



Programme de politiques de transport en Afrique subsaharienne
Banque mondiale et Commission économique pour l'Afrique



Document de travail SSATP N°. 41

27258

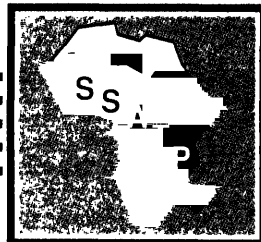
Etudes sur la qualité de l'air en milieu urbain: *cas de Dakar et Ouagadougou*

Rapports finaux

Septembre 1999

BANQUE MONDIALE
Région Afrique
Institut de la Banque mondiale

FILE COPY



.

.

Programme de politiques de transport en Afrique subsaharienne
Banque mondiale et Commission économique pour l'Afrique
Document de travail SSATP No. 41

*Etudes sur la qualité de l'air en milieu
urbain : cas de Dakar et de
Ouagadougou
Rapports finaux*

Septembre 1999

Banque mondiale
Région Afrique
Institut de la Banque mondiale



CONTENU

Préface

Etude sur la qualité de l' air en milieu urbain de Dakar. Rapport final

Etude sur la qualité de l' air en milieu urbain de Dakar. Annexes

Etude sur la qualité de l' air à Ouagadougou. Rapport final

Etude sur la qualité de l' air à Ouagadougou. Annexes



Préface

Dans le cadre de l'Initiative sur la Qualité de l'Air dans les Villes d'Afrique Sub-Saharienne, lancée mi 1998, la composante Mobilité Urbaine du Programme de Politiques de Transports en Afrique Sub-Saharienne (SSATP), et l'Institut de la Banque mondiale ont organisé conjointement deux séminaires nationaux sur la question de la pollution de l'air générée par les transports urbains : l'un à Dakar les 17 et 18 décembre 1998, l'autre à Ouagadougou les 9 et 10 juin 1999.

Ces deux séminaires ont débattu des conclusions d'études menées en amont sur l'analyse de l'impact des transports urbains dans chacune des deux villes. Ce sont les rapports finaux de chacune de ces études qui font l'objet du présent document. Une annexe contient les données détaillées de simulations sur l'évolution prévisible de la pollution selon différents scénarios.


Les deux villes présentent des caractéristiques différentes au niveau de la mobilité urbaine et des sources de pollution atmosphérique liée aux transports urbains : forte présence des transports en commun dans le cas de Dakar (des véhicules de moyenne capacité, *les Cars Rapides*), présence dominante des deux roues motorisés dans le cas de Ouagadougou.


Les sources de pollution étant différentes, leur impact sur la santé, sur le réchauffement global, sur la dégradation de l'environnement urbain le sont également. Les mesures à prendre pour lutter contre ces pollutions diffèrent.

Dans les deux cas cependant, le coût des externalités générées par les transports motorisés sur l'économie sont lourds et sont une réelle entrave à la mobilité, au développement de la ville et de son économie ainsi qu'aux conditions de vie de la population.

C'est dans ce cadre que ce document est présenté : au-delà de l'intérêt scientifique de l'analyse de deux villes aux contextes de transports différents, c'est bien le même constat de dégradation de la qualité de la vie en milieu urbain et des conséquences dramatiques sur la santé des populations et sur l'environnement qui se dégage de ces deux études.

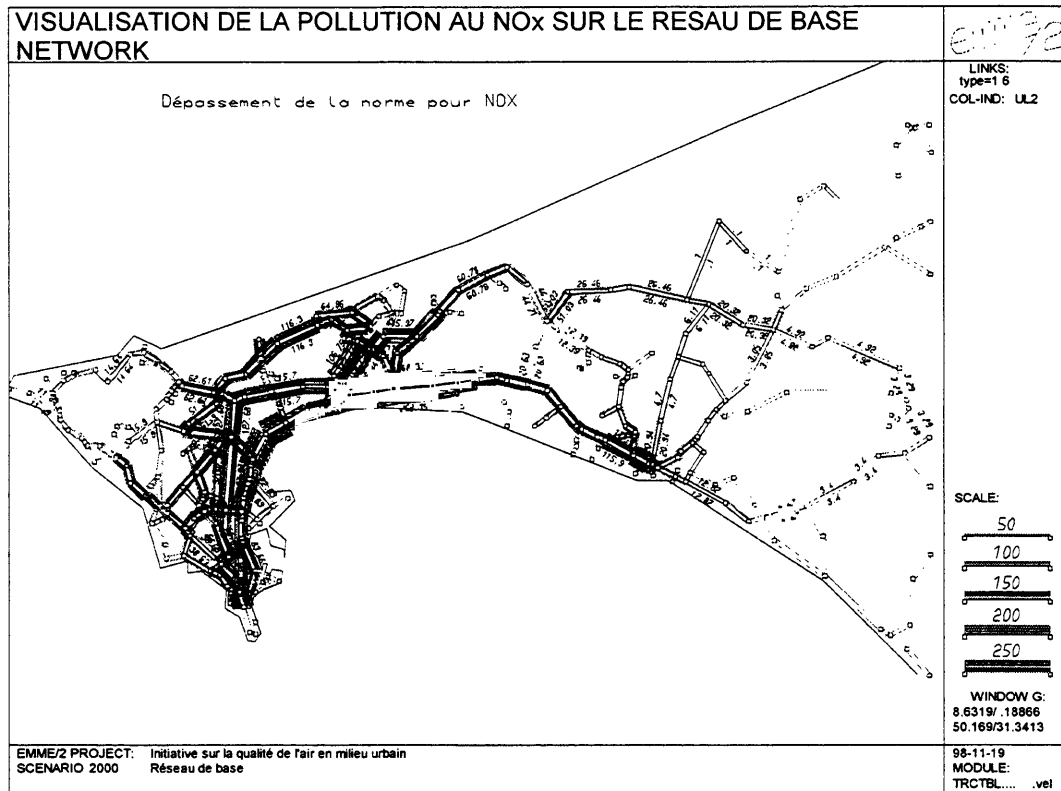
Nous souhaitons que l'Initiative sur la Qualité de l'Air dans les villes d'Afrique Sub-Saharienne ait un réel impact sur la lutte contre la pollution croissante de l'air en milieu urbain dans les métropoles africaines. L'opportunité de cette publication des deux études s'inscrit dans cette logique de prise de conscience, de dissémination et de renforcement des capacités.


Snorri Hallgrímsson
Coordinateur Programme SSATP
Région Afrique


Dennis Mahar
Chef de Division
Institut de la Banque mondiale

République du Sénégal

Conseil Exécutif des Transports Urbains de Dakar (CETUD)



Etude sur la qualité de l'air en milieu urbain de Dakar

Rapport final

Décembre 1998



Table des matières

1. INTRODUCTION	4
<hr/>	
2. LES SOURCES DE POLLUTION DE L'AIR À DAKAR	5
<hr/>	
2.1. LES SOURCES D'ÉNERGIE AU SÉNÉGAL	6
2.2. INFORMATIONS DISPONIBLES SUR LE NIVEAU DE POLLUTION	8
2.3. IDENTIFICATION DES PRINCIPALES SOURCES	8
2.4. ASPECTS SPÉCIFIQUES AU TRANSPORT	10
<hr/>	
3. L'IMPACT DE LA POLLUTION DE L'AIR SUR LA SANTÉ PUBLIQUE	12
<hr/>	
3.1. INVENTAIRE DES MALADIES DUES À LA POLLUTION DE L'AIR	12
3.2. NORMES SÉNÉGALAISES ET INTERNATIONALES (OMS)	15
3.3. IMPACT DE LA POLLUTION DE L'AIR SUR LA SANTÉ À DAKAR	16
<hr/>	
4. ANALYSE DU CONTEXTE INSTITUTIONNEL EXISTANT	19
<hr/>	
4.1. LES ORGANISMES CONCERNÉS	19
4.2. SITUATION EXISTANTE	20
4.3. RECOMMANDATIONS	21
<hr/>	
5. MESURES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE ADOPTÉES DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT	23
<hr/>	
5.1. ACTIONS CONCERNANT LES VÉHICULES	23
5.2. LE FONCTIONNEMENT OPÉRATIONNEL	25
5.3. PLANIFICATION URBAINE ET SON IMPACT SUR LES TRANSPORTS	28
<hr/>	
6. QUANTIFICATION DE L'IMPACT DE LA POLLUTION DE L'AIR	29
<hr/>	
6.1. MÉTHODOLOGIE DE LA QUANTIFICATION DE LA POLLUTION DUE AU TRANSPORT	29
6.2. MODÉLISATION DE LA SITUATION ACTUELLE	32
<hr/>	
7. PROJETS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE PRIS EN CONSIDÉRATION DANS LE SECOND PROJET TRANSPORT URBAIN (PROJET DE MOBILITÉ URBAINE)	52
<hr/>	

LISTE DES FIGURES

Figure 1. : Répartition des sources d'énergie primaire (consommation) au Sénégal - 1996.....	6
Figure 2. : Bilan énergétique sectoriel du Sénégal - 1996	7
Figure 3. : Bilan sectoriel de la consommation des produits pétroliers au Sénégal - 1996.....	8
Figure 5. : Km-véhicules parcourus par jour	33
Figure 6. : Km-véhicules parcourus	40
Figure 7 : Km-véhicules parcourus.....	44

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	: Modèle de représentation du trafic
Annexe 2	: Modélisation de l'émission et de concentration de polluants
Annexe 3	: Résultats détaillés des calculs de qualité de l'air
Annexe 4	: Principes de modélisation des trafics résultant des types de mesures analysées

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. : Part des émissions générées par le transport.....	5
Tableau 2. : Age du parc automobile immatriculé sénégalais en 1998.....	11
Tableau 3. : Répartition des immatriculations selon de type de carburant	11
Tableau 4. : Synthèse des impacts possibles et des mécanismes d'effet sur la santé .	13
Tableau 5. : Normes de l'Organisation Mondiale de la Santé dans le cadre de la pollution de l'air.....	15
Tableau 6. : Km-véhicules parcourus par heure, par jour et par mode	32
Tableau 7. : Emissions pour Dakar (situation de référence).....	33
Tableau 8. : Modification du parc de véhicules par rapport au scénario de référence	36
Tableau 9. : Emissions pour Dakar	37
Tableau 10. : Variation de l'impact par rapport au scénario de référence	37
Tableau 11. : Km-véhicules parcourus par heure, par jour et par mode	40
Tableau 12. : Emissions pour Dakar	41
Tableau 13. : Variation de l'impact par rapport au scénario de référence	41
Tableau 14. : Km-véhicules parcourus	44
Tableau 15. : Emissions pour Dakar	45
Tableau 16. : Variation de l'impact par rapport au scénario de référence	45



1. INTRODUCTION

Le SSATP - Transports urbains et l'EDI ont conclu avec Tractebel Development Engineering un contrat de prestation de services pour la réalisation d'une étude portant sur l'impact du secteur du transport urbain sur la qualité de l'air à Dakar.

