

Des émissions des véhicules à la qualité de l'air, des dommages aux coûts des dommages.

Dr W. HECQ - Université Libre de Bruxelles

Cette présentation débute par un rappel de la contribution du trafic aux grands problèmes de dégradation de la qualité de l'air. La deuxième partie porte sur la quantification des polluants présents dans l'air ambiant et de leurs effets associés. Enfin, la troisième partie donne un aperçu sur le coût économique des dommages. Dans ce but, je me référerai à des études récentes effectuées tant en Afrique qu'en Europe ou aux USA.

La dégradation de la qualité de l'air relative au trafic est étroitement liée à l'utilisation d'énergies fossiles. On peut classer cette dégradation en trois catégories (tableau 1) suivant la portée géographique de la pollution :

- pollution à l'échelle locale et urbaine,
- pollution à l'échelle urbaine et régionale,
- pollution à l'échelle globale.

1. Des émissions à la qualité de l'air

1.1 Pollution à l'échelle locale & urbaine

Cette pollution est essentiellement une pollution de proximité. Les polluants rencontrés sont nombreux : relevons des composés de plomb (Pb), le monoxyde de carbone (CO), des matières particulaires fines (PM₁₀, PM_{2,5}), et des contaminants.

- La pollution par le plomb (thème de cette conférence)

Le plomb est ajouté dans l'essence sous forme de TEL (plomb tétraéthyl) et TML (Plomb tétraméthyl) pour ajuster l'indice d'octane. Des composés de plomb sont rejetés dans l'air ambiant avec les gaz d'échappement des véhicules.

L'exposition au plomb peut survenir au travers de multiples voies comprenant l'inhalation d'air contaminé par les rejets des véhicules à essence, mais aussi par ingestion puisque le plomb déposé sur le sol entre dans la chaîne alimentaire. Le plomb s'accumule dans les tissus vivants et peut, à des doses excessives, entraîner des dommages neurologiques (voir autres sessions de ce Colloque). Le métabolisme et les effets toxiques du plomb sont connus: sur le sang, le système nerveux périphérique et central, sur les reins etc... Il semble que ce soit chez l'enfant que la toxicité neurologique du plomb soit des plus préoccupantes car elle retarde leur développement psychomoteur. Actuellement, la valeur-guide de l'OMS (0,5 µg/m³, en moyenne annuelle) n'est pas respectée dans de nombreuses agglomérations des pays en voie de développement (WHO, 2000) où l'essence plombée est utilisée. En effet, des concentrations annuelles moyennes peuvent atteindre des valeurs de 1,5 à 2 µg/m³ dans l'air ambiant (Lovel, M.,1999).

- Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est un produit intermédiaire de combustion issu en grande partie du trafic. Les mesures de concentration de CO sont très corrélées à la densité du trafic, d'autant plus que les rejets sont les plus importants lorsque les vitesses moyennes des véhicules sont faibles (indicateur de congestion du trafic). Ainsi, dans les agglomérations,

Tableau 1: Pollution de l'air et trafic automobile dans les zones urbanisées - Sept exemples de problèmes environnementaux

NIVEAU	POLLUANTS	EFFETS	CONTRIBUTION DU TRAFIC	CONFORMITE AVEC LES VALEURS GUIDES DE L'OMS
LOCAL & URBAIN	Pb	SANTE	MAJEURE	NON
	CO	SANTE	MAJEURE	OUI, EN PARTIE
	PM10, PM 2,5	SANTE MATERIAUX	MAJEURE	n.a.
	Hydrocarbures, dont aromatiques, aldéhydes, HAP, ...	SANTE	N.D.	n.a.
URBAIN & REGIONAL	SO ₂ , NO _x , HCl	DEPOTS ACIDES SANTE, MATERIAUX, CULTURES	5 - 70%	SUIVANT LA ZONE
	O ₃ (NO _x , COV _s , CO,...)	POLLUTION PHOTOCHIMIQUE SANTE, MATERIAUX, CULTURES	70% (NO ₂) 20% (COV _s)	OUI, EXCEPTE EPISODES DANS LES ZONES PERI-URBAINES
GLOBAL	CO ₂ , N ₂ O, O ₃ , CH ₄ , CFC _s	EFFET DE SERRE CLIMAT	30%	---

