum les espaces disponibles.

De par ce fait, les différentes zones rencontrées dans l'agglomération sont très resserrées. C'est particulièrement le cas pour les espaces réservés à l'habitat et ceux réservés à la circulation y compris sur les axes à fort trafic.

L'extension des zones habitables se situe surtout en périphérie de l'agglomération dans les extrémités des trois "branches" constituant le "Y" grenoblois (cluse de Voreppe et Voironnais, Grésivaudan, sud de l'agglomération), ce qui entraîne une augmentation importante du trafic automobile essentiellement en début et fin de journée. D'après les estimations issues du PDU de l'agglomération grenobloise, ce trafic se répartit essentiellement sur les voiries périphériques (A48, A480, A41 et Rocade Sud), créant ainsi des bouchons importants en entrée d'agglomération et sur les sites d'intersection des voiries concernées (Rondeau, Meylan).



3 – Les conclusions de l'évaluation environnementale du PDU grenoblois

Le travail accompli depuis 5 ans dans la mise en place d'outils d'aide à la décision tels que les cadastres d'émissions transports, les campagnes météorologiques le long d'axes routiers ou de transports en commun majeurs, et les cartographies par modélisation a permis de fournir des éléments appréciables lors de l'évaluation du PDU à mi-parcours, en 2006.

L'objectif, au travers du suivi mis en place aujourd'hui, est non seulement un constat par indicateurs diffusables régulièrement, mais surtout une capacité de prospective afin de chiffrer l'efficacité des différents scénarii trafic envisagés. Les éléments produits servent ainsi à vérifier la qualité de l'air de l'agglomération dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), mais également le respect du Plan Climat dans lequel s'est engagé Grenoble Alpes Métropole en 2005.

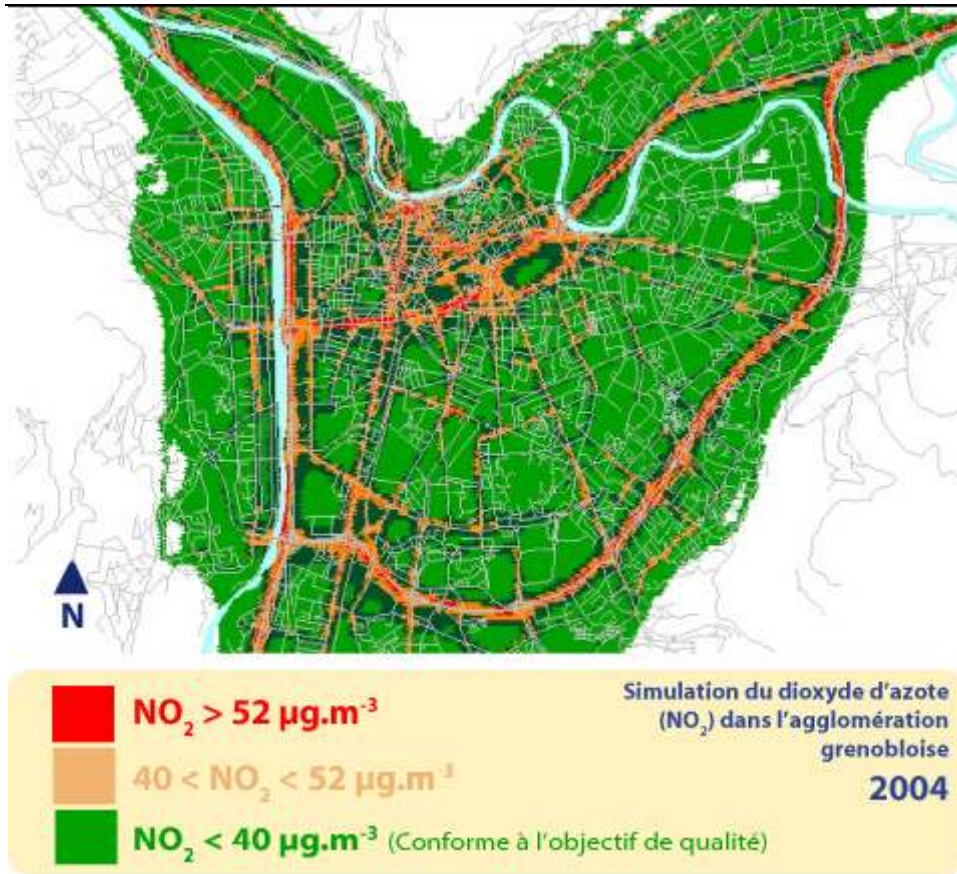
Parmi les indicateurs de suivi de l'efficacité du PDU, le Syndicat Mixte des Transports en Commun de Grenoble a souhaité évaluer l'évolution du pourcentage de la population exposé à des dépassements potentiels de valeurs réglementaires le long des axes de transports. L'ASCOPARG a, dans ce cadre, proposé l'adaptation du modèle de qualité de l'air SIRANE mis en place dans l'agglomération lyonnaise sur l'agglomération grenobloise. Le nombre important de campagnes réalisées dans le cadre de l'observatoire a permis un travail de validation cohérent pour le dioxyde d'azote. En effet, ce polluant est un traceur de la pollution automobile.

Dans l'agglomération grenobloise, 56% des émissions de dioxyde d'azote ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) sont issues du trafic routier. SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle d'un quartier (échelle de l'ordre d'un kilomètre). Ce modèle a été développé au Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique de l'Ecole Centrale de Lyon. Il est utilisé depuis 2004 dans l'agglomération lyonnaise pour le suivi quotidien de la qualité de l'air et dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) en 2006. A Grenoble, la modélisation s'est attachée à caractériser principalement les concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) à plusieurs échéances. La concentration moyenne annuelle de NO_2 a été particulièrement visée puisqu'elle représente le paramètre soumis à des dépassements de valeurs limites de la directive européenne de manière récurrente en bordure de chaussée dans l'agglomération. Ces données de concentrations ont ensuite été croisées à des effectifs de population par îlots afin d'estimer l'exposition des populations au NO_2 aux différentes échéances du PDU.



L'agglomération grenobloise :
311 280 habitants dont 12% vivent dans le centre
ville et 6% à proximité des voies rapides urbaines.

En proximité de ces axes de circulation, 21500
personnes sont exposées à un air qui ne respecte
pas l'objectif de qualité.



Après croisement de plusieurs méthodes, il s'avère que 50 000 habitants de l'agglomération grenobloise ont leur résidence sur des territoires exposés à un air non-conforme à l'objectif de qualité 2010 (moyenne annuelle supérieure à 40 µg.m⁻³), soit **16% de la population totale de l'agglomération**. Parmi ces 50 000 personnes, 43% vivent dans le centre ville et 38% à proximité des voies rapides urbaines (rocade).



Alors que la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise est, **en situation de fond**, homogène et conforme aux valeurs réglementaires (zones vertes sur la carte), la qualité de l'air se dégrade dans les secteurs qui sont sous l'influence du trafic automobile. Cette dégradation est fonction de l'intensité du trafic automobile à proximité, de la distance par rapport à la route (décroissance de la pollution avec l'augmentation de la distance) et de la configuration des rues (situation très défavorable dans les rues étroites, type «canyon»).

Sur les 11 sites de mesures de proximité automobile sondés dans le cadre des campagnes de mesures menées depuis 2004 (carte ci-après), ou dans le cadre de la surveillance réglementaire effectuée par ASCOPARG, la qualité de l'air n'est pas

conforme aux objectifs de qualité sur 7 d'entre eux et ne respecte pas la valeur limite pour la protection de la santé sur 2 sites de proximité automobile (Le Rondeau et Grands Boulevards).



Ce non-respect de la réglementation est lié pour beaucoup de sites aux concentrations de benzène dont le niveau de fond sur l'agglomération ($\sim 1,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) est proche de la valeur définie comme objectif de qualité ($2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Les études menées, confirmées par la modélisation Sirane, ont également permis de mettre en évidence que les secteurs concernés ne sont pas limités aux abords des grands axes de circulation "périphérique" (A48, A480, A41, Rcade sud) mais concernent aussi l'hyper centre de Grenoble (rue Félix Poulat - 2004 et Place Vaucanson - 2005). Ce secteur, dense en population, ne respecte effectivement pas l'objectif de qualité les lieux sondés. Les campagnes de mesures 2006 (publication à venir) sur le secteur Gambetta confirment encore ces résultats.