Le rapport de cette étude doit également servir de document préparatoire au séminaire traitant du même sujet qui sera organisé à Dakar le 17 et 18 décembre 1998.

Le présent rapport aborde successivement les points suivants :

1. Les sources de pollution de l'air à Dakar.
2. L'impact de la pollution de l'air sur la santé publique
3. L'analyse du contexte institutionnel
4. L'identification des mesures susceptibles d'être adoptées dans le domaine du transport
5. La quantification de l'impact de mesures sur la pollution de l'air
6. Les projets susceptibles d'être pris en considération dans le second projet urbain

2. LES SOURCES DE POLLUTION DE L'AIR A DAKAR

Presque toutes les formes d'utilisation et de production d'énergie peuvent causer des changements environnementaux directement ou indirectement nuisibles à la santé de l'homme. L'utilisation de combustibles fossiles est la principale cause de la pollution atmosphérique. La combustion complète des combustibles fossiles dégage du gaz carbonique et de l'eau en même temps que certains oxydes d'azote résultant de la fixation de l'azote atmosphérique à haute température. Une combustion incomplète se traduit par des dégagements de fumée noire constituée de fines particules de carbone ou d'hydrocarbures complexes, ou par une production de monoxyde de carbone et de toute une série de composés organique partiellement oxydés. D'autre part, tous les combustibles fossiles contiennent des constituants secondaires, tels que les composés sulfurés, et des impuretés qui représentent au plus 1 à 2 % de leur poids mais contribuent à la pollution dans une mesure sensible.

D'après la Direction de l'Environnement, il apparaît qu'à Dakar, 44% des gaz nocifs sont émis par les industries, 32% par le transport et 24% par les ménages et autres secteurs (bâtiments). Ces chiffres étant plus que probablement basés sur la consommation d'énergie par secteur, ils ne s'appliquent qu'à l'émission de CO₂.

Pour information, le tableau ci-après reprend, pour certains polluants, des valeurs indicatives pour la part des émissions générées par le transport en milieu urbain sur base des valeurs disponibles pour d'autre villes.

Tableau 1. : Part des émissions générées par le transport

Polluant	Part des émissions générées par le transport
CO ₂	30 %
NO _x	77 %
HC	75 %
SO ₂	25 %
CO	80 %

Ce tableau montre que la part des émissions générée par le transport est fortement liée au type de polluant. L'émission de CO₂ étant comparable à la valeur pour Dakar, les valeurs du tableau pour les autres polluants devraient être également applicables à Dakar.

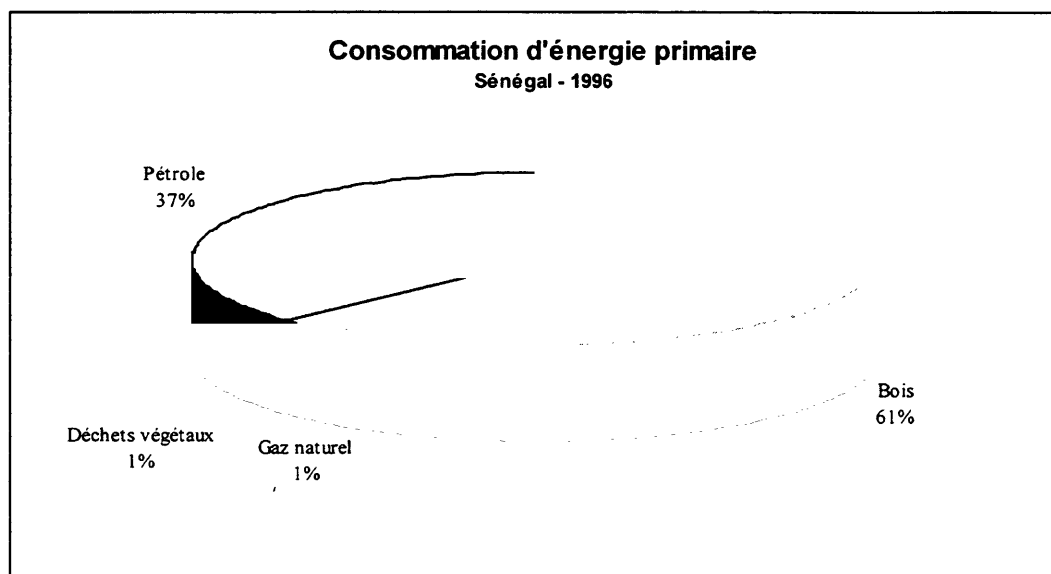
Il faut noter que cette Direction a défini un programme avec notamment des mesures de la concentration des principaux gaz émis, la mise en place d'une banque de données et un système d'alerte en cas de pollution importante suite à des phénomènes météorologiques comme l'inversion de température. Le réseau de mesures devrait comprendre 5 stations fixes localisées à plusieurs endroits encore à déterminer.

Malgré le fait que le transport ne génère que 32 % de l'émission des gaz nocifs et contrairement aux rejets industriels, il faut remarquer que le transport a surtout un impact très local sur la qualité de l'air. C'est la raison pour laquelle, la pollution atmosphérique le long des artères principales à Dakar est principalement causé par le transport.

2.1. LES SOURCES D'ENERGIE AU SENEGAL

Pour ce qui concerne la consommation d'énergie primaire, le bilan énergétique du Sénégal montre que le bois (bois de feu et charbon de bois) représente environ 61 % et le pétrole environ 37 % de la consommation d'énergie du pays (figure 1). Une partie négligeable de la consommation d'énergie primaire est représentée par les déchets végétaux et par le gaz naturel.

Figure 1. : Répartition des sources d'énergie primaire (consommation) au Sénégal - 1996

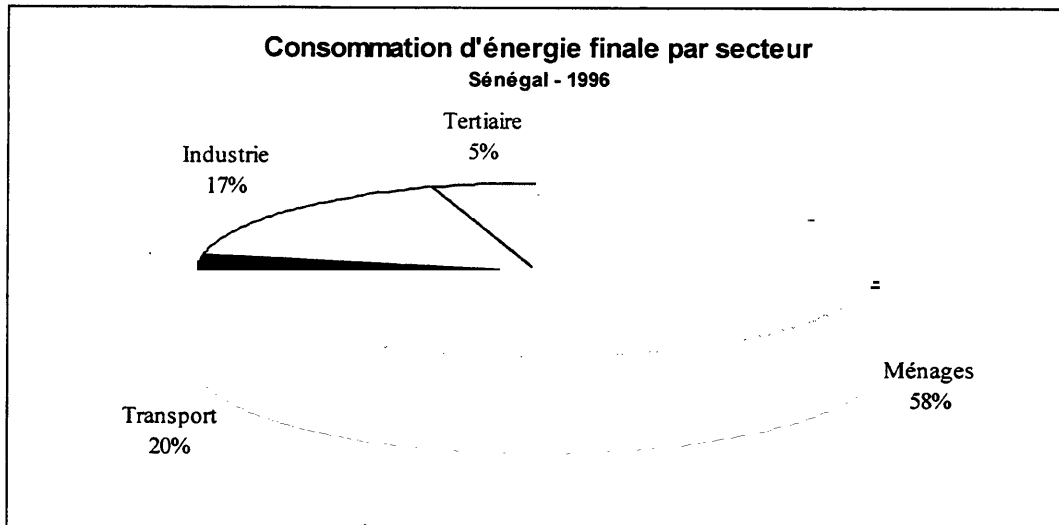


Source : Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie

Le bilan de la consommation d'énergie finale (figure 2) montre que le plus gros consommateur d'énergie est le secteur résidentiel. Au niveau national, le bois-énergie représente environ 90 % des besoins énergétiques des ménages, mais les différences sont très marquées entre le milieu urbain, dans lequel pénètre le gaz butane et l'électricité, et le milieu rural où le bois est encore presque la seule source d'énergie

disponible. A ce sujet, grâce à une politique volontariste du gouvernement afin de freiner l'usage du bois et du charbon de bois, la consommation de gaz butane n'a cessé d'augmenter depuis 1976 avec une croissance d'environ 16% par an pour atteindre environ 76 457 tonnes en 1997.

Figure 2. : Bilan énergétique sectoriel du Sénégal - 1996



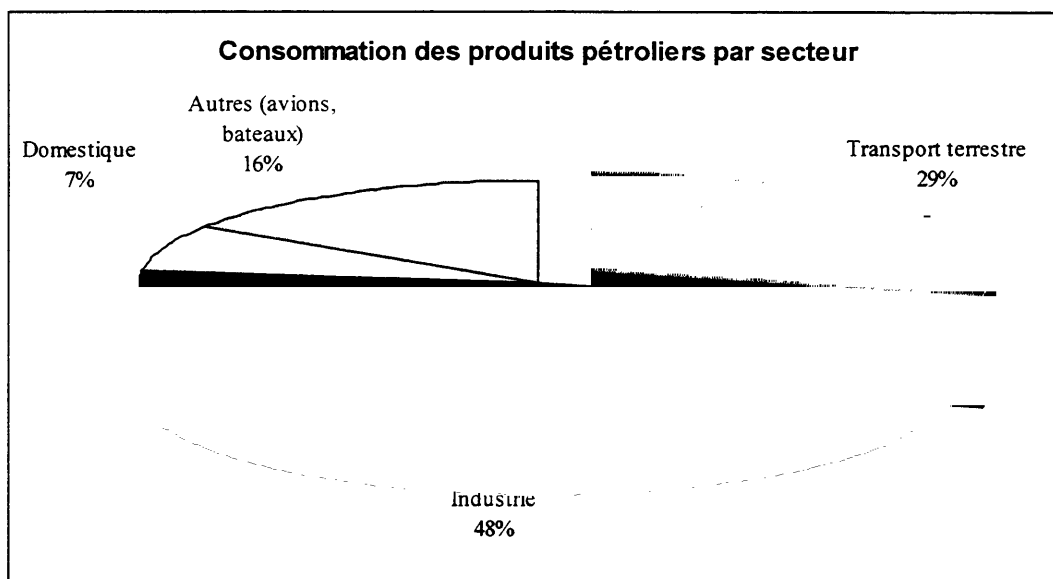
Source : Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie

Les statistiques concernant la consommation d'énergie ne sont pas disponibles pour la ville de Dakar mais, sur base des informations obtenues auprès du Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie, Dakar représente environ 75 % de la consommation totale d'énergie au Sénégal.