lorsque les conditions sont défavorables (mauvaise dispersion), dans les tunnels, les parkings souterrains, les concentrations moyennes (HECQ, W.; 1998) peuvent s'élever à des valeurs supérieures aux valeurs-guides de l'OMS (WHO, 2000). Mais, dans des conditions normales et pour certaines villes comme Ouagadougou, ces valeurs-guides peuvent ou pourront être dépassées à l'avenir (Banque Mondiale, 1999) et menacer la santé publique. En effet, il est connu que compte tenu de son affinité pour l'hémoglobine du sang (plus de 200 fois celle de l'oxygène), le CO présente des dangers pour les populations à risque: insuffisants cardiaques et du système respiratoire, jeunes enfants et femmes enceintes, etc... (SFSP,1996).

- La pollution particulaire (PM10, PM2,5)

Les particules fines font partie des fumées noires, elles tirent leur origine des imbrûlés organiques et des résidus minéraux dans les carburants. Les études actuelles montrent que ce sont les particules fines produites par les véhicules diesel et à essence qui posent des problèmes. En effet, leur temps de résidence dans l'air urbain peut être assez long (jours, semaines) et elles peuvent donc s'accumuler. Comme ces particules sont fines (diamètres inférieurs à 10 µm ou inférieurs à 2,5 µm), ces particules pénètrent partout, dans les maisons mais aussi dans le système respiratoire de l'homme. Les études toxicologiques et épidémiologiques mentionnent les particules fines comme un facteur d'accroissement de maladies respiratoires chroniques et de mortalité précoce (SFSP,1996). De ce fait, l'OMS ne mentionne pas de seuils de protection, mais considère l'exposition aux particules fines comme un facteur de risque sans seuil de protection sanitaire (WHO, 2000). Or, dans les pays en développement, les concentrations annuelles en PM peuvent dépasser 100 µg/m³. Il faut ajouter que les particules sont également responsables de salissures qui enlaidissent les façades des bâtiments.

- La pollution par divers contaminants de l'air

A l'échelle urbaine toujours, on doit relever encore une série de substances polluantes organiques: comprenant des alcanes, alcènes, des aromatiques monocycliques, notamment benzène et toluène et des composés oxygénés (aldéhydes, acides, cétones, éthers) issus de la combustion ou de l'évaporation des essences, et encore des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques, comme le benzo(a)pyrène, le benzo(k)fluoranthène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(g,h,i)pérylène et le benzo(a)anthracène)* issus de la combustion dont certains ont des propriétés cancérigènes (WHO, 2000). Dans ce cas encore, on doit s'attendre à des effets négatifs pour la santé publique compte tenu de ce qu'indiquent les relations exposition-effets de l'OMS (absence de seuils).

1.2 Les dommages à l'échelle urbaine et régionale

A côté des polluants précités, figurent également d'autres polluants urbains: les oxydes de soufre (SO_2) et d'azote (NO_x), des composés organiques (volatils) COVs et des polluants photochimiques secondaires (ozone, O_3 ; peroxyacétylnitrate, PAN). Certains de ces polluants issus du trafic dans les villes, se déplacent hors des villes et se transforment. Durant leur séjour dans l'atmosphère, deux phénomènes de pollution apparaissent: les dépôts acides (sulfates et nitrates) ainsi que la présence d'ozone troposphérique et d'autres oxydants, le tout sur de larges zones géographiques (jusqu'à des centaines de km) et pour des périodes variables (jusqu'à plusieurs mois).