4 - Comment limiter l'exposition aux polluants automobiles

Afin de réduire l'exposition aux polluants auxquels peuvent être soumis les résidents au voisinage d'une voirie à grande circulation, plusieurs approches peuvent être envisagées :

- en diminuant les émissions issues du trafic,
- en permettant une meilleure diffusion des polluants,
- en détruisant les polluants émis,
- en protégeant directement les habitats concernés.

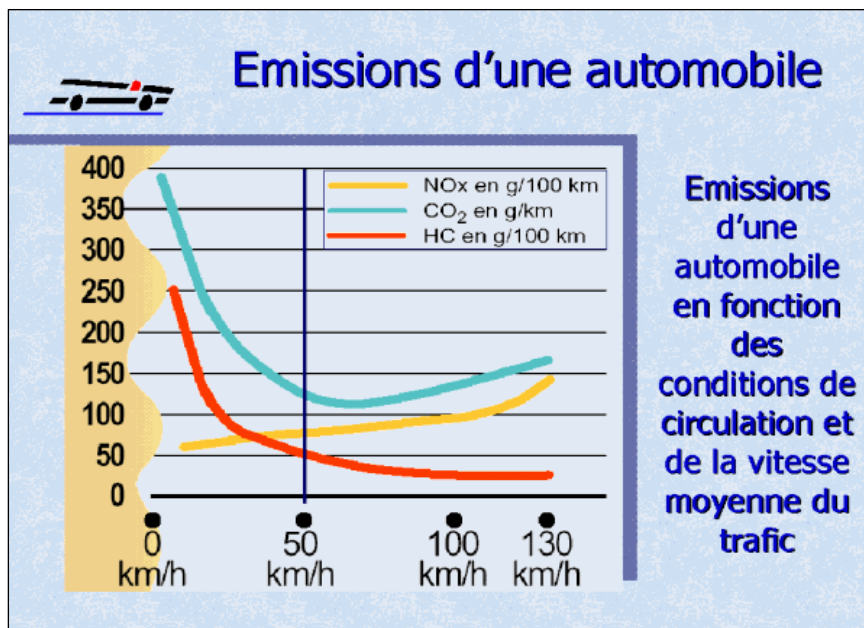
Pour ce faire, il est possible d'agir sur la plupart des paramètres concernés (le trafic automobile, la voirie, l'implantation des zones urbanisées, le choix des bâtiments et des populations à implanter, le bâti).

Cette réflexion est menée par de nombreuses institutions et agglomérations. Elle fait aujourd'hui l'objet de nombreuses études qui devrait permettre de vérifier l'efficacité des différentes solutions proposées et d'en étudier les effets à plus ou moins long terme. A ce jour, aucune des solutions étudiées ne permet une élimination complète de l'ensemble des polluants.

B - Agir sur le trafic automobile

1 - Diminuer la vitesse de circulation :

Cette mesure est efficace sur autoroutes et voies rapides sur lesquelles les véhicules atteignent des vitesses relativement élevées et stables. Cette solution ne concerne pas la circulation en milieu urbain ou péri urbain où les vitesses sont déjà faibles et ne correspondent pas au fonctionnement optimal des moteurs. Au contraire, une augmentation et une stabilisation de la vitesse moyenne en ville pourrait certainement être plus efficace pour diminuer les émissions unitaires des véhicules.



Source : Comité des Constructeurs Français d'Automobile

2 - Stabiliser la vitesse de circulation :

La stabilité de la vitesse de circulation est certainement un des facteurs le plus important intervenant sur les émissions des véhicules quelque soit leur type (VL, VU, PL).

Cette amélioration de fluidité du trafic peut être envisagée par une régulation de vitesse bien gérée. Elle permettrait d'éviter les phases d'arrêts, de régimes transitoires et de redémarrage des véhicules qui sont les périodes où les émissions de polluants sont les plus fortes.

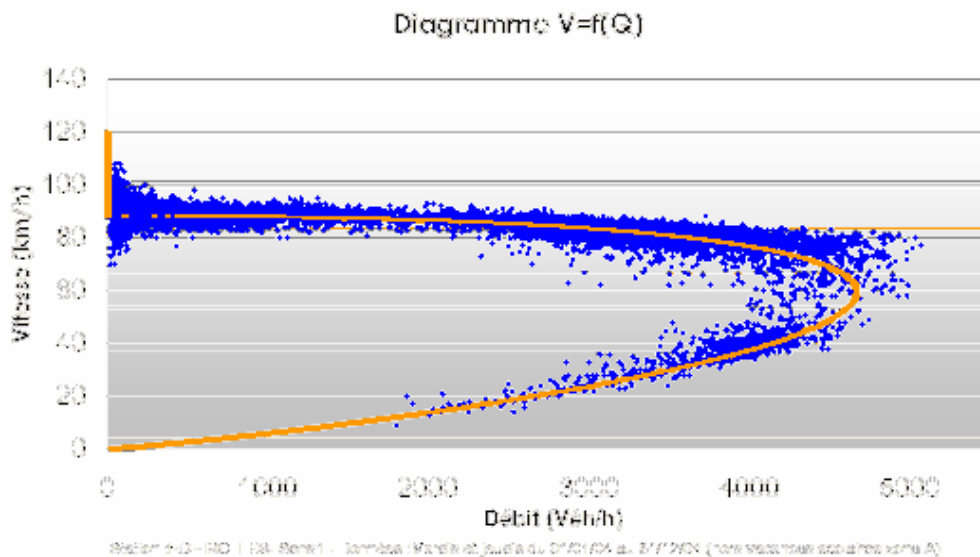
En ville, d'après les mesures effectuées par l'Union Technique de l'Automobile, du Motorcycle et du Cycle (UTAC), le passage d'une **vitesse moyenne urbaine** de 19 km/h en régime fluide à une vitesse de 11,5 km/h en raison de congestion du trafic engendrerait une augmentation de la pollution de 400 % pour le CO, de 200 % pour les Hydrocarbures, de 100 % pour les oxydes de carbone et de 120 % pour les particules alors qu'une augmentation de la vitesse moyenne de 10 % permet une réduction des rejets polluants de 20 à 40 %.

Consommation pour un poids lourd en fonction du type de circulation :

Conditions de circulation	Type de conduite	Consommation sur 10 km
Fluide	75 km/h constants	3,4 litres
Congestion moyenne	1 arrêt tous les 400 m en moyenne 15 remises de vitesse de 0 à 30 km/h 5 remises de vitesse de 0 à 90 km/h 25 minutes au ralenti	16 litres
Congestion forte	85 remises de vitesse de 0 à 30 km/h 15 remises de vitesse de 0 à 90 km/h 1 heure au ralenti	36 litres

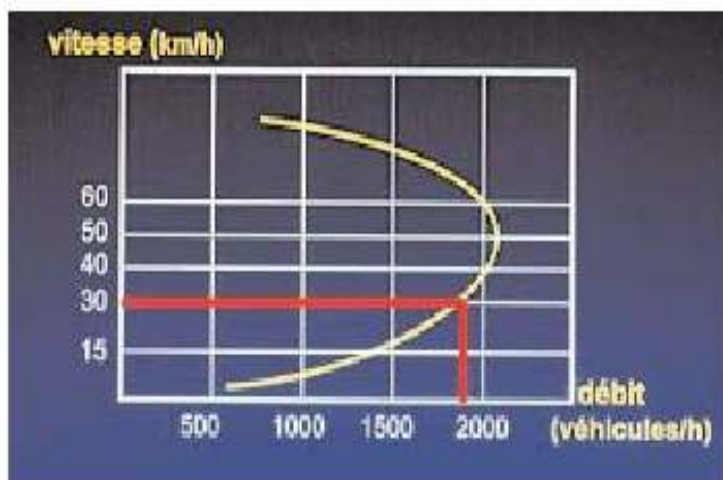
Source : la définition et les implications du concept de voiture propre,-
Christian CABAL et Claude GATIGNOL – Rapport au Sénat n° 125

Sur autoroute urbaine, la régulation de vitesse permet d'optimiser le flux des véhicules. D'après la courbe ci-contre, c'est aux alentours de 60 à 70 km/h que le débit maximum par voies de circulation est atteint.