Le transport terrestre représente environ 20 % de la consommation d'énergie totale du Sénégal et environ 29 % de la consommation des produits pétroliers (figure 3). Etant donné la part importante du parc automobile centrée sur Dakar par rapport au reste du pays (2/3 du total), on peut concevoir qu'à Dakar même la responsabilité du transport dans l'émission de CO₂ dépasse cette valeur. Par conséquent, le chiffre de 32% avancé par la Direction de l'Environnement se justifie pleinement.

Pour ce qui concerne la consommation industrielle, les consommateurs les plus importants sont le secteur électrique (SENELEC), la cimenterie (SOCOCIM) et le secteur des phosphates.

Figure 3. : Bilan sectoriel de la consommation des produits pétroliers au Sénégal - 1996



Source : Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie

2.2. INFORMATIONS DISPONIBLES SUR LE NIVEAU DE POLLUTION

Dans la situation actuelle, il y a très peu d'informations disponibles par rapport au niveau de pollution de l'air à Dakar. Une des seules études disponibles à ce sujet concerne la pollution de l'atmosphère par le plomb due à la circulation (étude réalisée par le laboratoire de Chili Analytique et Toxicologie – Faculté de Médecine et Pharmacie – Université Cheikh Anta DIOP). Cette étude a consisté à récolter dans différents sites de la région de Dakar et à analyser les écorces de trois espèces végétales afin d'analyser la quantité de plomb accumulée. Cette étude a démontré que la pollution de l'air à Dakar par le plomb est réelle. L'étude ne donne par contre pas de concentrations de plomb dans l'atmosphère.

En ce qui concerne la pollution de l'air par d'autres substances, aucune information ne semble être disponible aujourd'hui.

2.3. IDENTIFICATION DES PRINCIPALES SOURCES

A l'instar de beaucoup d'autres métropoles en croissance, les problèmes environnementaux à Dakar sont de plus en plus perceptibles.

Les causes de cette dégradation sont multiples (croissance démographique, industrialisation, vieillissement des infrastructures et des équipements, ...).

En ce qui concerne plus particulièrement *le rôle du secteur des transports* dans cette problématique, les observations de terrain et les informations récoltées montrent en

première analyse que ce secteur est une source non négligeable en ce qui concerne la *pollution de l'air* à Dakar.

La pollution atmosphérique est un phénomène complexe aux origines et circonstances très variées. Elle prend de l'ampleur aussi bien dans les pays développés que dans les pays en voie de développement.

En milieu urbain, elle est engendrée principalement par la *circulation de véhicules* à moteur en raison du rejet des gaz de combustion. Dans plusieurs grandes villes du monde, le niveau de pollution est tel qu'il est nécessaire de mettre en œuvre une politique de réduction de ces émissions (normes sévères, limitation du trafic, etc.).

A Dakar, bien que cette pollution ne soit pas mesurée actuellement, il apparaît qu'elle est en augmentation constante depuis plusieurs années.

Cette augmentation s'explique principalement pour deux raisons :

- le *nombre de véhicules en circulation* est en croissance constante. Cette augmentation entraîne une consommation accrue de produits pétroliers et donc des émissions; par ailleurs, la croissance du nombre de véhicules entraîne des problèmes de *congestion* et réduit la *vitesse de circulation*, ce qui accroît également les émissions de polluants;
- la *modification du parc automobile* et principalement l'augmentation du pourcentage de véhicules roulant au diesel et le vieillissement du parc entraînent, d'une part une augmentation des émissions exprimées en g/km (avec le vieillissement, la consommation spécifique augmente) et d'autre part, une toxicité plus importante de ces émissions. Il faut signaler cependant que les véhicules diesel *récents* répondent à des normes de pollution nettement plus sévères lors même de leur construction.

Enfin signalons pour être complet, que le secteur du transport contribue également à la pollution atmosphérique ponctuelle par :

- le rejet des vapeurs d'essence (composés organiques volatiles) dégagés dans les stations services;
- les rejets d'aérosol lors de la mise en peinture des véhicules;
- les rejets dus à la combustion non contrôlée des huiles usées ou de pneus.

Bien que moins importantes, ces sources de pollution doivent être citées car elles ne sont pas toujours négligeables.

2.4. ASPECTS SPECIFIQUES AU TRANSPORT

Etant donné qu'aucune information concrète n'est disponible sur l'émission du secteur du transport terrestre et sur le niveau de pollution de l'air à Dakar, ces informations ont été calculées. La méthodologie appliquée est décrite plus en détail dans le chapitre 6. L'application de cette méthodologie nécessite des informations sur le parc des véhicules.

En ce qui concerne le nombre de véhicules et le parc de véhicule à Dakar nous faisons référence à l'étude sur l'analyse des coûts de dysfonctionnement des transports en commun dans l'agglomération de Dakar (octobre 1998) réalisée pour le compte du CETUD.

De l'étude, nous retenons quelques chiffres concernant l'âge du parc et concernant la répartition selon le type de carburant. Il s'agit principalement des données utilisées pour calculer le taux d'émission comme décrit plus loin. Ces chiffres sont repris dans les tableaux ci-après.

Par souci de précision, il n'est pas inutile de préciser que les chiffres repris ici concernent l'immatriculation des véhicules sur l'ensemble du Sénégal et comprennent donc des véhicules qui ont été retirés de la circulation. Grâce à des informations d'autres sources (vignettes, contrôle technique) il est vraisemblable que le parc de véhicules en fonctionnement à Dakar s'élève à environ 70 000. La composition de ce parc a cependant été considérée comme identique à celle de l'ensemble du pays.

Tableau 2. : Age du parc automobile immatriculé sénégalais en 1998

Type de véhicule	Tranche d'age					Total
	De 0 à 5 ans	De 6 à 10 ans	De 11 à 15 ans	De 16 à 20 ans	Plus de 20 ans	
<i>Transp. Personnes</i>						
Véhicules particuliers	8 408	16 028	27 511	22 127	10 353	84 427
Autocars	575	1 418	2 993	3 600	1 393	9 979
<i>Transp. Marchandises</i>						
Camionnettes	3 707	3 521	3 510	2 968	1 851	15 557
Camions	386	978	1 394	2 116	3 240	8 114
Tracteurs routiers	121	201	297	788	956	2 363
Semi-remorques	71	136	238	714	1 616	2 775
Total	13 268	22 282	35 943	32 313	19 409	123 215
<i>Transp. Personnes</i>						
Véhicules particuliers	10%	19%	33%	26%	12%	100%
Autocars	6%	14%	30%	36%	14%	100%
<i>Transp. Marchandises</i>						
Camionnettes	24%	23%	23%	19%	12%	100%
Camions	5%	12%	17%	26%	40%	100%
Tracteurs routiers	5%	9%	13%	33%	40%	100%
Semi-remorques	3%	5%	9%	26%	58%	100%

Tableau 3. : Répartition des immatriculations selon de type de carburant

Type de véhicule	Nombre (x 1 000)			Pourcentage		
	Essence	Gasoiil	Total	Essence	Gasoiil	Total
<i>Transp. Personnes</i>						
Véhicules particuliers	57	28	84	67%	33%	100%
Autocars	1	9	10	10%	90%	100%
	58	37	94	61%	39%	100%
<i>Transp. Marchandises</i>						
Camionnettes	6	10	16	38%	63%	100%
Camions	0	8	8	4%	96%	100%
Tracteurs routiers	0	2	2	0%	100%	100%
Semi-remorques	-	-	-			
Total	64	57	120	53%	47%	100%

3. L'IMPACT DE LA POLLUTION DE L'AIR SUR LA SANTE PUBLIQUE

3.1. INVENTAIRE DES MALADIES DUES A LA POLLUTION DE L'AIR

La pollution provoquée par les gaz d'échappement et par leur transformation dans l'atmosphère entraîne un large éventail de problèmes de santé qui va des maladies cardio-respiratoires dont la bronchite chronique, l'emphysème et l'asthme aux intoxications par les métaux dont le plomb (saturnisme). A noter que les enfants sont plus touchés par des infections respiratoires aiguës. Dans les mégalo-poles des pays tropicaux, la prévalance de l'asthme tourne en moyenne autour des 5% et beaucoup d'enfants souffrent d'empoisonnement par le *plomb*.

Alors que de nombreux pays réduisent leurs émissions de plomb, la part de l'Afrique est passée de 5% du total en 1980 à 20% en 1995. Les carburants africains sont les plus chargés en plomb du monde. Avec des taux atteignant jusqu'à 1 gr/litre, leur charge en plomb est plus de trois fois supérieure à celle des carburants européens; or, une concentration de 100 µgr/litre de sang suffit à causer des dégâts neurologiques se traduisant par une diminution des facultés mentales, des pertes de mémoire, des pertes d'audition, des problèmes de coordination et des difficultés d'apprentissage.

Une étude menée en 1995 par une équipe de l'Université Cheikh Anta Diop sur la pollution atmosphérique par le plomb émis par les véhicules dans la région de Dakar a démontré que le problème dans la capitale sénégalaise est bien réel; en effet, les concentrations de plomb retrouvées dans les écorces d'arbres sont nettement plus élevées dans les zones où existe un trafic important et sont assez proches de celles obtenues dans une étude faite à Lagos (Nigeria).

Le tableau ci-après donne en résumé, pour différents polluants, les impacts possibles et les mécanismes d'effet sur la santé.

Tableau 4. : Synthèse des impacts possibles et des mécanismes d'effet sur la santé

<i>Polluant</i>	<i>Impact sur la santé humaine</i>	<i>Mécanisme</i>
CO	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'infarctus du myocarde chez les personnes atteintes d'angine de poitrine • céphalées et vertige 	Substitution du CO à l'O ₂ sur l'hémoglobine → Diminution de l'oxygénation des cellules → hypoxie cellulaire
CO ₂	Pas d'effet direct seulement suite à sa transformation en CO	Transformation partielle CO ₂ + C ↔ 2 CO
NO ₂ et NO _n	<ul style="list-style-type: none"> • augmente le risque de crise chez les asthmatiques • augmentation de fréquence des infections bronchiques et pulmonaires 	Irritation des muqueuses pneumo-bronchiques
O ₃	<ul style="list-style-type: none"> • irritation nasales et pharyngée (intoxication aiguë) • irritation trachéo-pulmonaire (intoxication aiguë) • céphalées et asthénie • irritation oculaire • diminution de la capacité pulmonaire (intoxication chronique) 	Modifications cellulaires et tissulaires au niveau des poumons
SO ₂ et particules en suspension	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la mortalité et de la morbidité chez les asthmatiques et les bronchitiques chroniques 	Irritations des muqueuses de la gorge, de la trachée et des poumons → oedème laryngo-trachéaux et pulmonaires
H ₂ SO ₄ et aérosols acides	serait un facteur aggravant dans la mauvaise évolution des maladies pulmonaires chroniques	Irritation des muqueuses pulmonaires
Pb	<ul style="list-style-type: none"> • Anémie • Hypertension artérielle • Encéphalopathies surtout chez les enfants (difficultés d'apprentissage, troubles du comportement, déficit de l'intelligence et de coordination motrice fine) • retard de développement foetal (prématurité, poids réduit à la naissance et retard de développement mental) • colique toxique • Syndrome de Fanconi et atteintes rénales 	Action sur diverses enzymes au niveau cellulaire → action sur la synthèse sanguine, sur le système nerveux central et sur d'autres systèmes tel que le système cardio-vasculaire.