- Les dépôts acides

Le dioxyde de soufre (SO_2) produit par la combustion du soufre résiduel dans les carburants et les oxydes d'azote (NO_x : NO, NO_2) issus de l'oxydation de l'azote de l'air sont également agressifs vis-à-vis des tissus vivants et des matériaux de construction.

Dans les villes des pays en voie de développement, la situation est parfois inquiétante, des concentrations moyennes horaires supérieures à $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ peuvent être observées à Dakar (Banque Mondiale, 1999). En d'autres endroits, des concentrations moyennes annuelles dans l'air ambiant peuvent atteindre $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 . Ceci peut entraîner en conjonction avec des matières particulaires fines des problèmes respiratoires chez les personnes sensibles (WHO, 2000). Par ailleurs, des mortalités précoces sont corrélées avec la présence d'oxydes de soufre et de matières particulaires.

Le dioxyde d'azote (NO_2), également, peut entraîner comme le dioxyde de soufre (SO_2), après inhalation, des réponses broncho-constructives chez les personnes sensibles (asthme). Dakar connaît des concentrations moyennes horaires en NO_x de plus de $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Banque Mondiale, 1999). Les concentrations annuelles de NO_2 peuvent atteindre jusqu'à $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et les valeurs horaires peuvent s'élever jusqu'à $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans certaines villes des pays en développement. Il en résulte que les valeurs guides de l'OMS sont régulièrement dépassées pour le SO_2 et le NO_2 (WHO, 2000).

Les oxydes de soufre et d'azote sont transportés à de longues distances. Ils subissent des transformations dans l'atmosphère et leurs dépôts (sulfates, nitrates) dégradent les cultures

* Ces composés lourds se retrouvent, pour certains à la surface des particules, alors que les plus volatils émis en moins grande quantité sont présents dans la phase gazeuse

agricoles et acidifient les eaux de surface et les sols. Les charges critiques de ces dépôts peuvent être dépassées dans les zones géographiques exposées.

- La pollution photooxydante

Cette pollution résulte de polluants secondaires, parmi lesquels l'ozone (O_3) et le peroxyacétylnitrate (PAN) figurent comme des agents oxydants agressants. L'ozone est formé sur base d'un mécanisme complexe de formation-destruction à partir de $NO_2 + NO$ et de l'ensoleillement. Le NO_2 est régénéré grâce à des hydrocarbures volatils et de l'ensoleillement. La concentration d' O_3 croît partout dans le monde, or ce gaz agresse les tissus végétaux et animaux. Si les concentrations de fond de l'ozone s'élèvent entre 40 et $70 \mu g/m^3$ en moyenne horaire, dans les zones peri-urbaines, sous le vent, ces concentrations peuvent atteindre $300-400 \mu g/m^3$ et les effets négatifs sur le système respiratoire peuvent être attendus. Les valeurs guides de l'OMS sont régulièrement dépassées dans ces zones (WHO, 2000).

1.3 La pollution à l'échelle mondiale

Le principal produit de combustion des carburants: le dioxyde de carbone (CO_2), puis le protoxyde d'azote (N_2O), le méthane (CH_4), l'ozone troposphérique (O_3) participent au réchauffement climatique. En conséquence, une élévation du niveau des mers, la disparition des zones côtières, des modifications du climat (pluies ou sécheresse, etc) sont attendues.

Les trois types de pollution mentionnés engendrent une série de dommages à la santé publique, aux bâtiments, aux cultures agricoles, aux forêts, etc.

2. Les dommages et leur quantification

Les transports sont donc une source importante d'émission de polluants dans l'air comme le Pb, CO, NO_x , PM_{10} , SO_2 , CO_2 ,... Les émissions de ces substances causent divers dommages qui concernent un large échantillon de récepteurs: l'homme, les matériaux, les cultures agricoles, la flore et la faune sauvages, le climat etc... L'importance des dommages occasionnés par la pollution atmosphérique issue du trafic n'est à l'heure actuelle que partiellement connue. De nombreux programmes de recherches sont menés afin de chiffrer ces dommages. Quelques considérations sur des études menées et qui sont encore en cours sont reprises ci-après.