Source : Métro / Arcadis

Une meilleure fluidité du trafic peut être obtenue aussi par l'aménagement des voiries les plus importantes et au sein même des zones urbanisées par une implantation spécifique des voies de circulation.



Ecoulement du trafic sur une voie urbaine :

Sur voie urbaine, le seuil optimum de capacité d'écoulement du trafic est atteint avec une vitesse de l'ordre de 50 km/h. Le débit est alors d'environ 2000 véh/h ; Ce seuil permet d'écouler à 50 km/h un trafic de l'ordre de 40 000 véh/jour pour une voie double sens. Une réduction de la vitesse à 30 km/h réduit seulement de 10% le flux de circulation.

Source : Savoir de base en sécurité routière : vitesse et fonctionnement urbain. CERTU Juillet 2006.

Quelques hypothèses peuvent ainsi être avancées pour atteindre une stabilisation de trafic :

- Sur les voies rapides :
 - Aménagement des échangeurs afin de faciliter les entrées et sorties
 - Faciliter le trafic de transit en leur réservant des voies de circulation
 - Modulation de la vitesse en fonction de l'intensité du trafic
 - Régulation des volumes de trafics en circulation pour rester en-deçà des seuils de congestion (systèmes de « robinets »)

- Sur les voiries « locales » :
 - Dans une logique de hiérarchisation des réseaux, différencier les axes structurants servant à distribuer les trafics entre secteurs, en y permettant une circulation fluide, des voies d'accès aux zones de stationnement et de proximité.
 - Eviter les échangeurs à plusieurs finalités (accès aux centres commerciaux et croisements de voiries comme par exemple l'échangeur du Rondeau à Echirolles).
 - Eviter les lieux d'engorgement (échangeurs, rétrécissements de voiries ...) à proximité des zones urbanisées.

3 - Eviter une augmentation du trafic :

Par contre, l'amélioration de la fluidité, peut entraîner l'augmentation du trafic de transit mais aussi de proximité, les utilisateurs bénéficiant ainsi de contraintes moindres de circulation.

Afin d'éviter cette situation, d'autres mesures complémentaires devront alors être envisagées, particulièrement aux heures de pointe (début de matinée et fin de soirée). Sur ce point aussi quelques hypothèses peuvent être étudiées ; certaines de ces actions ont déjà été proposées dans le cadre du PDU de l'agglomération grenobloise :

- Incitation à l'utilisation des modes alternatifs à la voiture individuelle ; Développement de ces modes de transports.
- Instauration de contraintes dissuasives de stationnement, principalement sur les lieux de travail, afin de limiter l'utilisation de la voiture par les « pendulaires »,
- Création de parking relais situés à proximité des péages et loin de toutes zones de résidence.
- Création d'un péage urbain qui peut permettre de limiter l'usage de la voiture aux heures de pointe pour le trafic local et pour le trafic de transit si le tarif des péages est modulé en fonction des heures d'utilisation.

D'après TFL (Transport for London : <http://www.tfl.gov.uk>), le péage urbain mis en place à Londres a réduit la congestion de 30% à 40% et les flux routiers ont diminué de 10% à 15% au profit essentiellement des transports en commun.

C - Adapter la voirie

1 – Couverture de voirie :

Le passage sous tunnel de la voirie évite les émissions de gaz polluants sur l'ensemble de la zone recouverte mais reporte ces émissions à l'entrée et à la sortie du tunnel. L'implantation de cheminées en milieu de tunnel offre toutefois une solution de dilution des polluants sans atteindre les possibilités de ce qui est pratiqué dans l'industrie. En effet, les gaz rejetés sont plus froids et auront tendance à se diluer dans les couches plus basses de l'atmosphère. Il est donc important d'implanter ces orifices sur un site éloigné de zones urbanisées. A l'heure actuelle, d'après le CSTB de Nantes, il n'existe pas de système d'épuration permettant de traiter les rejets de façon efficace en début et sortie de tunnel, là où les gaz sont renvoyés sans épuration préalable.

Cette infrastructure présente en outre, l'avantage d'être compatible avec les protections mises en place dans le cadre des pollutions sonores et, le cas échéant, de permettre un gain non négligeable d'espace (aménagement du tunnel en surface).

2 - Protection par végétalisation des abords (annexe 4) :

La plupart des végétaux présentent la capacité de retenir et piéger certains polluants gazeux et particulaires. Plusieurs études sont en cours ou devrait débiter très prochainement pour estimer l'efficacité et établir les meilleures conditions d'implantation et de choix des végétaux (annexe6).

La végétalisation peut être effectuée simplement par des plantations d'arbres en bordure de chaussée ou par l'utilisation de murs à végétaliser (voir annexe) qui pourraient être intégrés aux murs antibruit ou sur les façades des bâtiments.

Quelque soit la méthode retenue, un choix judicieux des espèces constituant ce mur doit être effectué : hauteur, densité, pouvoir allergisant, diffusion de pollens, robustesse des espèces aux polluants, émissions intrinsèque de polluants notamment précurseurs de l'ozone ...

3 - Murs anti-bruits :

Sauf s'ils sont traités de façon spécifique, soit par traitement à base **dioxyde de titane**, soit par végétalisation, les murs antibruit situés à proximité des voiries n'éliminent pas les rejets polluants des véhicules. Toutefois, ils permettent, une meilleure diffusion de ceux-ci en évitant une propagation directe. Ils peuvent donc permettre de diminuer les niveaux de pollution de proximité immédiate mais n'interviennent que très peu sur les niveaux de pollution de fond. Une étude, programmée en 2007 par le réseau de surveillance de la qualité de l'air en Alsace (ASPA) devrait permettre de mieux connaître la diffusion des polluants aux abords de voiries équipées avec des murs anti-bruits. Une étude de modélisation réalisée en Allemagne (MluS-2002 : dispersion des polluants à proximité des voiries) fait état d'une diminution de environ 7% des niveaux moyens de pollution à proximité des murs anti-bruits par rapport aux portions de voiries non équipées.

Source : http://www.schwaigern.de/images/aktuelles/ww_bebauungsplan_begruendung_anlage4.pdf

4 - Traitements spécifiques à base de dioxyde de titane (TiO₂) (voir annexe)

Ce traitement est basé sur le principe de la transformation en nitrates, des oxydes d'azote par photocatalyse en présence de TiO₂.

D'après la société EUROVIA qui teste ce système sur les revêtements de chaussée, 15 à 20% des oxydes d'azote sont éliminés en milieu ambiant.

Ce procédé peut être appliqué aussi bien dans le revêtement de la chaussée (exemple de Dinan – Ouest France du 11/10/2006) que sur les enduits des murs anti-bruit (exemple de Paris – revêtement NOXER EUROVIA) et sur les revêtements des façades d'immeubles (projet européen PICADA – <http://www.picada-project.com>). Cette méthode n'agit directement que sur la réduction des oxydes d'azote. Compte-tenu de la chimie des polluants dans l'atmosphère, cette réduction pourrait intervenir (dans un sens ou dans l'autre en fonction de l'équilibre COV / NOx) dans les processus photochimiques de formations de l'ozone.

Concernant la toxicité du dioxyde de titane, il est à retenir que le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a récemment classé ce composé comme cancérigène du groupe 2B «susceptible d'être cancérigène pour l'humain» (CAS 01 3463-67-7 en cours d'élaboration). Les études permettant d'établir cette classification ont été effectuées sur des rats et à des concentrations élevées de TiO₂ correspondant à une utilisation en milieu professionnel. Aucune étude en atmosphère extérieure ou sur des émanations issues de l'utilisation de revêtements n'a encore été effectuée.

La molécule de dioxyde de titane est actuellement utilisée comme pigment blanc dans les peintures ou comme colorant alimentaire.

Cependant les réductions potentielles de la pollution atmosphériques par le dioxyde de titane sont à mettre en regard avec les émissions polluantes que sa production engendre. Le groupe Huntsman Tioxide, par exemple, produit annuellement 4 millions de tonnes de TiO₂ et rejette pour cette fabrication du dioxyde et du monoxyde de carbone, ainsi que des oxydes de soufre et d'azote.