<i>Polluant</i>	<i>Impact sur la santé humaine</i>	<i>Mécanisme</i>
Benzènes	<ul style="list-style-type: none"> • intoxication aiguë : hémorragies pulmonaires • hautes doses permanentes : pancytopénie par atteinte de la moelle osseuse • leucémie aiguë 	Effets toxiques seulement pour des expositions à des doses importantes.
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	<ul style="list-style-type: none"> • Cancer du poumon • Cancer de la vessie 	Emission par les moteurs de diesel de cancérigènes connus : benzo[a]pyrène.
Aldéhydes	<ul style="list-style-type: none"> • irritation des yeux et du nez • irritations de membranes muqueuses avec altération de la respiration, • toux, nausées • allergie et dermatite allergiques • contact professionnel : leucémies, cancer du nez et de l'oropharynx, cancer du cerveau 	<ul style="list-style-type: none"> • irritation tissulaire • cancérigène probable au niveau professionnel conducteur de poids lourd notamment

3.2. NORMES SÉNÉGALAISES ET INTERNATIONALES (OMS)

Actuellement, le Sénégal ne dispose pas de normes concernant la qualité de l'air. C'est la raison pour laquelle, dans le cadre de la présente étude, les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé ont été utilisées.

**Tableau 5. : Normes de l'Organisation Mondiale de la Santé
dans le cadre de la pollution de l'air**

	CO	HC	NO _x	SO ₂	PM ₁₀ [*]
Exposition courte durée	<i>30 mg/m³ pour une exposition d'une heure</i>	-	<i>0.2 mg/m³ pour une exposition d'une heure</i>	<i>0.35 mg/m³ pour une exposition d'une heure</i>	-
Exposition longue durée	<i>10 mg/m³ pour une exposition moyenne de 8h/jour</i>	-	<i>0.04 - 0.05 mg/m³ en moyenne annuelle</i>	<i>0.05 mg/m³ en moyenne annuelle</i>	<i>0,07 mg/m³ pour une exposition moyenne de 24 h</i>

* : il s'agit des particules en suspension d'un diamètre inférieur à 10 µm qui sont les plus nocives pour la santé. Les particules émises par les véhicules sont principalement des particules de ce type.

3.3. IMPACT DE LA POLLUTION DE L'AIR SUR LA SANTÉ À DAKAR

La recherche de données a porté sur les statistiques sanitaires du Ministère de la Santé pour la région de Dakar. Les effets les plus manifestes de la pollution de l'air portant surtout sur les maladies respiratoires, il est reporté ci-après les données disponibles concernant le nombre de cas de maladies respiratoires enregistrés (la tuberculose étant exclue) et l'importance en pourcents de ces maladies par rapport au total de cas notifiés :

Année	Nombre de cas	% du total
1994	25 150	7.2%
1995	38 755	4.3%
1996	25 272	4.6%
Moyenne :	30 000	5.4%

Sur une moyenne de trois années, il y aurait 30 000 cas de maladies respiratoires par an pour une population de près de 2 millions d'habitants.

En 1994, sur 346 142 cas notifiés au niveau des différentes structures sanitaires de la région de Dakar, on trouve 25 150 cas de maladies respiratoires (tuberculeux exclus) soit 7,2% du total de cas notifiés. Parmi ces maladies respiratoires, on constate:

- 1 235 cas de pneumonies 5%
- 3 540 cas d'asthmes 14%
- 9 187 cas de bronchites 36,5%
- 11 188 cas d'autres infections respiratoires 44,5%

En 1995, les maladies respiratoires sont la cinquième cause de morbidité pour la région Dakar soit 38 755 cas notifiés (4,3%).

En 1996, 25 272 cas soit 4,6% de maladies respiratoires sont enregistrés sur un total de 546 355 cas.

Pour 1995 et 1996, les statistiques disponibles ne sont pas détaillées. Pour 1997, les statistiques ne sont pas disponibles.

En pratique, d'après les services de pneumologie consultés (CHU de Fann et Hôpital Principal), les maladies respiratoires et en particulier l'asthme sont en constante augmentation. Par exemple, 20 cas d'asthme sévère sont en moyenne hospitalisés chaque mois dans le service de médecine interne adulte de l'Hôpital Principal, soit 8% des hospitalisés tandis que les médecins du service de pédiatrie voient en moyenne une vingtaine d'asthmatiques (enfants entre 3 et 15 ans) par semaine à leur consultation.

Pour chiffrer l'impact de la pollution sur la santé, on utilise généralement des relations doses - effets reliant les taux de morbidité (nombre de cas de maladies supplémentaires) et de mortalité à une concentration moyenne annuelle d'un polluant dans l'air. Ces relations prennent en compte le nombre de personnes exposées à la pollution.

On ne dispose pas de données suffisantes pour pouvoir appliquer cette démarche au cas particulier de Dakar et isoler l'impact du secteur des transports sur la santé.

En effet :

- Le niveau moyen de pollution de Dakar n'est pas connu. Il devrait être déterminé sur base de mesures régulières collectées par un réseau de surveillance de la qualité de l'air. On ne peut extrapoler à l'ensemble de la ville, les valeurs calculées pour des situations particulières.
- Outre les transports, le niveau général de pollution est influencé par les sources industrielles, notamment la SENELEC et la cimenterie de Rufisque et également par les vents de poussières qui sont un phénomène saisonnier. Ces différentes sources doivent être prises en compte dans l'analyse de l'effet de la pollution sur des maladies telles que les crises d'asthme.
- Les relations doses - effets sont en principe déduites d'analyses statistiques en comparant les taux de mortalité et de morbidité dans des zones urbaines ayant des qualités de l'air différentes (analyse de régression). Des relations doses - effets déterminées pour des villes européennes ou américaines ne sont pas directement transposables au cas africain. L'idéal serait de disposer de telles courbes doses - effets pour des villes africaines.

La relation directe entre les concentrations de polluants dans l'air et l'impact sur la santé n'a donc pas pu être établie.

De plus, la pollution de l'air affecte non seulement la santé humaine, mais a également un impact sur les matériaux, la végétation, les bâtiments et monuments, les écosystèmes, le tourisme, ... Ici également, l'absence de données et de méthodologie adaptée rendent l'analyse du coût de ces impacts impossible.

Pour information, un coût de l'impact de la pollution de l'air sur la santé humaine a été évalué dans le cadre d'une étude exhaustive sur la qualité de l'air à Jakarta (Indonésie), .

L'approche suivie dans cette étude, consistait à évaluer, sur base de relations doses - effets, par rapport à l'augmentation de la concentration des PM_{10} et du plomb dans l'atmosphère :

- l'augmentation du taux de mortalité due à la pollution de l'air ;
- l'augmentation du taux de morbidité due à la pollution de l'air (bronchites, asthme, maladies cardiaques, ...).

Cette approche a permis d'estimer le nombre de décès, le nombre de jours de travail perdus par personne et le nombre de maladies ainsi que le coût y associé, consécutifs à la pollution de l'air.

Suivant cette étude, le coût de la pollution de l'air sur la santé s'élève à environ 30.000 FCFA par habitant et par an ce qui correspondrait, pour Dakar, à un coût total de l'impact de la pollution de l'air sur la santé humaine d'environ 65 milliards de FCFA par an.

Il faut cependant remarquer que l'étude en question est typique de Jakarta et ne tient compte que des conséquences sur la santé de la pollution de l'air due au PM_{10} et au plomb. Etant donné qu'à Dakar, des dépassements de la norme pour les NO_x et pour le SO_2 semblent réels (voir chapitre 6), le coût de la pollution de l'air à Dakar pourrait même être supérieur à celui cité ci-dessus. Par ailleurs, cette étude prend en compte la pollution de l'air générée globalement par toutes les sources et ne permet donc pas de distinguer le coût de la pollution de l'air due spécifiquement au transport.

Les résultats doivent par conséquent être utilisés avec prudence mais donnent une indication de ce que la pollution de l'air pourrait coûter à Dakar.

4. ANALYSE DU CONTEXTE INSTITUTIONNEL EXISTANT

4.1. LES ORGANISMES CONCERNES

Le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, créé en 1993, est chargé de la conception et de la mise en œuvre de la politique du gouvernement dans le domaine de l'environnement.

Toutefois, même si c'est le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature qui définit et qui met en place la politique, les autres Ministères et/ou Organismes doivent être impliqués au niveau de l'identification des grands axes à suivre et doivent plus particulièrement collaborer à la définition des actions nécessaires dans leur domaine respectif afin d'atteindre les objectifs fixés.

Dans le présent contexte de la pollution de l'air et des transports terrestres, plusieurs Ministères et/ou Organismes sont concernés, dont les principaux sont :

- Ministère de l'Energie, des Mines et de l'Industrie ;
- Ministère de l'Équipement et des Transports terrestres ;
- Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat ;
- Ministère de la Santé ;
- Ministère de l'Éducation Nationale ;
- Ministère de l'Économie, des Finances et du Plan ;
- Ministère du Commerce et de l'Artisanat ;
- l'Institut de Normalisation ;
- le CETUD ;
- les autorités locales ;
- la douane ;
- la police.

Il reste toutefois important de signaler que toutes les mesures prises dans le contexte de la politique de prévention et du développement durable devraient être coordonnées par le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature afin d'assurer une harmonisation de toutes ces mesures et actions. C'est la raison pour laquelle que ce dernier est analysé plus en détail ci-après. Ceci afin de vérifier si les structures nécessaires ont été mises en place et si ces structures correspondent à cette vocation.

4.2. SITUATION EXISTANTE

Le Ministère chargé de l'environnement comprend trois directions techniques : environnement, eaux et forêts et parcs nationaux.

L'organigramme ci-après présente les principales fonctions de ces directions.

La direction qui est concernée par les problèmes de pollution de l'air à Dakar est donc la Direction de l'Environnement. Celle-ci compte un effectif de 15 personnes.