L'approche classique pour chiffrer ces dommages est la quantification de la séquence: trafic - émissions - dispersion - exposition - dommages - coûts des dommages (EC, 1995; EC, 1999).

Dans cette séquence, appelée chemin d'impact, le trafic est chiffré à l'aide d'un premier type de modèles qui fournit le flux de trafic suivant les heures de la journée sur le réseau routier. Les résultats des modèles de trafic permettent de chiffrer la consommation de carburants et les émissions de polluants du parc des véhicules à l'aide d'un deuxième type de modèles, ceux d'émissions (HECQ, W. et al, 1999). Les résultats des modèles d'émissions sont alors introduits dans troisième type de modèles, ceux de dispersion des différents polluants. Les résultats de ces trois modèles permettent de chiffrer l'exposition

de récepteurs (population, bâtiments, cultures agricoles,..) aux polluants. Des données d'exposition permettent, ensuite, de quantifier les dommages à l'aide de fonctions de dommages en terme physique à l'aide d'un quatrième type de modèles doses-réponses.

Il est possible enfin de chiffrer les dommages en terme monétaire, soit par des méthodes directes, soit indirectes.

Pour évaluer cette séquence, de nombreuses informations sont nécessaires. Pour chiffrer les émissions, il faut disposer d'informations sur les déplacements et sur le parc des véhicules utilisés. Il faut ensuite connaître la typologie de la ville et disposer de données météorologiques, des réseaux de surveillance de la qualité de l'air pour calculer la concentration des polluants dans l'air. Pour l'exposition, il faut enfin connaître la distribution de la population, du stock de matériaux, de cultures sensibles exposés. Pour les dommages, il faut sélectionner des fonctions de dommages* et puis appliquer des méthodes de calcul des coûts. L'ensemble de la démarche peut être très long et complexe, tout dépend du degré voulu de précision des estimations. Il est aussi utile d'en évaluer les marges d'incertitudes.

Seules les villes d'une certaine importance disposent d'un réseau de mesures du trafic, de mesures météorologiques et de la pollution, de statistiques sur la population, les bâtiments et peuvent établir plus ou moins correctement des bilans de pollution par le trafic. Dans ce domaine, des évaluations partielles, y compris économiques, ont été réalisées sous l'égide de la Banque Mondiale pour des villes africaines comme Dakar, Cotonou (WBI, 2000; Banque Mondiale, 1999). Il serait intéressant que ces études puissent aboutir à quantifier l'ensemble des dommages et en mesurer leur importance.

Quels sont les dommages auxquels on doit s'attendre ?

Une synthèse des études menées, à l'heure actuelle (INFRAS/IWW, 2000; FAVREL, V. et al., 2001; EC, 1995; EC, 1999), montre que les dommages concernent en grande partie la santé humaine avec diverses pathologies respiratoires (HECQ, W., 1997), des troubles ophtalmologiques et des cas de mortalité précoce par asthme, affections respiratoires, cardiovasculaires, ceci, pour des expositions à court terme. A long terme, il faut ajouter à cette liste, des cancers (Tableau 2). En ce qui concerne les bâtiments, la dégradation des matériaux sensibles: calcaires, grés, zinc ainsi que le noircissement des façades des bâtiments sont observés (FAVREL, V. et al., 2001). Enfin, les cultures agricoles, les forêts, peuvent souffrir d'être exposées à l'ozone, aux oxydes de soufre et d'azote (EC,1999, EC,1995).

* La relation entre l'exposition et le dommage est établie sur base de relations doses-réponses. Celles-ci sont spécifiques aux polluants, récepteurs et types de dommage.