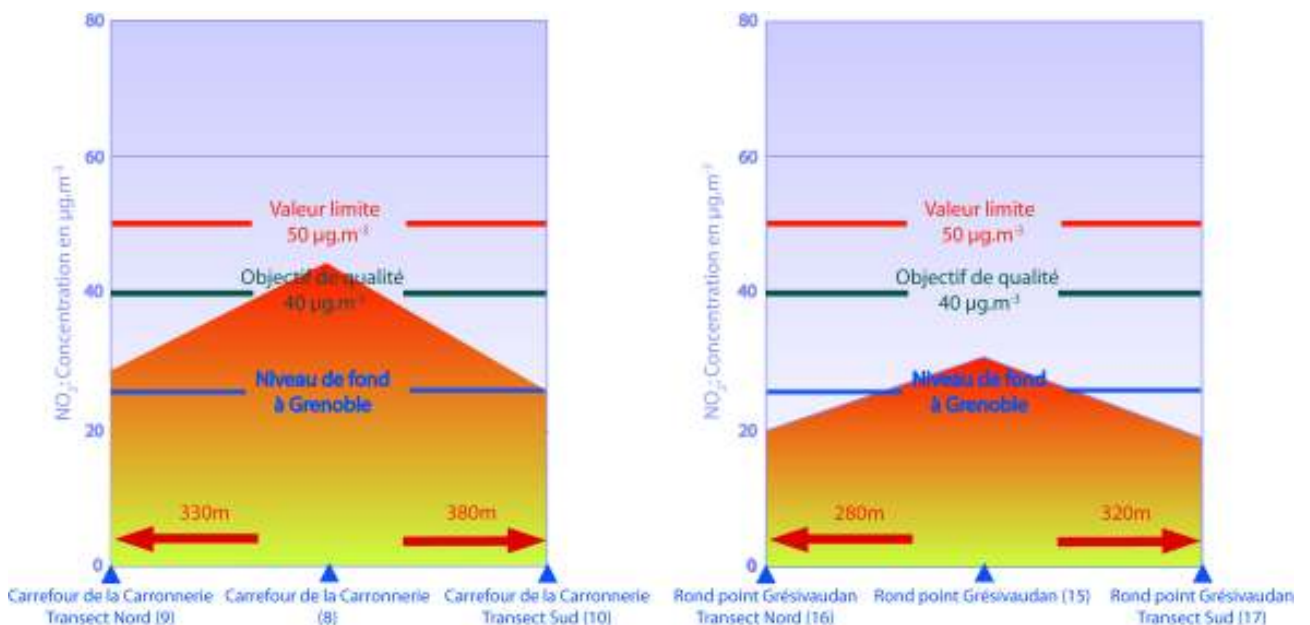
D - L'implantation de l'habitat

La conception de la zone d'habitat considérée joue un rôle très important quant à l'exposition aux polluants.

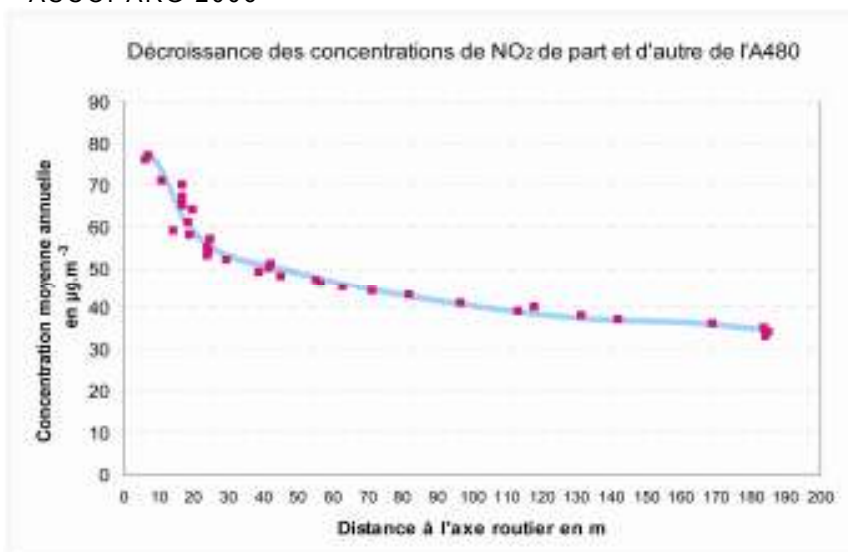
Plusieurs paramètres interviennent dans celle-ci : Si pour certains il est très difficile d'intervenir car ils sont liés aux conditions environnementales locales météorologiques et de relief (Direction et vitesse du vent, fond de cuvette, pentes montagneuses ...) et que la seule solution consiste à éviter des constructions dans la zone concernée, pour d'autres, un urbanisme réfléchi peut permettre de diminuer l'impact de ces polluants sur l'exposition des populations résidentes. Il s'agit principalement de :

- L'éloignement des zones habitées par rapport aux sources de pollution.
- La protection par des rideaux de végétaux et/ou de locaux à usage technique
- Une moindre présence de sources de pollution "in situ".

Exemple de diffusion du dioxyde d'azote (moyenne annuelle) en fonction de la distance à un axe routier, déterminée par mesures.



Source : Etude de la qualité de l'air sur le tracé de la ligne de bus 6020 (Grenoble-Meylan) – ASCOPARG 2006



Informations complémentaires fournies par la modélisation Sirane sur un segment de l'A480 (secteur Pont de Catane).

La décroissance des concentrations de dioxyde d'azote est importante dans les 30 premiers mètres. A presque 200 mètres, l'objectif de qualité n'est toujours pas respecté (40 µg.m⁻³).

1 - L'éloignement :

Il peut être obtenu en réservant la place nécessaire aux parkings et bâtiments techniques tels que les chaufferies entre la source de pollution et la résidence. La hauteur de ces bâtiments techniques, faisant office de protection, peut jouer aussi un rôle important. L'implantation des parkings sur une zone relativement éloignée des habitations évitera les sources de gêne liées aux émanations des véhicules (même si celles ci sont moindres par rapport aux émissions globales) et aux bruits provoqués soit par les véhicules eux même soit par les personnes les utilisant. De plus, la voirie réservée au trafic sera moindre à proximité directe des logements

2 - L'implantation d'espaces verts

Il permet aussi cet éloignement. Par contre, c'est dans cet espace que les enfants viendront se divertir. Ils seront donc exposés aux polluants, certes sur une période beaucoup moins importante que dans leur logement, mais avec un rythme respiratoire plus élevé surtout s'il s'agit d'espaces réservés à la pratique du sport. Il serait donc intéressant de prévoir un « rideau végétalisé » de façon à protéger au maximum cet espace.

Eloignement des habitations par rapport à la voirie :

3 - Le trafic au sein de la zone :

Dans les zones d'habitation, différents types de trafics coexistent : le trafic de transit, le trafic de distribution et le trafic de stationnement.

Le trafic de transit permettant de circuler d'une zone à une autre zone devra être limité au maximum aux abords des constructions.

Pour les deux autres types de trafic, des voiries adaptées à chacun d'entre eux devront être prévues :

- permettant une desserte fluide pour les voies de distribution,
- et réserver uniquement les voiries de parking à la circulation des résidents proches.

L'ensemble de ces voiries devra être installé au plus loin des habitations.

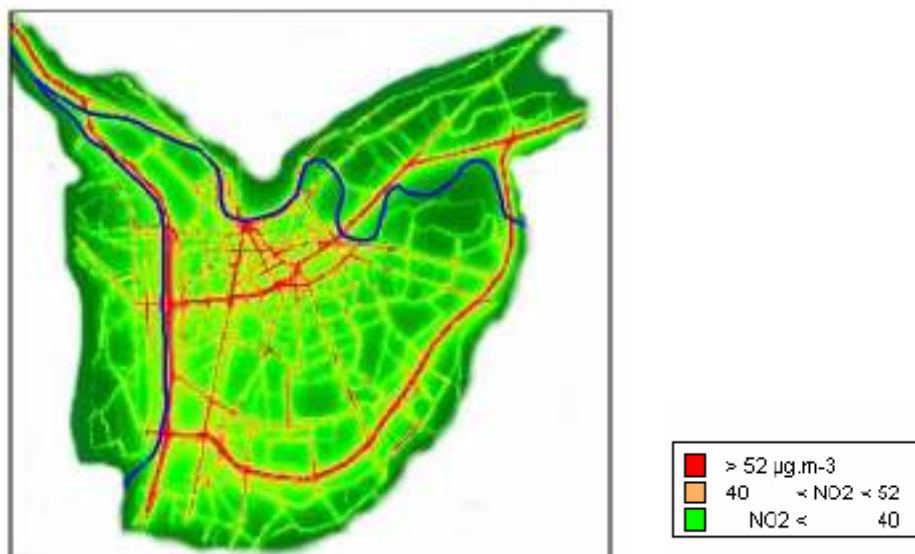
De façon générale, il convient aussi d'éviter les lieux d'engorgement (échangeurs, rétrécissements de voiries ...) à proximité des zones habitées, qu'ils soient liés à la circulation propre à la zone ou aux autres axes de circulation.