Le Centre de Suivi Ecologique (CSE) est un organisme autonome sous tutelle du Ministère. Il occupe environ 50 personnes. Il exerce le Secrétariat du Conseil Supérieur des Ressources Naturelles et de l'Environnement. Ses deux fonctions principales sont :

- la veille environnementale : l'état de dégradation des végétaux, la surveillance des feux de brousse, le suivi de la végétation;
- la conception des outils de suivi de l'environnement urbain et la définition des mesures à prendre.

Jusqu'à ce jour des actions ont été entreprises surtout au niveau du suivi de l'évolution de la végétation par des contrôles de terrain et l'examen en parallèle d'images Spot (projets sur financement PNUD portant sur une centaine de sites dont on suit l'évolution).

Au niveau urbain, on en est pour l'instant au niveau d'une prise de conscience des problèmes et à la définition de la problématique.

La Direction de l'Environnement avait défini un programme de mesures de la concentration des principaux gaz émis et l'implantation de stations de mesures. Faute de financement ce programme n'a pas pu se réaliser.

4.3. RECOMMANDATIONS

Une organisation étant en place, les recommandations données ci-après portent donc surtout sur la structuration des fonctions avec un accent particulier sur les aspects de pollution due au transport.

Les fonctions des Services en charge des problèmes environnementaux devraient porter sur les 3 aspects suivants :

- Définition de la politique générale. Les tâches devraient être les suivantes :
 - ⇒ définition des études à mener (en collaboration avec les ministères techniques concernés);
 - ⇒ identification des sources de pollution et diagnostic du niveau de pollution;
 - ⇒ définition et proposition de mesures et de normes (en collaboration avec l'Institut de Normalisation);
- Mise en oeuvre des actions
- Contrôle et suivi des mesures prises.

Ces différentes tâches doivent être assurées tant au niveau des transports qu'au niveau industriel.

A noter que les principaux pollueurs industriels dakarois sont : les centrales électriques de Bel-Air et du Cap des Biches, Sotiba, Icotaf, la SAR, la Cimenterie, la savonnerie de Colobane, Sonacos.

En ce qui concerne la pollution de l'air due au transport, il est recommandé que le Ministère de l'Environnement travaille en étroite collaboration avec les responsables du secteur transport.

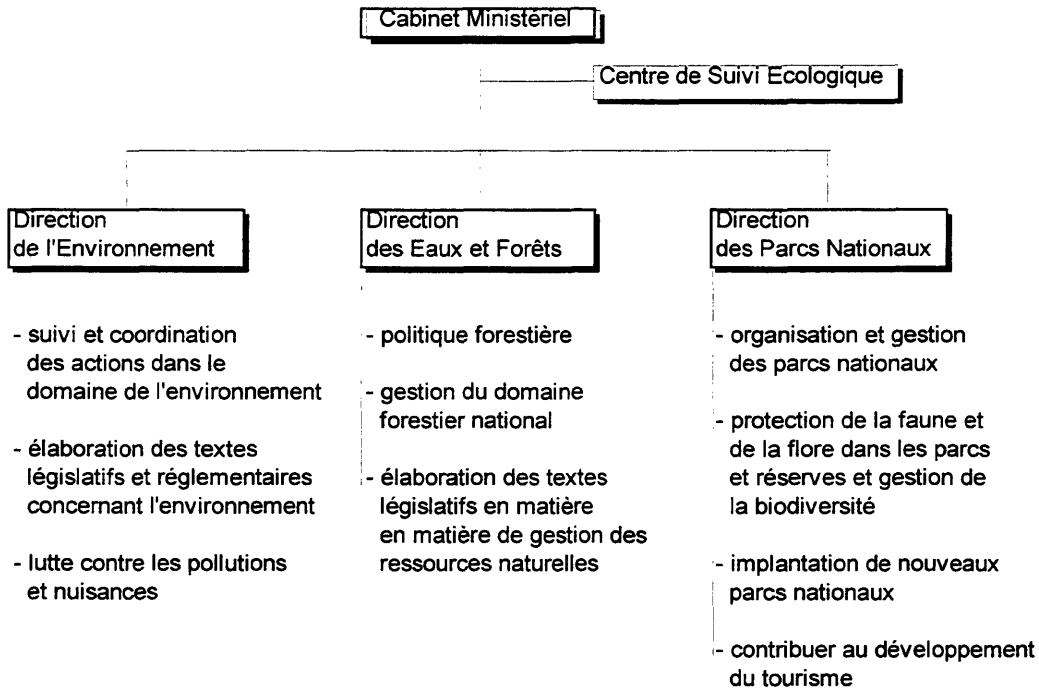
Ainsi par exemple, en ce qui concerne le contrôle technique des véhicules, un agent du Ministère de l'Environnement pourrait être en charge du respect des normes, de la bonne application des contrôles de CO₂ et de l'élaboration de statistiques.

Comme conclu dans cette étude, la pollution est surtout concentrée sur les axes de circulation. Ce diagnostic a été fait sur base des caractéristiques du trafic dakarois intégrées dans un modèle informatisé et d'informations relatives aux rejets de polluants que le parc de véhicules de Dakar est supposé émettre. L'implantation de stations de mesures sous forme de capteurs fixes seraient bien entendu utiles afin de valider les informations obtenues par le modèle. De tels moyens permettraient également de déclencher des alertes en cas de dépassement des normes de pollution.

Cependant, sachant que la pollution est bien présente et assez localisée, la priorité doit être donnée à la mise en place de mesures pratiques en vue de diminuer les sources de pollution provenant des véhicules.

Organigramme du Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature

(hormis les services administratifs et d'appui)



5. MESURES SUSCEPTIBLES D'ETRE ADOPTÉES DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT

L'objectif de ce chapitre est l'énumération des diverses mesures susceptibles de diminuer la pollution de l'air due au transport urbain à Dakar.

Ces mesures peuvent être définies dans des domaines divers, tels qu'institutionnel, technique ou organisationnel, et nécessiter des investissements d'ampleurs variables tant dans leur coût ou leur difficulté de mise en place que dans leur étalement dans le temps.

Afin de pouvoir comparer les effets des mesures, celles-ci ont été regroupées en trois catégories principales selon leur nature intrinsèque:

- Les mesures concernant les véhicules eux-mêmes visant à réduire la pollution totale par une réduction individuelle de l'émission
- Les mesures opérationnelles qui visent à une meilleure efficacité, en terme de pollution, du secteur du transport urbain en jouant sur les paramètres de l'offre de transport
- Finalement, les mesures permettant de réduire la demande en déplacement qui sont principalement du domaine de la planification urbaine.

5.1 ACTIONS CONCERNANT LES VEHICULES

Ces actions ont toutes comme but de réduire l'émission de polluant en améliorant la qualité du parc des véhicules en circulation dans la ville.

Plusieurs pistes sont possibles qui peuvent être menées parallèlement.

5.1.1. MESURES A L'IMPORTATION

Pour des raisons évidentes de pouvoir d'achat, la grande majorité des véhicules circulant à Dakar sont des véhicules achetés d'occasion en Europe et importés dans le Pays. On se trouve donc en face d'une flotte de véhicules dont les normes de fonctionnement sont déjà anciennes au moment de la mise en circulation dans le pays.

Une réglementation plus stricte de la qualité des véhicules mis sur le marché à Dakar, homologation dépendant entre autres du taux d'émission de gaz du moteur, devrait permettre de concourir à la réduction de la pollution globale. Aucune incitation ne devrait cependant être mise en place, dans ce contexte, visant à privilégier un type de carburant par rapport à un autre (essentiellement entre l'essence et le gazole). En effet,

pour l'instant, aucune conclusion définitive¹ quant à une pollution plus importante de l'un ou de l'autre n'est acquise.

La taxation de l'importation des véhicules est un des moyens de pression disponibles pour améliorer le niveau du parc de véhicules. Actuellement, cette taxe varie entre 90% et 120% de la valeur du véhicule selon, entre autres paramètres, l'âge de celui-ci. Un élargissement de cette plage pourrait être adopté pour permettre, en partie, de privilégier les véhicules plus récents et par définition plus "propres" et pénaliser les autres. De même, un nouvel équilibre entre le coût de mise en fonctionnement (taxe d'importation) et le coût de fonctionnement (taxe sur les carburants) devrait permettre d'avantager les véhicules plus récents et moins polluants.

Cette option nécessite la mise en place d'un service officiel de contrôle des qualités des véhicules en vue de délivrer un permis de circuler. Ce service doit posséder un ou plusieurs ateliers techniques capables de procéder au contrôle et aux mesures. De plus, des normes d'acceptation ou de refus doivent être édictées de même qu'une éventuelle règle de liaison de la taxe d'immatriculation aux résultats des mesures du contrôle technique.

5.1.2. CONTROLE TECHNIQUE

La mesure précédente ne peut avoir un effet durable que si cette qualité nouvelle des véhicules est garantie dans le temps. A cet effet, la possibilité de circuler eu égard à la pollution générée par le véhicule devrait être revue à intervalle régulier (tous les ans par exemple). Un équipement des centres de contrôle technique actuel en matériel autorisant la mesure de la qualité des rejets des moteurs et la formation spécifique des agents concernés devrait donc accompagner la définition de règles nouvelles définissant l'état acceptable ou non d'un véhicule.

Comme toujours, cette mesure n'aura de l'effet que si elle est correctement respectée. Donc, le contrôle policier de la détention d'une autorisation de circuler (vignette) devrait impérativement être renforcé.

5.1.3. QUALITE DES CARBURANTS

Les mesures s'appliquant aux véhicules peuvent s'accompagner d'une amélioration du secteur des carburants.

Cette amélioration pourrait porter sur la composition des carburants par l'intermédiaire de normes de qualité tels le plomb, la volatilité, le benzène, les éléments aromatiques, le soufre et l'indice de cétane ou d'une restriction de l'utilisation d'additifs.

De même, on peut imaginer un encouragement à une amélioration des performances des carburants (taxation différenciée entre les types de carburants super ou normaux) ou un développement de l'utilisation des carburants de substitution par une taxation différenciée.

¹ Ce point sera détaillé au chapitre 6

5.2. LE FONCTIONNEMENT OPERATIONNEL

Cet ensemble regroupe les actions qui ont pour effet de modifier l'offre de transport tant de manière directe (réorganisation du secteur des transports publics) qu'indirecte (amélioration des conditions de circulation).

5.2.1. REORGANISATION DU SECTEUR DES TRANSPORTS PUBLICS

Vu la configuration de Dakar, péninsule dont l'extrémité est occupée par la ville administrative et commerciale, une grande partie des déplacements consistant en trajets depuis les différents quartiers vers ce centre sont regroupés dans un couloir de plus en plus étroit. En pratique, on retrouve la majorité de ces déplacements sur la route de Rufisque et sur l'autoroute en passant par le carrefour dit "de la patte d'oie".