Tableau 2 : Quelques impacts du trafic urbain

EMISSIONS	POLLUANTS	IMPACTS Court terme	IMPACTS Long terme
Plomb et composés	Plomb	-	Troubles neurologiques, affection cardiovasculaire
Monoxyde de carbone	CO	Mortalité cardiovasculaire et autres	-
Matières particulaires	PM10, PM2,5	Maladies respiratoires et cardiovasculaires Mortalité respiratoire	Mortalité respiratoire et cardiovasculaire
Aldéhydes	Formaldéhyde	Fonction respiratoire, troubles des yeux	Leucémies, autres cancers
Benzène	Benzène	-	Leucémies
1,3-butadiène	1,3-butadiène	-	Cancers respiratoires et autres
Hydrocarbures polyaromatiques	HAP	-	Cancers respiratoires, autres cancers
Dioxyde d'azote	NO ₂	-	Maladies respiratoires, asthmes
Dioxyde de soufre	SO ₂	Maladies respiratoires, asthme, mortalité respiratoire	Mortalité respiratoire
Oxydes de soufre et d'azote	Aérosols	?	Mortalité respiratoire
COVs et oxydes d'azote	O ₃	Troubles respiratoires et maladies des yeux	Maladies respiratoires et asthme
COVs et oxydes d'azote	O ₃	Pertes de rendements aux cultures agricoles	
COVs et oxydes d'azote	O ₃	-	Destruction, décoloration des matériaux
Dioxyde de soufre	SO ₂	Pertes de rendements aux cultures agricoles	
Oxydes de soufre et d'azote	Acidité/nitrification	-	Pertes de rendements aux cultures agricoles
Oxydes de soufre et d'azote	Acidité/nitrification	Forêts ?	Mortalité des arbres
Oxydes de soufre et d'azote	Acidité/nitrification	Ecosystèmes ?	Destruction
Oxydes de soufre et d'azote	Acidité	-	Diminution des pêches (Eaux de surface)
Oxydes de soufre et d'azote	Acidité	-	Dégradation (Matériaux)
Matières particulaires	PM10, PM2,5	-	Salissures des façades
Oxydes de soufre et d'azote	Aérosols	-	Salissures des matériaux
Gaz à effet de serre	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , O ₃	Réchauffement global	Variés

3. Le coût des dommages

L'ensemble de ces dommages est actuellement chiffré dans de nombreux pays dans le but d'en connaître le coût économique (INFRAS/IWW, 2000; FAVREL, V. et al., 2001).

L'objectif de ces évaluations est connu. Les dommages issus de la pollution atmosphérique provoquée par les véhicules constituent un coût pour la société. Le coût est appelé "externe" car il n'est pas supporté par les usagers des véhicules mais par la population, en général, l'environnement, l'Etat et ce sans contrepartie équitable. Il est donc utile de le connaître. De plus, dans le cadre de la prise de décision par les autorités, le montant des dommages peut être comparé aux coûts des mesures à mettre en œuvre (analyse coûts-bénéfices). Par ailleurs, il est de plus en plus question, en vertu du principe de pollueur payeur, de faire supporter ces coûts par les usagers des transports et de ce fait, de faire jouer les mécanismes de marché. On peut, en effet espérer, qu'en intégrant les coûts de pollution sous formes soit de mesures de dépollution, soit de taxes différenciées suivant les modes de transport ou les carburants, orienter la demande vers une mobilité moins polluante tout en faisant prendre conscience du problème par les acteurs. Deux cas illustrant l'utilité de connaître les coûts des dommages sont montrés ci-après.

Le premier cas concerne le plomb. Il s'agit d'une analyse coûts-bénéfices qui a justifié la décision de limiter l'usage du plomb dans l'essence aux U.S.A.. Le second cas concerne les coûts externes de différents types de motorisation, ce qui a permis de justifier les nouvelles normes européennes et l'effet bénéfique de l'introduction du pot catalytique.