4 - Modélisation de l'impact du trafic routier :

Avant toute implantation de logement sur une zone située à proximité d'une voie à fort trafic automobile, la modélisation de la dispersion de la pollution en fonction de l'implantation prévue des bâtiments peut être envisagée. Cette approche permet aussi de prendre en compte une bonne partie des paramètres pouvant influencer les émissions et la diffusion des polluants bien que certains ne soient encore pas parfaitement connus (émissions en fonction de la fluidité du trafic par exemple) Des études sur ce sujet ont été réalisées par le CSTB de Nantes (Ch.Sacré).

L'utilisation du modèle Sirane ayant permis de produire les résultats utilisés dans le projet de PDU 2006-2012 (Cf.chapitre 3), permettent également de visualiser et zoomer sur une zone à étudier.

Cartographie des concentrations annuelle de NO₂ (2004)





Exemple (ci-dessus) d'utilisation de la modélisation Sirane sur le tracé de la ligne Meylan-Grenoble 6020. La modélisation, couplée aux mesures sur le terrain, permet de mettre en évidence les zones exposées aux dépassements de l'objectif de qualité pour le dioxyde d'azote (zones jaunes à rouge).

Il semble donc possible d'utiliser ces outils pour étudier l'impact de l'implantation de nouvelles infrastructures routières ou d'habitat. Les travaux réalisés en 2007 pour le SMTIC par l'Ascoparg intégreront ce type d'information.

5 - Les études d'impact santé

Une note méthodologique des études d'environnement "air et santé" à destination des maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre et des services déconcentrés de l'état est fournie en annexe de la circulaire interministérielle du 25 février 2005 (équipement, écologie et santé) Ce nouveau document remplace la note méthodologique SETRA-CERTU de juin 2001. Il fixe les zones d'études à prendre en considération : les polluants à prendre en compte, l'importance des études "air" et « santé » à entreprendre suivant l'importance du projet tant en terme de trafic que de population touchée (4 niveaux d'études sont proposés), la traduction de l'étude d'environnement dans l'étude d'impact.

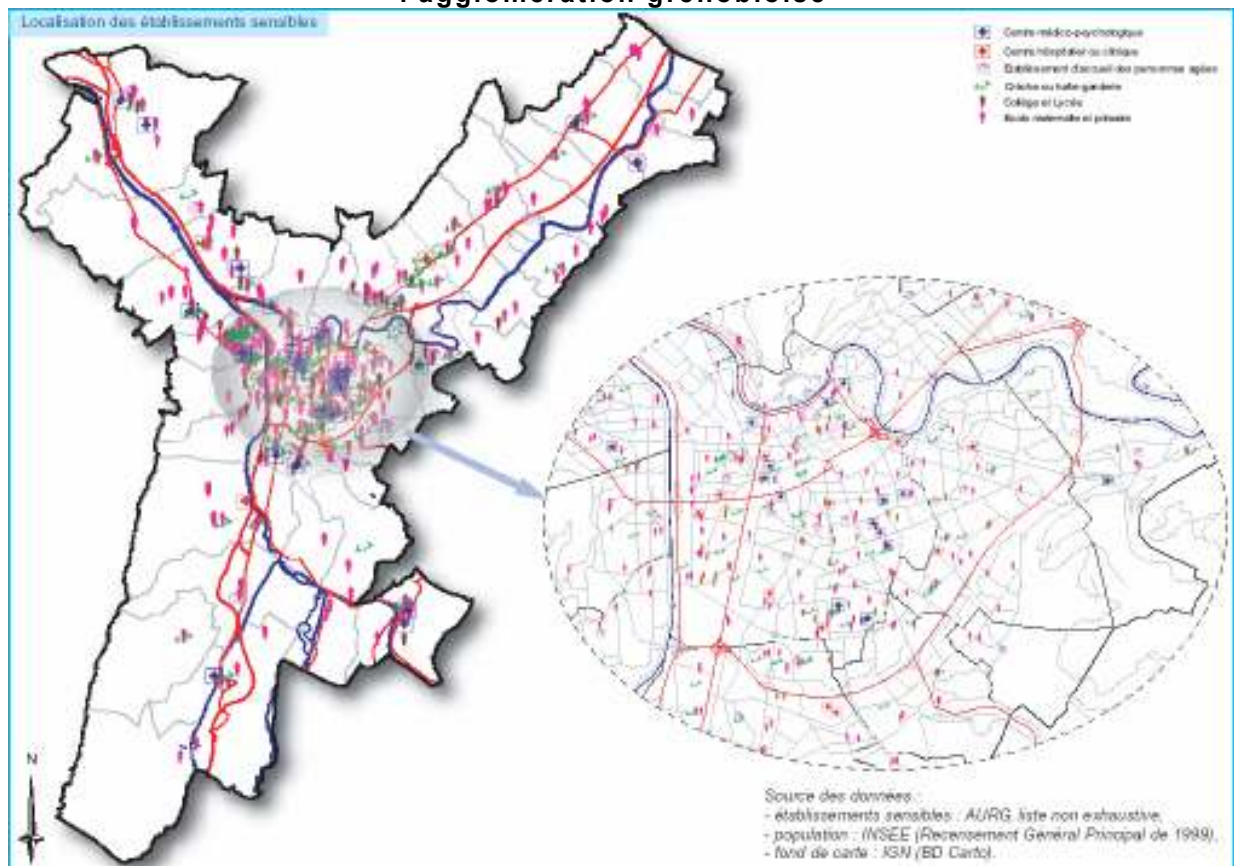
<http://www.sante.gouv.fr/adm/dagpb/bo/2005/05-07/a0070029.htm>

E - Les activités au sein de la zone

1 - Publics « sensibles » :

Parmi l'ensemble des bâtiments présents sur une zone urbanisée, ceux recevant des publics dits sensibles devront être particulièrement protégés de toutes sources de pollutions. Il s'agit des crèches, écoles et établissements scolaires, des résidences pour personnes âgées et des établissements de soins. Une exposition directe au trafic, qu'il soit lié à la voie de grande circulation ou au trafic interne à la zone est absolument à éviter.

Implantation des établissements recevant des publics dits "sensibles" sur l'agglomération grenobloise



Source : COPAREG - ASCOPARG

2 - Les activités :

Les odeurs liées à la présence de certaines activités sont souvent à l'origine de plaintes signalées par les riverains. Il s'agit principalement des activités de restauration et métiers de bouche (boulangerie, boucherie ...), de pressing, distribution d'essence, garages et carrosseries et certaines PME. Si leur présence dans les zones d'habitat est jugée nécessaire, ces activités devront être soumises à des règles assez strictes en ce qui concerne leurs rejets (traitement, éloignement des zones habitées ...).

F - Le bâti

L'air extérieur peut pénétrer plus ou moins facilement par les murs, les fenêtres, les portes, les systèmes de renouvellement d'air, le sous-sol et la toiture. De la qualité de chacun de ces éléments dépendra donc l'exposition des résidents aux polluants extérieurs.

La pénétration des polluants extérieurs dans l'habitat est une source importante de pollution à l'intérieur. Leurs taux de pénétration dépendent de la qualité de l'air extérieur, de la localisation de l'habitat, de la proximité à une source de pollution, de l'étage, du nombre, de la localisation et du type d'ouvertures.

Le transfert de la pollution de l'air extérieur diffère sensiblement selon le contaminant. Alors que l'ozone est détruit à environ 80% en raison de sa réactivité en présence des tentures et voilages, le CO et CO₂ sont pratiquement intégralement retrouvés dans l'air intérieur. Les particules fines (PM_{2.5}) et les fumées noires subissent une réduction d'environ 25%. (Etude expérimentale des conditions de transfert de la pollution atmosphérique d'origine locale à l'intérieur des bâtiments d'habitation – CSTB 2001).