De plus, l'organisation actuelle des transports publics à Dakar fait la part belle aux transporteurs privés équipés de véhicules relativement petits, les cars rapides, Ndiaga N'Diaye et autres taxis collectifs représentant plus de 70% des déplacements motorisés à l'heure de pointe du matin.

Les trajets vers le centre de la ville décrits plus haut génèrent donc une circulation intense sur les mêmes axes de ces véhicules dont la majorité est assez ancienne et dans un état technique relatif.

On pourrait donc imaginer organiser ces déplacements à l'aide de bus de plus grande capacité empruntant les parcours principaux entre des points d'arrêt importants (gares routières). Le rabattement des voyageurs vers ces gares routières ou l'éclatement des déplacements à partir des gares routières pourraient continuer à être assurés à l'aide des véhicules de transport actuels. Cette organisation devrait permettre de réduire la charge des véhicules sur les grands axes de pénétration de la ville.

Il est évident qu'un tel système de transport public ne peut fonctionner que s'il est attractif tant pour l'utilisateur que pour les exploitants des divers services de transport. De plus, la proposition d'organiser des déplacements à l'aide de bus de grande capacité, si elle est séduisante, ne correspond cependant pas à la réalité actuelle des transports en commun dans l'agglomération de Dakar, dominés, pour plusieurs années encore, par des véhicules de petites et moyennes capacités (Cars Rapides et Ndiaga N'Diaye).

La question qui se pose donc de manière réaliste est "comment intégrer les microentrepreneurs dans une logique de respect de normes en matière environnementales".

A cette fin, une organisation commune du système de transport doit d'abord être instituée dont les buts seraient de :

- coordonner l'offre de transport: lignes, horaires, correspondances
- unifier le système de tarification : le désagrément pour l'utilisateur généré par les ruptures de charge entre systèmes de transport (rabattement, déplacement longue distance, éclatement) pourrait être atténué par l'instauration d'un tarif et un ticket unique valable pour l'ensemble du déplacement.

- Répartir les recettes de la tarification unique entre les opérateurs au prorata des services offerts.

Le bon fonctionnement de ce système et l'intégration tarifaire souhaitable seront cependant difficiles à atteindre dans un horizon à moyen terme, vu la structure de la propriété des véhicules. Cet objectif ne pourra donc se concevoir qu'en instaurant parallèlement à des mesures de type coercitif (passages obligatoires réguliers au centre de contrôle technique, supervision de la gestion des entreprises privées) d'autres mesures attractives telles le support au renouvellement du parc.

Le projet de renforcement du PTB s'inscrit tout naturellement dans ce contexte. Son exploitation en parallèle à celle des bus devrait permettre encore de diminuer le nombre de véhicules sur les axes majeurs de la ville et de réduire ainsi la pollution de l'air.

5.2.2. AMELIORATION DES CONDITIONS DE CIRCULATION

On peut regrouper sous ce titre toutes les actions visant à une meilleure fluidité du trafic. En effet, à demande de déplacement constante, une amélioration des conditions de trafic, moins d'artères saturées, vitesse de circulation plus élevée, permet une réduction des émissions de polluants.

Les diverses actions permettant d'améliorer les conditions de circulation peuvent comprendre :

- des investissements importants en infrastructures routières tels des liaisons nouvelles ou améliorées : un bon exemple de ce type de mesures est la mise en service du prolongement de la "Voie du Nord" (VDN). Cette nouvelle voirie permettra de dévier une partie importante du trafic du nord de Pikine et de soulager ainsi et le route de Rufisque et l'autoroute. Son impact sur la pollution à ces endroits ne sera pas négligeable mais son influence dans le temps ira en diminuant avec l'augmentation prévisible du trafic. De plus, il est évident que l'investissement consenti, s'il est crucial pour offrir une seconde porte de sortie de Dakar et permettre un développement plus équilibré de la grande banlieue, est par ailleurs sans commune mesure avec les gains obtenus si l'on se place au simple niveau de la pollution de l'air.

Outre le fait que, en raison de la géographie même de la ville, les opportunités techniques de tels investissements sont déjà limitées, on peut donc considérer que leur simple impact sur la pollution de l'air ne permettra jamais de les justifier économiquement. Ce type de mesures dépasse donc le cadre de cette étude.

- Un niveau d'entretien renforcé des voiries doit permettre théoriquement une circulation plus fluide et une diminution de l'impact de la pollution.

Cependant, l'état actuel des routes principales à Dakar paraît acceptable et aucune amélioration notable de la pollution ne devrait être attendue en conséquence d'une action de renforcement d'entretien des routes.

- La mise en application d'un plan de circulation permettant une bonne répartition des flux dans la ville et évitant les phénomènes d'allongement de trajets dus aux sens uniques par exemple.
- La résorption des "points noirs" de la circulation par l'aménagement de certains carrefours permettant d'augmenter leur fluidité. Ce point ne peut cependant pas être indépendant du précédent car les actions à entreprendre sur ces points noirs doivent être cohérentes entre elles et participer à une gestion globale du trafic.
- L'étalement de la période de pointe du matin sur un laps de temps plus long devrait avoir une conséquence non négligeable sur la pollution. En effet, on constate qu'actuellement environ 20% du total des déplacements journaliers s'exécutent entre 7h et 8h du matin ce qui donne un trafic de trois fois supérieur au trafic moyen journalier. Un tiers des déplacements motorisés de cette heure de pointe est le fait d'écoliers se rendant aux cours. Un simple aménagement des plages horaires des écoles aurait donc un effet immédiat sur la circulation de pointe et permettrait de réduire ainsi les émissions de polluants.
- Il est certain que des informations fiables et en temps réel sur les conditions de trafic à destination des usagers (conducteurs et passagers de transport en commun) permettent d'améliorer l'ensemble de la fluidité. On pense ici à des systèmes d'informations extérieures visuelles (panneaux à message variable) ou à la transmission d'information à domicile avant le voyage (radio, Internet) ou embarqués (autoradio, guidage par GPS...). Cependant, la mise en place et l'exploitation de tels systèmes risque de s'avérer financièrement fort lourde. De plus, ces méthodes font appel à une technicité importante. L'ampleur du seul problème de pollution de l'air à Dakar ne permet certainement pas de tels investissements.

Parallèlement à toutes ces mesures, on peut estimer que la mise en place d'une cellule chargée du suivi du trafic actuel devrait permettre d'anticiper les problèmes et de tester les effets résultants des mesures envisagées sur le réseau. Cette cellule serait en charge de la gestion des informations concernant les déplacements et participerait à la définition de toutes les actions ayant un impact sur le trafic.

Pour ce faire, cette cellule serait équipée de moyens permettant :

- l'observation périodique ou en continu des conditions de trafic
- l'analyse des paramètres générant les déplacements et la modélisation informatique des trafics résultants en liaison directe avec les administrations en charge de la planification urbaine.
- le calcul de l'émission et de la diffusion des polluants dus aux véhicules

- l'estimation des concentrations résultantes de pollution permettant la définition de seuils d'alerte

5.3. PLANIFICATION URBAINE ET SON IMPACT SUR LES TRANSPORTS

Des actions peuvent également être menées pour réduire la demande de déplacement et principalement les déplacements entre les différents quartiers et le centre commercial et administratif de Dakar.

Les déplacements ayant comme motif le travail ne pourraient être régulés qu'au prix d'options urbanistiques fortes telles : le déplacement des Ministères et des organes de Pouvoir, la création de zoning industriels...

L'expérience de projets similaires dans d'autres villes africaines montre que la réalisation de tels projets reste très souvent à l'état de vœux pieux. A ce sujet, le cas de Djibouti, autre presque île urbaine, est exemplaire. Le SDAU (Schéma Directeur d'Aménagement Urbain) en vigueur depuis 15 ans était axé vers la création d'un nouveau centre administratif, présidentiel et universitaire sur le Continent (Balbala). Aucune réalisation concrète de ce projet n'a pu être entamée. Le nouveau SDAU de 1998 abandonne cette option au profit d'un développement plus réaliste et moins ambitieux des zones d'extension d'habitat mais insiste sur le renforcement des moyens de communication autres que routiers avec le centre et le port. Dans le même ordre d'idées, la réalisation d'un "port sec" à Conakry situé sur le continent et relié au vrai port par une ligne de chemin de fer sous douane est une alternative plus réaliste au projet de délocalisation du centre administratif et des Ministères qui a longtemps hanté les décideurs locaux.

En ce qui concerne les autres motifs de déplacement, des mesures urbanistiques moins importantes ou essentielles peuvent cependant présenter des effets significatifs sur les déplacements :

- Déplacements dus au motif scolaire

Une répartition plus judicieuse des écoles, et principalement celles du cycle secondaire, dans les divers quartiers de la ville devrait permettre de diminuer drastiquement la demande en déplacements motorisés.

- Déplacements dus aux autres motifs de type "autre" tels le marché, les opérations administratives...

Les déplacements liés à ces motifs s'organisent principalement depuis les différents quartiers vers le centre commercial et administratif. L'organisation au centre de chacun de ces quartiers d'antennes délocalisées des différents services administratifs et le développement de l'offre commerciale pourraient réduire ces déplacements de façon importante et intéressante.

6. QUANTIFICATION DE L'IMPACT DE LA POLLUTION DE L'AIR

6.1. METHODOLOGIE DE LA QUANTIFICATION DE LA POLLUTION DUE AU TRANSPORT

En l'absence de données fiables sur le degré de pollution de l'air à Dakar et afin de pouvoir évaluer l'impact des mesures préconisées, il paraît intéressant de calculer globalement cette pollution sur base d'une simulation mathématique du trafic dans la ville, des émissions de polluants générées par ce trafic et de la concentration résultante de pollution aux différents endroits de la ville.

6.1.1. MODELISATION DU TRAFIC

Pour évaluer la pollution due au transport automobile, il est nécessaire de connaître le trafic dans chaque artère principale de la ville, son évolution journalière ainsi que sa composition en différents types de véhicules.

Dans le cadre de "l'étude sur l'analyse de dysfonctionnement des transports en commun dans l'agglomération de Dakar", le Consultant avait développé un modèle simplifié de simulation du trafic actuel lui permettant d'analyser et d'évaluer les diverses caractéristiques des déplacements motorisés à Dakar. Les données de déplacements et de trafic utilisées dans ce modèle provenaient essentiellement d'enquêtes réalisées en janvier 1998.

Ce modèle, légèrement adapté, a été utilisé dans le cadre de cette étude pour déterminer le nombre de véhicules par type et par situation représentative de la journée dans chaque voirie ainsi que leur vitesse. La description et les caractéristiques de ce modèle figure en annexe 1.