Dans le cadre de l'application de la loi sur la réduction des composés de Pb dans l'essence aux U.S.A., l'USEPA (USEPA, 1985) a établi que la limitation de la teneur en TEL, de 0,3 g/l à 0,026 g/l, coûterait 500 millions de \$ par an à l'industrie du raffinage du pétrole en 1986. En contrepartie, les avantages monétaires de cette réduction s'élèveraient à :

- 600 millions de \$ en dommages évités chez les enfants (frais médicaux, retards scolaires);
- 6 milliards de \$ en réduction de cas d'hypertension chez les adultes;
- 200 millions de \$ correspondant à la diminution des coûts de catalyseurs prématurément détruits par "misfueling" et d'impact des polluants sur la santé;
- 1 milliard de \$ sous forme de gains sur l'entretien des véhicules.

Soit, au total, plus de 6 milliards de bénéfices et même si l'on considère l'incertitude de certaines relations "doses-effets" (hypertension), les bénéfices excèdent les coûts avec une confortable marge.

La démarche du deuxième cas est suivie pour justifier les décisions politiques portant sur les nouvelles normes de réduction du CO, NOx, VOCs et PM imposées sur les véhicules en Europe. Les chiffres repris dans le tableau 3 sont calculés par la méthode "ExternE" (INFRAS/IWW, 2000; FAVREL, V. et al., 2001; EC, 1999; EC, 1995).

Tableau 3. Coûts externes de la pollution atmosphérique dans les agglomérations (deux exemples).

Coûts en EUR par 1000 vkm	Coûts marginaux de la pollution de l'air			Total	
	Santé	Matériaux	Cultures	Min	Max
Zone géographique	Moy. U.E.	Moy. U.E.	Moy. U.E.		
Voitures					
Essence - norme pré Euro	35,3	0,2	0,4	36,0	45,5
Essence - norme Euro I	9,6	-	-	9,6	12,1
Essence - norme Euro III	8,3	-	-	8,3	10,5
Diesel - norme Euro I	24,8		-	24,8	31,3
Zone géographique	Bruxelles	Bruxelles	Bruxelles		
Diesel - norme pré Euro	663	58	-	144	3.605
Diesel - norme Euro I	142	13	-	31	780
Zone géographique	Moy. U.E.	Moy. U.E.	Moy. U.E.		
Motocyclettes	15,0	-	1,1	16,2	19,2

Comme on peut le constater, l'introduction des normes Euro I permet en comparaison avec la norme pré Euro, de réduire significativement les coûts externes * pour la santé et ce grâce à la suppression de l'essence plombée qui autorise l'usage du pot catalytique sur les véhicules.