A cette source de pollution liée à l'air extérieur viennent s'ajouter de nombreuses autres sources qui elles sont liées à l'habitat lui-même (matériau de construction, chauffage, mobilier ...) et aux habitants (humidité, habitudes, tabagisme ...).

Il est donc important, si l'on veut diminuer l'exposition de la population à la pollution de l'air de minimiser au maximum ces sources propres à l'habitat qui vont se cumuler avec celles issues de l'extérieur.

1 - Limiter le transfert de la pollution extérieure :

Le système de renouvellement d'air (VMC) :

C'est la source principale de pénétration de l'air extérieur dans le bâtiment. Il puise l'air extérieur pour le diffuser dans toutes les pièces du logement. Dans les immeubles récents, deux principes sont les plus répandus :

- **VMC simple flux** : L'air extérieur est aspiré par dépression au travers de buses installées dans le haut des portes et fenêtres des pièces principales. Il balaye ces pièces et rejoint le ventilateur d'extraction situé en aval des bouches placées en partie haute des pièces dites humides (cuisine, SdB, toilettes) en passant par l'espace que l'on ménage à cette fin sous les portes de communication.
- **VMC double flux** : L'air extérieur, prélevé par une bouche unique, est insufflé au travers de gaines qui débouchent dans les pièces principales. Il suit le même circuit que la VMC simple flux pour rejoindre le ventilateur d'extraction

Ces systèmes de renouvellement d'air peuvent être complétés avec des systèmes de régulation qui modifie le taux de renouvellement en fonction de différents paramètres (humidité, présence ou non d'occupants ...) ce qui limite ainsi l'introduction d'air extérieur. Le système double flux permet de réchauffer l'air entrant en puisant les calories de l'air rejeté. Il peut aussi autoriser une filtration des gaz entrant ou permettre de puiser l'air entrant sur un site moins pollué (toiture, parc voisin ...).

Compte tenu de l'importance de ce système sur l'introduction d'air dans les locaux (annexe 5 : débits d'extraction d'air), il est primordial d'y apporter une attention toute particulière. Celle-ci devra porter sur :

- Le choix du site de prélèvement d'air "neuf" qui doit être éloigné de toutes sources de pollution,
- La maintenance régulière du système pour éviter toute contamination biologique.

2 – Les limites des techniques innovantes :

2.1 : Puits canadien :

Une possibilité dite "puits canadien" existe et consiste à prélever l'air à partir de conduits enterrés à environ 2m de profondeur et sur une longueur de plusieurs dizaines de mètres. Cette technique permet de réchauffer l'air entrant en hiver et de le refroidir en été, en raison de l'inertie thermique du sol par rapport à l'air ambiant. Cette méthode qui semble assez avantageuse du point de vue énergétique présente toutefois le risque de contamination des conduites enterrées (phases de condensation et évaporations successives) et l'introduction de contaminants dans les locaux. Un entretien, très difficile à réaliser compte-tenu de l'enfouissement des conduites, est à prévoir.

2.2 : La filtration de l'air entrant :

Dans un système double flux, la filtration de l'air entrant peut être envisagée mais, à ce jour, aucune technique ne permet une épuration complète de l'air et cette filtration demande elle aussi un entretien très régulier (changement et nettoyage du système de filtration). Dans le cas d'un système de ventilation sans filtration, les particules extérieures de diamètre inférieur à 1µm ne sont pas déposées dans les gaines. Seules les plus grosses (> 30µm) se déposent.

La présence d'une filtration permet de réduire l'introduction des particules ultrafines. Cette réduction est de l'ordre de 34% avec un système de filtration classique et peut atteindre 85% avec l'utilisation d'électrofiltres (50% en situation générale). A proximité d'une route à fort trafic, une filtration classique peut s'avérer insuffisante pour protéger les occupants des locaux. Les électrofiltres demandent un entretien régulier et fréquent (nettoyage au bout de quelques semaines). (Pol Atm – N° 190 – Avr-Juin 2006 - P 140-142).

3 - L'implantation des ouvertures (fenêtres, baies vitrées, balcons ...) :

L'implantation des pièces à vivre tel que le séjour avec ses grandes baies vitrées devra être prévue sur la façade opposée à la voirie. Les pièces moins fréquentées et possédant des ouvertures moindres pourront avantageusement être implantées du côté voirie.

4 - Les matériaux et types de construction :

Les matériaux de construction peuvent émettre des polluants de façon intrinsèque. Il s'agit principalement :

- du bois et ses produits de traitement,
- de certains agglomérés d'origine granitique (Radon),
- des peintures et revêtements de protection,
- des isolants (fibres minérales ou organiques).

Selon le livret publié par l'APPA (recommandations pour la construction, la rénovation et l'utilisation du logement), on peut retenir quelques recommandations :

- limiter l'utilisation de bois traités qui émettent des vapeurs toxiques pendant de très longues périodes,
- utiliser des matériaux isolants "non émetteurs" tel que les mousses urée-formol,
- préférer une isolation par l'extérieur, plus efficace et polluant moins l'air intérieur ...

Les recommandations préconisées par le label HQE ou équivalent sont encore limitées vis-à-vis des problèmes liées à la qualité de l'air. Elles permettent toutefois une réflexion sur les problèmes environnementaux en général et la qualité de l'air en particulier dans la réalisation du projet.

Du choix des matériaux de construction et de leur utilisation dépendra aussi l'étanchéité des parois vis-à-vis de l'air extérieur. Le CSTB étudie actuellement le pouvoir d'isolation de certains matériaux.

4.1 : La maison passive :

Plusieurs agglomérations européennes (Fribourg, Stuttgart, Rennes) ont déjà réalisé ces constructions.

Ce type de construction a pour objectif principal de minimiser la consommation d'énergie dans l'habitat en limitant, entre autres, au maximum les déperditions thermiques. La chasse à toute déperdition thermique se fait en particulier par la mise en place d'une isolation très poussée, l'utilisation de fenêtres super isolantes et d'une ventilation avec récupérateur de chaleur (VMC double flux).

Les maisons sont construites de manière à offrir la plus grande étanchéité à l'air possible pour éviter les pertes de chaleur ce qui permet aussi une moindre pénétration de l'air extérieur donc limite l'introduction de polluants. Ce type de construction est donc très intéressant tant par les économies d'énergie que par l'isolation vis-à-vis des polluants extérieurs.

4.2 : Le béton vert

Une étude est actuellement menée par différents partenaires issus de trois pays européens pour produire un béton vert, constituant idéal de futurs parkings écologiques. Ce béton dit vert sera formé de débris de construction concassés sur lesquels pousseront des herbes et graminées.

Les entreprises de recyclage de matériaux de construction impliquées dans 'Green Concrete' veulent ainsi revaloriser les matériaux invendables issus de la démolition d'immeubles : fragments de tuiles, parpaings de béton, débris de briques et de mortier...

Cette caillasse sera transformée puis épanchée pour former des parkings ou des espaces urbains reverdis, plus naturels. Ces espaces, recouverts d'herbes, pourront stocker l'eau de pluie et la laisser rejoindre progressivement la nappe phréatique, au contraire des surfaces asphaltées, sur lesquelles l'eau s'écoule rapidement

Information extraite du BE Autriche numéro 92 du 19/10/2006 rédigé par l'Ambassade de France en Autriche.- www.bulletins-electroniques.com

G : Epuration de l'air intérieur :

Il existe sur le marché divers types épurateurs d'air dont les principes de fonctionnement sont différents. Certains utilisent le principe de l'ionisation de l'air pour collecter les particules, d'autres utilisent des batteries de filtres avec ou sans filtre à charbon actif.

En 2006, l'Ascoparg a participé avec le CHU de Saint-Etienne à un projet consistant à étudier l'efficacité d'un épurateur d'air. Les premiers tests visant à mesurer le pourcentage d'abattement des particules très fines dans l'air intérieur d'une pièce ont été très concluants. Au bout de quelques minutes, l'épuration tend vers les 100% de réduction.

Quelques interrogations subsistent sur ces techniques :

- production d'ozone pour les appareils basés sur le principe de l'ionisation
- colmatage des filtres et accumulation de bio-contaminants susceptibles de se répandre dans le logement si les filtres ne sont pas entretenus de façon régulière.