Rappelons cependant que globalement, le modèle comporte la représentation mathématique de près de 800 unidirectionnels (ou 400 tronçons de voirie à double sens) et qu'il permet d'y simuler, en volume et en vitesse, le trafic horaire de trois périodes types de la journée (heure de pointe du matin, HPM, heure de pointe du soir, HPS, heure creuse de jour, MC) et ce en le différenciant en 8 types de véhicules qui sont :

- Voiture particulière
- bus SOTRAC
- bus de ramassage
- Ndiaga N'Diaye
- Car rapide
- Taxi compteur

-
- Taxi clando
 - Taxi collectif

Le modèle permet donc principalement d'obtenir à chaque période de la journée et pour chaque lien dans chaque sens :

- des informations de base sur le lien (longueur en km, nombre de bandes, type, zone...);
- le temps de parcours (et donc la vitesse moyenne des véhicules);
- les volumes de véhicules de chacune des 8 catégories.

Ce même outil de modélisation sera utilisé pour représenter les résultats de la concentration de polluants en permettant d'afficher des valeurs artères par artères. De plus, ces résultats seront globalisés non seulement au niveau de la ville entière mais également sur une découpe de celle-ci en quartiers administratifs présentant de plus des typologies assez contrastées.

6.1.2. Modélisation des émissions

Idéalement, il faudrait disposer des facteurs d'émissions propres aux véhicules en circulation à Dakar pour pouvoir calculer les émissions globales dues au secteur du transport. De tels facteurs d'émissions peuvent être mesurés en laboratoire suivant des systèmes normalisés.

En l'absence de telles données, les facteurs d'émissions utilisés dans cette étude ont été calculés suivant la méthode développée dans le cadre du programme CORINAIR de la Communauté Européenne. En effet, même si rien ne permet d'affirmer que les résultats obtenus par ce modèle peuvent être appliqués directement au cas de Dakar, les lacunes d'information existantes et surtout le fait que les résultats sont utilisés de manière relative pour comparer diverses situations justifient amplement l'utilisation indicative d'un tel modèle.

Une description de ce programme et les hypothèses prises en compte dans le cadre de cette étude figurent en annexe 2.1.

L'utilisation de cette méthode a permis d'estimer les quantités de rejets pour 5 types de polluants :

- Monoxyde de carbone (CO) ;
- Oxydes d'azote (NO_x) ;
- Hydrocarbures (HC) ;
- Dioxyde de soufre (SO₂) ;
- Les particules en suspension d'un diamètre inférieur à 10 µm .

6.1.3. MODELISATION DE LA DISPERSION OU POLLUTION DE L'AIR

Les quantités de rejets donnent une information globale sur le degré de pollution d'une ville pour chaque type de polluant, mais ne donne pas le degré de concentration dans l'air qui est la cause des maladies par pollution atmosphérique. Pour obtenir une image claire et fidèle de la situation, il faudrait disposer de mesures de pollution de l'air le long des grands axes de circulation.

En l'absence de telles données, les concentrations dans l'air ont été calculées à l'aide d'une feuille de calcul développée par Tractebel Environnement.

Le modèle développé est de type '*Canyon*'. Il représente la dispersion des polluants émis par les véhicules circulant dans une rue bordée de bâtiments. Les données de ce calcul sont donc principalement l'émission calculée suivant la méthode exposée ci - avant, les caractéristiques géométriques de la rue et des données de type météorologique.

Les résultats principaux du modèle sont:

- la concentration du polluant dans l'atmosphère ;
- le nombre de km de rue avec un niveau de pollution dépassant la norme ;
- le nombre de personnes qui subissent une pollution trop importante dans l'hypothèse que la population est répartie de façon uniforme le long des axes urbains. Cette approche se réalise séparément pour chaque secteur urbain permettant ainsi de localiser plus précisément les conséquences.

Une description du modèle et les hypothèses prises en compte dans le cadre de cette étude figurent en annexe 2.2.

6.2. MODELISATION DE LA SITUATION ACTUELLE

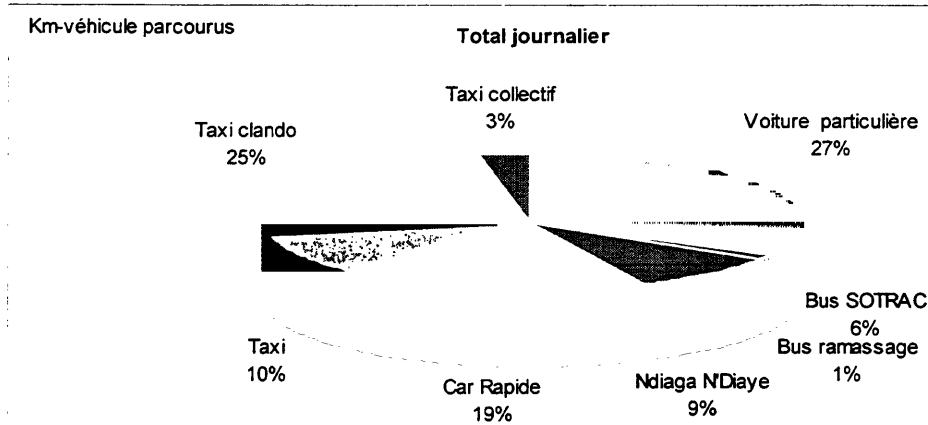
6.2.1. LES TRAFICS OBTENUS

Pour évaluer la situation existante, on retient les trafics calculés et calibrés sur la situation existante. Les résultats principaux sont présentés sur le tableau ci-après :

Tableau 6. : Km-véhicules parcourus par heure, par jour et par mode

Période		Durée (h)	Voiture particulière	Bus SOTRAC	Bus ramassage	Ndiaga N'Diaye	Car Rapide	Taxi	Taxi clando	Taxi collectif	Total
Période de pointe matin	Km véh / h	1	157 374	19 715	8 230	36 864	97 274	42 627	69 178	3 201	434 463
Période de pointe soir	Km véh / h	2,5	55 002	11 291	1 007	20 849	32 907	13 816	53 662	1 445	189 979
Période creuse	Km véh / h	10,5	45 595	11 322	2 681	15 681	33 578	21 146	48 994	7 930	186 927
Total journalier	Km véh / 24 h	14	773 627	166 824	38 898	253 637	532 111	299 200	717 770	90 079	2 872 144

Figure 4. : Km-véhicules parcourus par jour



6.2.2. EMISSIONS

Pour la situation de référence, les calculs montrent les niveaux d'émission suivants pour Dakar :

Tableau 7. : Emissions pour Dakar (situation de référence)

	CO	NO _x	HC	SO ₂	PM ₁₀
période de pointe du matin (kg/h)	14 112	1 533	1 496	802	157
période de pointe du soir (kg/h)	3 227	647	378	317	61
période creuse du jour (kg/h)	2 611	652	318	302	59
Total de la journée (kg/24 h)	49 595	9 997	5 780	4 766	929

Les résultats plus détaillés par secteur sont repris en annexe 3. Ces tableaux en annexe montrent que, indépendamment du polluant et du moment de la journée, les secteurs 1 et 3 génèrent environ 75 % des émissions dues au transport terrestre à Dakar.

6.2.3. DISPERSION : POLLUTION DE L'AIR

En plus du niveau d'émission, les annexes reprennent les résultats suivants :

- la concentration maximale par zone : cette valeur correspond à la concentration maximale observée dans un canyon à une hauteur de 1,70 m en bordure de la route ;
- le nombre de km où la norme n'est pas respectée ;

-
- le nombre de personnes qui subissent, par rapport à la norme, une pollution trop importante.

Une analyse de ces tableaux de l'annexe 3 montrent que :

- malgré l'émission importante du CO, aucun problème ne se pose pour la santé humaine ;
- pour les NO_x, un dépassement de la norme courte durée en période de pointe peut être observée (20 % de la population pour l'heure de pointe du soir serait exposée à un niveau de pollution trop important), De plus, si on compare le taux de pollution moyen de la journée aux normes longue durée, une durée d'exposition plus longue entraînant l'application d'une norme plus sévère, on observe que celles-ci sont encore moins bien respectées (environ 70 % pour le creux du jour).
- pour le SO₂, peu de problèmes se posent pendant les heures de pointe. Les plus gros problèmes se posent pour l'exposition de longue durée.

On peut également observer que si le *niveau* de pollution est le plus élevé dans le secteur 1, *l'impact* de la pollution de l'air sur la population est cependant plus important dans le secteur 3. Ceci est principalement dû au fait que la densité de population est plus importante dans le secteur 3. Pour un même niveau de pollution d'une artère, le nombre de personnes touchées est donc plus important.

Rappelons ici que même si les résultats tels que décrits ci-dessus ne représentent pas exactement une réalité, ils constituent un bon point de départ pour l'évaluation des scénarios tels que décrits ci-après, pour autant que les hypothèses de base ne changent pas. En effet, la comparaison de ces résultats avec le scénario de référence permet d'évaluer l'amélioration relative des scénarios étudiés par rapport à la situation actuelle.

Les figures ci-après montrent plus particulièrement les axes pour lesquels les normes longue durée (moyenne de la concentration pour la journée) ne sont pas respectées pour les 3 polluants : CO, NO_x et SO₂. Sur ces figures, la concentration de chaque polluant est représentée par un trait dont l'épaisseur donne une indication sur le niveau de pollution tandis que la couleur indique le dépassement (rouge) ou non (vert) de la norme.

6.3.1. HYPOTHESES RETENUES

Le chapitre 5 décrit un certain nombre de mesures qui peuvent être prises au niveau du parc de véhicules. Afin d'évaluer l'efficacité de telles mesures par rapport à la pollution de l'air, un nouveau calcul a été fait avec les mêmes flux de véhicules que le scénario de référence mais en considérant un parc de véhicules différent.

Dans ce scénario, les modifications suivantes ont été introduites :

- le parc de véhicules se compose de véhicules moins âgés. Actuellement, l'âge moyen du parc est d'environ 14 ans. Pour le présent scénario la répartition par classe d'âge a été modifiée afin d'arriver à un âge moyen de 10 ans ;
- pour la répartition entre les véhicules essence et les véhicules diesel, la répartition correspondante aux statistiques européennes a été utilisée. Cette répartition n'est pas fondamentalement différente de la répartition actuelle de Dakar. Etant donné que les véhicules diesel émettent d'autres polluants que les véhicules essence, avec un impact différent, il est très difficile de comparer des scénarios avec une modification fondamentalement différente de cette répartition. C'est la raison par laquelle un tel scénario n'a pas été analysé dans la présente étude.
- une dernière modification qui a été prise en compte concerne la concentration en soufre dans le diesel.

Les changements par rapport au scénario de référence sont repris dans le tableau suivant.