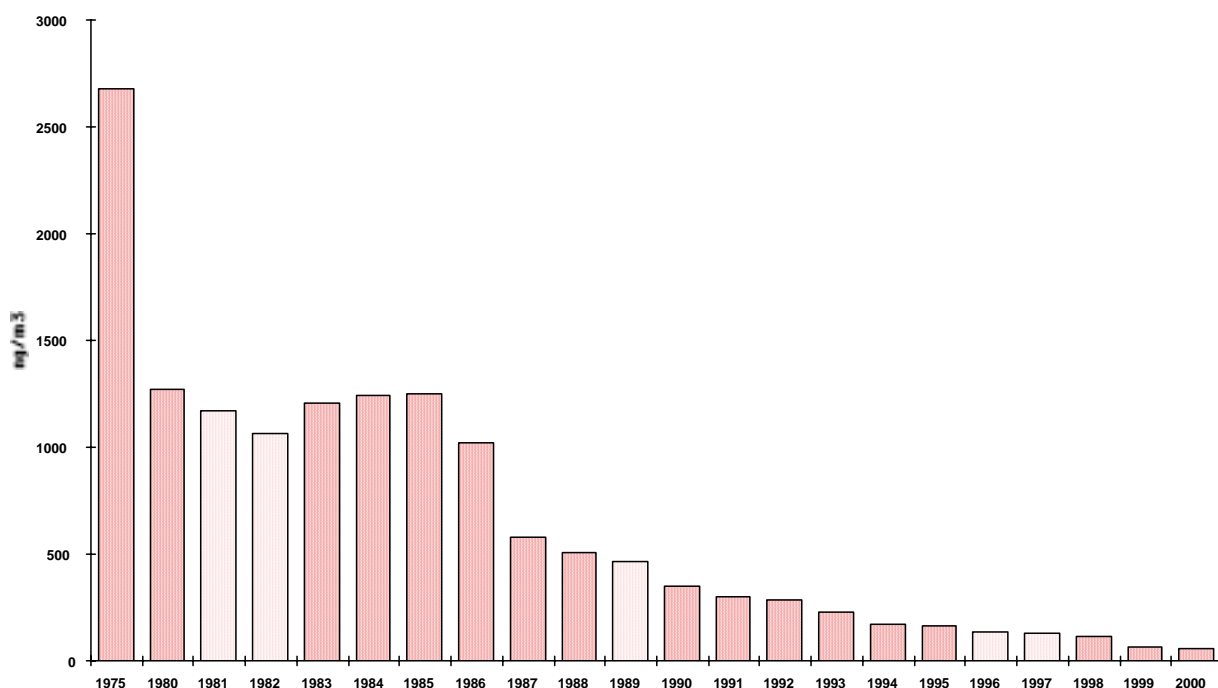
Sur bases de toutes ces analyses sanitaires, environnementales et économiques, des mesures pour réduire le plomb dans l'essence ne se sont pas fait attendre. Ainsi dans l'union Européenne et en Belgique, en particulier, trois trains de mesures ont été prises (HECQ W.,1998).

- Une réglementation européenne limite la teneur maximale de plomb dans l'essence à 0,4 g/l dès le 1^{er} janvier 1981.
- Deux réglementations, l'une européenne et l'autre belge, abaissent la teneur maximale de plomb dans l'essence à 0,15g/l dès le 1^{er} janvier 1987 et autorise la vente d'essence sans plomb dès le 1^{er} octobre 1989. Cette vente ne cessera de croître grâce à une fiscalité différentielle en faveur de l'essence sans plomb.
- Une troisième réglementation européenne interdit définitivement la vente d'essence "plombée" à partir du 1^{er} janvier 2000.

L'effet de ces mesures est visible sur la figure 1. La concentration annuelle de plomb dans l'air ambiant est tombée de 2.700 ng/m³ en 1975 à 1.600 ng/m³ en 1981 à la suite de la limitation de la teneur en plomb de l'essence à 0,4g/l.

* Comme l'indiquent les chiffres concernant les véhicules diesel, ceux-ci peuvent varier considérablement suivant les villes considérées et les méthodes de calcul utilisées.

Figure 1: Evolution de la concentration en plomb dans l'air à Bruxelles (IBGE, 2000).



Cette concentration va ensuite baisser à 580 ng/m³ en 1987, année de la mise en vente de l'essence à 0,15 g/l de plomb. Grâce à la mise en vente progressive d'essence sans plomb, fin 80, la concentration en plomb dans l'air ambiant va encore progressivement diminuer pour ne plus s'élever qu'à 100 ng/m³ de plomb en 1988. La suppression définitive du plomb dans l'essence mise en vente va enfin faire chuter la teneur en plomb de l'air à 50 ng/m³ en 2000, soit plus de 50 fois moins qu'en 1975. Par ailleurs, la mise en vente d'essence sans plomb à la fin des années quatre-vingt permettra l'usage du pot catalytique sur les nouveaux véhicules et de se plier aux nouvelles normes Euro. La mise en circulation progressive de véhicules munis de pot catalytique permet aujourd'hui d'améliorer la qualité de l'air dans les villes européennes comme c'est le cas pour le plomb au cours des vingt dernières années.