Le CSTB, travaille actuellement sur ce projet et étudie trois principes différents :

- Absorption de certains gaz (COV) sur des matériaux poreux,
 - Oxydation photo-catalytique (TiO_2),
 - Traitement d'air par des plantes d'intérieur.
- (Gaëlle Bulteau – CSTB Marne la Vallée –
http://webzine.cstb.fr/webzine/previewPrint.asp?id_une=126

H : L'information

Parmi les solutions proposées et celles qui seront retenues dans les futurs projets, certaines pourront surprendre tant la population générale de l'agglomération que les riverains du projet concerné. Il est donc nécessaire de prévoir une information auprès de chacun sur les objectifs des structures et moyens mis en place et expliquer le fonctionnement de ceux-ci.

Une information spécifique auprès des résidents ou futurs résidents permettra à chacun de mieux connaître les conditions environnementales du quartier où il réside ou va résider et de voir et comprendre les moyens mis en œuvre pour les améliorer.

L'information ne doit pas se limiter à une seule présentation mais devra être poursuivie en permanence pour rappeler les conseils et gestes qui permettront à chacun d'agir pour son propre environnement par ses actions individuelles mais aussi par la mise en place de moyens collectifs.

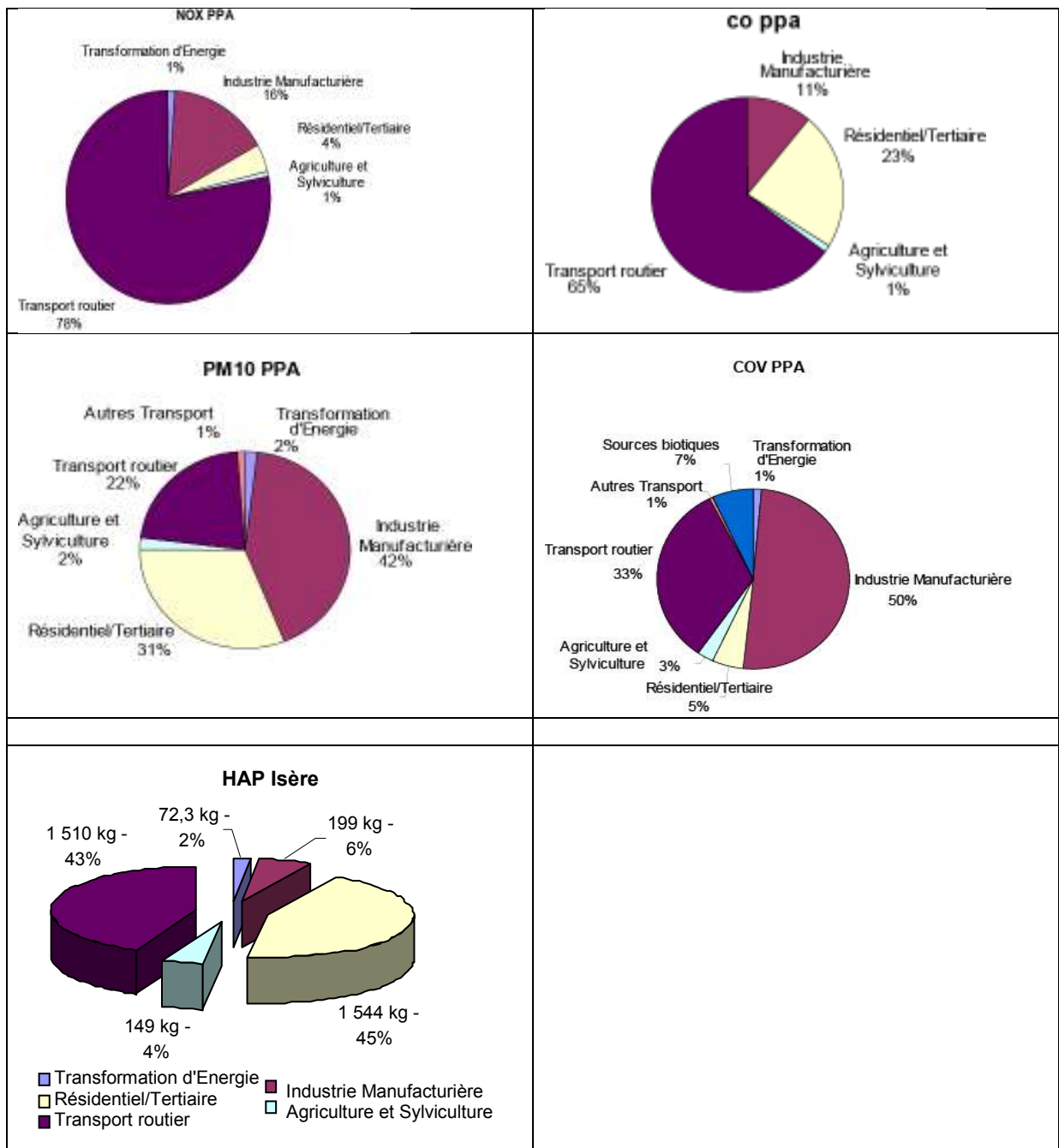
I : Conclusion :

L'implantation d'une zone urbanisée à proximité de voiries à fort trafic reste un exercice difficile car quelque soit le système de protection choisi pour diminuer les nuisances, aucun ne peut prétendre les supprimer en totalité.

Quelques actions peuvent permettre de diminuer la quantité de polluants émis, certains procédés peuvent agir directement sur un des polluants mais jamais sur l'ensemble de ceux-ci, d'autres permettent d'améliorer la diffusion des polluants émis sur l'ensemble de l'agglomération. Certains enfin interviennent uniquement sur le lieu de résidence en limitant l'entrée des polluants dans l'habitat.

Certaines études et recherches évoquées dans ce document sont en cours de réalisation. Elles devraient permettre une meilleure connaissance de l'efficacité des différentes solutions abordées dans ce document. Enfin, la réalisation d'une veille technologique sur le sujet pourrait être envisagée et permettre de réaliser une mise à jour de ce document.

ANNEXE 1 : Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions de polluants dans la zone PPA de Grenoble (données 2000) :

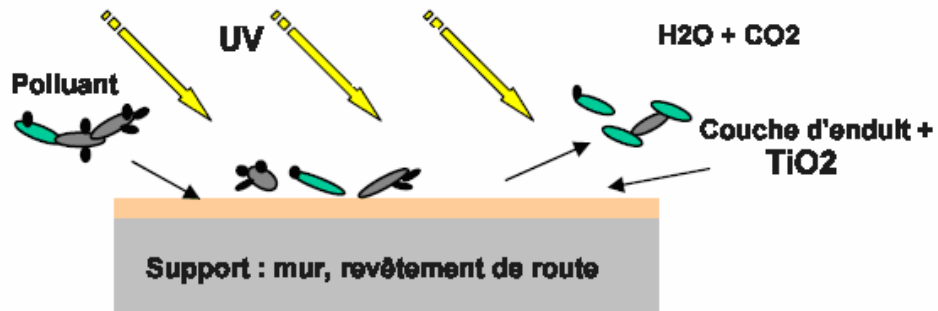


ANNEXE 2 : Résultats de l'étude menée dans le cadre de l'observatoire du PDU

Site	Typologie	Objectif de qualité	NO ₂	PM ₁₀	Benzène	SO ₂
		Valeur limite pour la protection de la santé	40	30	2	50
Rue Félix Poulat (Grenoble)	Urbain	Comparaison des moyennes annuelles aux valeurs réglementaires	41	21	1,7	4
Place de la Libération (Sassenage)	Trafic		35	25	2,2	2
Avenue des JO (Grenoble)	Trafic		38	21	2,2	2
Rue de l'Isère (Saint Martin le Vinoux)	Trafic		36	25	2	4
Place Emé de Marcieu (Grenoble)	Trafic		40	24	3	3
Carrefour de la Carronnerie (Meylan)	Trafic		43	28	3,7	2
Rond Point du Grésivaudan (Meylan)	Trafic		35	23	1,9	3
Place Vaucanson (Grenoble)	Trafic		47	26	2	4
Place de la République (Gières)	Trafic		32	25	2,1*	2
Le Rondeau (Echirolles)	Trafic		54	32	2,1	3
Saint Martin d'Hères	Urbain		31	25	-	3
Fontaine les Balmes	Urbain		30	21	-	3
Grenoble les Frênes	Urbain		30	21	-	5
Versoud	Péri-urbain		22	-	-	1

ANNEXE 3 : Les peintures et revêtements au dioxyde de titane

Le dioxyde de titane est couramment utilisé dans les peintures en raison de son fort indice de réfraction qui donne aux peintures leur blancheur. Sous la forme de nanoparticules, il est utilisé en tant que photo-catalyseur. C'est sous cette forme qu'il peut permettre la destruction de polluants par photo catalyse lorsqu'il est introduit soit dans les peintures, soit dans les revêtements de routes.



Destruction de polluants par TiO_2 (source site : Projet PICADA)

Un projet financé par l'Europe, des laboratoires et industriels (PICADA PROJECT - *Photocatalytic Innovative Coverings Applications for Depollution Assessment*) pour étudier ce procédé de destruction des polluants a été lancé en 2002 et s'est terminé en 2005 et a fait l'objet de plusieurs publications dans les revues spécialisées :

	Journal/ Magazine	Country	Titre
Juin 2006	BTP Magazine	France	TX Active®
Fév. 2006	Le moniteur	France	Les revêtements s'attaquent à la pollution
Jan 2006	Usine nouvelle	France	La photocatalyse passe à l'échelle industrielle
Juil. 2005	Travaux	France	Le projet PICADA

Ou sur internet :

	Country	Titre	Adresse
Juillet 2006	France	TX Aria Ciment réduisant la pollution atmosphérique	http://produits-btp.batiproduits.com/dujour/fiche?code=19430
Juillet 2006	France	TX Arca Ciment blanc autonettoyant pour béton apparent	http://produits-btp.batiproduits.com/Calcia/TX-Arca/fiche/f?id=1069138632
Juin 2006	France	POLLUTION DE L'AIR : Innovant le ciment TX Aria® de Calcia contribue à réduire la pollution atmosphérique	http://www.actu-environnement.com/ae/news/1753.php4
Feb 2005	France	PICADA : Premiers résultats encourageants	http://webzine.cstb.fr/webzine/preview.asp?main=5&id_une=178
Sept 2005	Grèce	Comparison of experimental results and model simulation and cost effectiveness of photo-catalytic covering techniques	http://www.ath.aegean.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=6580
Mars 2005	France	Bientôt des enduits de façades autonettoyants et dépolluants	http://www.actu-environnement.com/ae/news/973.php4

Dans le cadre de ce projet, deux possibilités ont été étudiées :

- Une couche de 10mm de mortier décoratif composée de sable et de ciment traitée au TiO_2
- Une couche fine de revêtement (ciment + solvant) traitée au TiO_2 qui a été appliquée selon deux méthodes différentes (enduit de 1 mm d'épaisseur ou peinture de 100 μm d'épaisseur).

La durée de vie de chacun de ces procédés a été testée sans que n'apparaisse de différence significative en présence ou non de TiO_2 .

Des réductions variant de 10% à 80% du niveau de NO_x ont été observées. Le taux de réduction dépend de la taille de la surface enduite, du type de voirie (plus efficace dans les rues canyon) et des conditions météorologiques (vent permettant une meilleure diffusion de la pollution).

Source: <http://www.picada-project.com/>

ANNEXE 4 : Utilisation des végétaux pour filtrer et ou piéger les polluants

Si le pouvoir de piégeage du gaz carbonique par ces plantes lors de la photosynthèse chlorophyllienne n'est plus à démontrer, quelques études déjà anciennes ont permis de mettre en évidence le pouvoir de filtration de ces plantations pour les plus grosses particules. Par contre, à ce jour, nous n'avons trouvé aucune étude ayant montré l'efficacité de ces barrières végétales pour d'autres polluants. Plusieurs équipes travaillent actuellement pour vérifier cette hypothèse (Jardin botanique de la Ville de Montréal).

A l'extérieur, ces plantations peuvent se présenter sous plusieurs formes :

- Plantation d'arbres et arbustes en bordure de voirie ou de parcs et jardins,
- Intégration à l'aide de supports spécifiques (murs à végétaliser).

Les murs à végétaliser présentent l'avantage de pouvoir être installés soit sur les façades des immeubles, soit dans les protections déjà existantes ou prévues telles que les murs antibruit. Plusieurs espèces de plantes peuvent être insérées ce qui pourrait permettre de créer des compositions multi-polluants dans l'avenir.

Le support (terre ou substrat) peut aussi jouer un rôle d'épurateur par filtration et/ou captation de polluants par les micro-organismes contenus dedans.

Outre l'avantage de piéger certains polluants, ces murs végétalisés placés sur les façades d'immeuble apportent un espace de verdure et peuvent permettre de réguler un peu la température en été en milieu urbain.

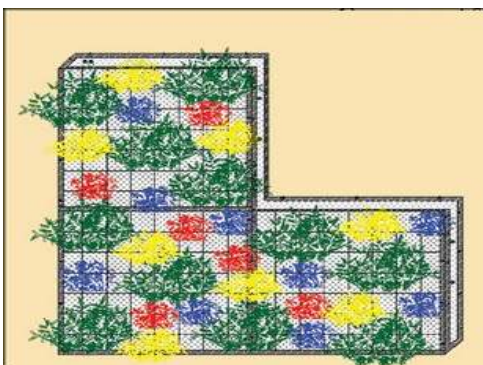
Depuis 5 ans, de très nombreuses équipes mettent en évidence les propriétés épuratrices des **plantes en pot** (donc à l'intérieur des logements) vis à vis de très nombreuses substances polluantes (Australie, Allemagne, Angleterre, Canada, Chili, Corée, Chine, Georgie, Japon et Russie). En France, le projet Phyt'air est mené en collaboration avec le CSTB et la Faculté de Pharmacie de Lille.



Mur végétalisé fait de tiges de saules
source : Jardin botanique de Montréal



Mur végétalisé installé sur la façade du Musée du quai Branly à Paris. Source : <http://fr.wikipedia.org>



Exemple de structure de mur à végétaliser constitué de cellules en maillage galvanisé permettant d'épouser la forme de la surface souhaitée.

Source : <http://www.canevaflor.com/>

ANNEXE 5 : Débits d'extraction d'air dans différents bâtiments

Logement à usage d'habitation :

L'arrêté du 24 mars 1982, modifié par l'arrêté du 28 octobre 1983*, précise que les dispositifs de ventilation, qu'ils soient mécaniques ou à fonctionnement naturel, doivent être tels que les exigences de débit extrait, définis ci-contre, soient satisfaites dans les conditions climatiques moyennes d'hiver.

Cet arrêté réparti de façon plus précise les débits à respecter dans les différentes pièces de service en fonction du nombre total de pièces du logement. Un débit minimal de 0.5 vol/heure dans les pièces principales est obligatoire.

* arrêté repris dans les DTU 68-1 et 68-2 d'octobre 1988

Nombre de pièces	Débits d'extraction d'air exprimés en m ³ / heure					
	Cuisine		Salle de bains ou de douches*	Autre salle d'eau	Cabinets d'aisances	
	Minimum	Maximum			Unique	Multiple
1	20	75	15	15	15	15
2	30	90	15	15	15	15
3	45	105	30	15	15	15
4	45	120	30	15	30	15
5 et plus	45	135	30	15	30	15

*commune ou non avec un cabinet d'aisances

Etablissements scolaires :

Salle de classe maternelle, primaire, collèges (sauf ateliers) 15 m³/h/pers

Salle de classe lycée 18 m³/h/pers

Salles d'enseignement pratique, ateliers 45 m³/h/pers

Infirmierie 18 m³/h/pers

Données : CETIAT (2005)

ANNEXE 6 : Pouvoir allergisant de différents végétaux

Arbres	Pouvoir allergisant	Herbacées	Pouvoir allergisant
Cyprès	5	Oseille	2
Noisetier	3	Graminées	5
Aulne	4	Plantain	3
Peuplier	3	Pariétaire	4
Orme	1	Ortie	1
Saule	3	Chenopode	3
Frêne	3	Armoise	4
Charme	4	Ambroisie	5
Bouleau	5	<p>Source : RNSA</p> <p>Pouvoir allergisant 0 = nul 5 = très fort</p>	
Platane	3		
Mûrier	2		
Hêtre	2		
Chêne	4		
Pin	0		
Olivier	3		
Tilleul	3		
Châtaignier	2		

Calendrier pollinique Grenoble 2004 ASCOPARG - RNSA