4. Conclusions

Les agglomérations urbaines d'aujourd'hui connaissent une triple croissance: celle de la population, celle des activités économiques et celle du trafic. La résultante environnementale de ces croissances est non seulement la pollution atmosphérique, mais aussi la congestion elle-même cause de pollution. Cette pollution affecte une population de plus en plus nombreuse, les bâtiments, les cultures périurbaines, etc. Les données disponibles sur les effets négatifs sur la santé et sur l'environnement, leurs coûts le démontrent.

Parmi les solutions pour enrayer le phénomène, des mesures touchant à: l'aménagement du territoire, ou le recours accru aux transports collectifs ainsi qu'à la mise en œuvre de mesures techniques sont possibles.

Si on se focalise sur les mesures techniques portant sur les carburants et les véhicules, trois éléments importants sont à retenir. Ils concernent l'usage du plomb dans l'essence.

- Le plomb est une substance toxique pour la santé, c'est une première raison pour réduire son usage dans les carburants.
- Le plomb nuit au bon fonctionnement des pots catalytiques, une technique aujourd'hui largement utilisée et qui permet de réduire très significativement les rejets de trois catégories de polluants qui posent de sérieux problèmes d'environnement: le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils; c'est une deuxième raison pour réduire son usage dans les carburants.
- La technologie de raffinage est aujourd'hui mûre pour produire des carburants de qualité sans composés de plomb; c'est une troisième raison.

5. Bibliographie

- BANQUE MONDIALE (1999): "Etude de la qualité de l'air en milieu urbain: Cas de Dakar et Ouagadougou". Rapports finaux - Programme de politiques de transports en Afrique subsaharienne - 52 p. + annexes
- EC, 1999: "ExternE Project - Methodology 1998 Update Report", Vol. 7 - 518 p.
- EC, 1995: "ExternE Project - Externalities of Energy" - Vol. 2, Methodology., 571 p.
- FAVREL V. et HECQ W. (2001): "External cost of air pollution generated by road traffic in the Brussels urban area". Accepté pour publication dans "International Journal of Vehicle Design"
- HECQ W., GILSON B. et FAVREL V. (1999): "Overview and Analysis of the links between "Models of Mobility" and "Models of Pollutant Emissions from Transport" in "Methods of Estimation of Atmospheric Emissions from Transport". European scientist network and scientific state-of-the-art – Action COST 319 final report. pp 68-73
- HECQ W.(1998): "Contribution of fossil fuels and air pollutants emissions in Belgium since 1980. The role of traffic". Catalysis and automotive pollution control IV, A. Frennet & N.Kruse Editors. Studies in Surface Science and Catalysis, Vol. 116 pp. 5-22. Elsevier Science Publishers B.V.
- HECQ W. dans LEDUC D. et al. (1997), "Relation entre pathologie respiratoire et pollution atmosphérique urbaine: Etude dans un service d'urgence". Réanimation-Urgences, Vol 6 pp. 85-90.
- IBGE (2000): "La qualité de l'air en Régions de Bruxelles-Capitale". Institut Bruxellois pour la gestion de l'Environnement - Mesure à l'Immission - Annexe H - 54 p.
- INFRAS/IWW (2000): External Costs of Transport - UIC - International Union of Railways - 305 p.
- LOVEL M. (1999): "Eliminating a Silent Threat" - World Bank Support for the Global Phaseout of Lead from Gasoline - World Bank - 20 p.
- SFSP (1996): "La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique" - "Bilan de 15 ans de recherche internationale" Société française de santé publique - 251 p.
- USEPA (1985). "Costs and Benefits of Reducing Lead in Gasoline: Final Regulatory Impact Analysis". U.S. Environmental Protection Agency. EPA-230-05-85-006. Office of Policy Analysis. Washington, D.C.
- WBI (2000): "Clean Air Initiative in Sub-Saharan Africa Cities" Work in progress - World Bank Institute - Sub Saharian Africa Transport Policy Program First Issue - 28 p.
- WHO (2000): "Guidelines for Air Quality" - 130 p.