Tableau 8. : Modification du parc de véhicules par rapport au scénario de référence

Paramètre		Scénario de référence	Mesures sur les véhicules
Voitures personnelles : âge	> 20 ans	12 %	5 %
	10 à 20 ans	59 %	10 %
	< 10 ans	29 %	85 %
	Total	100 %	100 %
Voitures personnelles : carburant	essence - sans pot catalytique	67 %	62 %
	essence - pot catalytique	0 %	10 %
	diesel	33 %	28 %
	Total	100 %	100 %
Minibus carburant :	essence	10 %	30 %
	diesel	90 %	70 %
	Total	100 %	100 %
Poids lourds / bus : carburant	essence	0 %	0 %
	diesel	100 %	100 %
	Total	100 %	100 %
Taux de soufre dans le diesel		1 % max.	0,2 % max.

6.3.2. EMISSIONS

Pour Dakar, les calculs montrent les niveaux d'émissions suivants :

Tableau 9. : Emissions pour Dakar

	CO	NO _x	HC	SO ₂	PM ₁₀
période de pointe du matin (kg/h)	10 521	1 023	1 191	107	94
période de pointe du soir (kg/h)	1 932	419	257	44	37
période creuse du jour (kg/h)	1 592	420	221	42	36
Total de la journée (kg/24 h)	32 067	6 481	4 154	658	565

Par rapport au scénario de référence, ceci correspond à une réduction moyenne des émissions de CO, NO_x, HC et PM₁₀ d'environ 35 %. Pour le SO₂ cette réduction moyenne représente environ 86 %. Les résultats plus détaillés par secteur sont repris en annexe. Ces tableaux montrent que, par rapport au scénario de référence, la réduction s'applique à tous les secteurs de la même façon. Ceci s'explique par le fait que les caractéristiques de la circulation (nombre de véhicules, vitesse,) sont restées inchangées.

6.3.3. NIVEAU DE POLLUTION RESULTANT

Les résultats concernant le niveau de pollution dû au transport sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. Les résultats détaillés sont repris en annexe.

Tableau 10. : Variation de l'impact par rapport au scénario de référence

	Réduction maximale par rapport au scénario de référence (%)									
	CO		NO _x		HC		SO ₂		PM ₁₀	
	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.
Concentration maximale	-68%	-85%	-49%	-60%	-40%	-56%	-89%	-92%	-67%	-75%
Nombre de km où la norme n'est pas respectée	0%	0%	-100%	-100%	-	-	-100%	-100%	-	0%
Nombre de personnes qui subissent une pollution trop importante	0%	0%	-100%	-60%	-	-	-100%	-100%	-	0%

C.D. : exposition courte durée - L.D. : exposition longue durée

Les résultats montrent que l'adaptation du parc de véhicules, y compris la qualité des carburants, permet de diminuer le niveau de pollution et l'impact sur la population de façon importante. Le seul problème qui persiste concerne la pollution due aux NO_x . Cette observation n'est valable que pour la pointe du matin, le creux du jour et pour la moyenne de la journée.

L'effet le plus remarquable concerne la diminution de l'impact du SO_2 . La réduction du taux de soufre dans le diesel de 1 % actuellement à 0,2 % permet en effet de réduire la pollution du SO_2 à un niveau tout à fait acceptable.

Les figures ci-après montrent plus particulièrement les axes pour lesquels les normes longue durée (moyenne de la concentration pour la journée) ne sont pas respectées pour les 3 polluants : CO, NO_x et SO_2 . Sur ces figures, la concentration de chaque polluant est représentée par un trait dont l'épaisseur donne une indication sur le niveau de pollution tandis que la couleur indique le dépassement (rouge) ou non (vert) de la norme.

6.4. Analyse de l'influence des mesures de fonctionnement opérationnel

6.4.1. HYPOTHESES RETENUES

Cette simulation permet de vérifier l'effet d'une réorganisation des transports en deux catégories : les transports locaux utilisant les véhicules du type actuel (cars rapides et Ndiaga N'Diaye) et les transports à plus longue distance réalisés en bus modernes de grande capacité.

Pour faire cette distinction, on utilise la répartition de la ville en 5 secteurs (voir plus haut) et on définit ces deux catégories de transports de la manière suivante :

- Les transports à longue distance: On ne retient que les seuls déplacements dont l'origine est un des secteurs 2 à 5, et la destination le secteur 1 (centre administratif et économique de la ville), et les déplacements de type inverse (les sorties du secteur 1). En effet, étant donné l'importance des déplacements de ce type² et leur influence sur les tronçons les plus chargés et les plus problématiques du réseau, seuls ces déplacements de et vers le secteur 1 présentent un intérêt à être restructurés.
- les transports zonaux: En plus de déplacements dont l'origine et le destination se trouvent dans un même secteur, on inclut dans cette catégorie les déplacements entre deux secteurs différents du secteur 1.

L'hypothèse testée consiste à imaginer que 80% des déplacements longue distance tels que définis ci-dessus se reportent des modes utilisés traditionnellement (cars rapides et Ndiaga N'Diaye) vers un mode transport en commun de grande capacité. Ce déplacement serait organisé entre des centres de quartiers et les déplacements de rabattement pourraient continuer à être effectués selon les modes traditionnels.

6.4.2. MODIFICATIONS RESULTANTES DES TRAFICS

Pour simuler les effets de la mesure lors de la pointe du matin, on reconstruit donc les parties correspondantes aux mouvements de et vers le secteur 1 des matrices de l'heure de pointe du matin, de l'heure de pointe du soir et de l'heure creuse. Les hypothèses et moyens utilisés figurent en annexe 4

Les trafics calculés avec ces nouvelles matrices sont présentés dans le tableau ci-après :

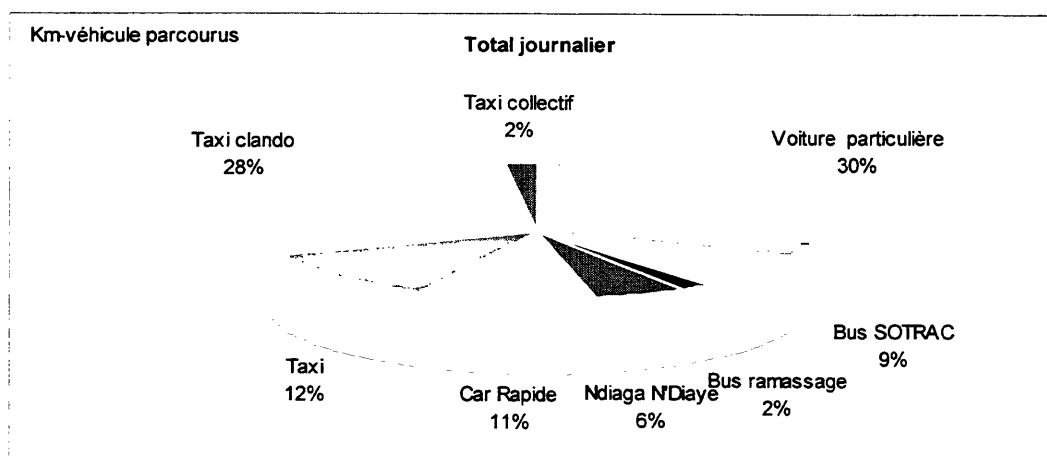
² Le point 2.2 de l'annexe 4 démontre que les déplacements entre les différents secteurs et le centre de la ville représentent à eux seuls, pour tous les types de véhicules, environ 2/3 des déplacements entre secteurs.

Tableau 11. : Km-véhicules parcourus par heure, par jour et par mode

Période		Durée (h)	Voiture particulière	Bus SOTRAC	Bus ramassage	Ndiaga N'Diaye	Car Rapide	Taxi	Taxi clando	Taxi collectif	Total
Période de pointe matin	Km véh/h	1	160 847	27 652	8 403	21 500	51 542	43 223	69 981	1 486	384 634
Période de pointe soir	Km véh/h	2,5	57 659	17 751	1 071	12 612	19 021	14 714	56 295	704	179 827
Période creuse	Km véh/h	10,5	46 419	14 064	2 751	8 498	17 591	21 882	50 096	4 757	166 058
Total journalier	Km véh/24/		792 394	219 702	39 966	142 259	283 800	309 769	736 727	53 195	2 577 811

Gain par rapport à la situation de référence

Période		Durée (h)	Voiture particulière	Bus SOTRAC	Bus ramassage	Ndiaga N'Diaye	Car Rapide	Taxi	Taxi clando	Taxi collectif	Total
Période de pointe matin	Km véh/h	1	-2%	-40%	-2%	42%	47%	-1%	-1%	54%	11%
Période de pointe soir	Km véh/h	2,5	-5%	-57%	-6%	40%	42%	-6%	-5%	51%	5%
Période creuse	Km véh/h	10,5	-2%	-24%	-3%	46%	48%	-3%	-2%	40%	11%
Total journalier	Km véh/24/		-2%	-32%	-3%	44%	47%	-4%	-3%	41%	10%

Figure 5 : Km-véhicules parcourus

On peut y constater une réduction globale journalière de 10% des km parcourus constituée d'une réduction de plus de 40% des distances parcourues par les cars rapides, Ndiaga N'Diaye et taxis collectifs mais d'une augmentation importante des distances parcourues par les bus (+32%) et faible des véhicules privés, taxis et autres bus de ramassage (2 à 4%) due à une nouvelle répartition des trafics.

Le gain obtenu est cependant plus marqué à l'heure de pointe du matin (11%) et en heure creuse (11%) qu'à l'heure de pointe du soir (5% seulement).

6.4.3. EMISSIONS

Pour Dakar, les calculs montrent les niveaux d'émissions suivants :

Tableau 12. : Emissions pour Dakar

	CO	NO _x	HC	SO ₂	PM ₁₀
période de pointe du matin (kg/h)	12 053	1 186	1 266	586	117
période de pointe du soir (kg/h)	2 636	542	308	248	49
période creuse du jour (kg/h)	2 027	502	244	214	42
Total de la journée (kg/24 h)	39927	7 812	4 598	3 463	681

Par rapport au scénario de référence, ceci correspond à une réduction moyenne des émissions de CO, NO_x et HC d'environ 20 %. Pour le SO₂ et les PM₁₀ cette réduction moyenne représente environ 27 %. Les résultats plus détaillés par secteur sont repris en annexe. En général, la diminution la plus significative des émissions s'observe bien naturellement pendant les heures de pointe.

6.4.4. NIVEAU DE POLLUTION RESULTANT

Les résultats concernant le niveau de pollution dû au transport sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. Les résultats détaillés sont repris en annexe.

Tableau 13. : Variation de l'impact par rapport au scénario de référence

	Réduction maximale par rapport au scénario de référence (%)									
	CO		NO _x		HC		SO ₂		PM ₁₀	
	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.
Concentration maximale	-53%	-80%	-36%	-49%	-20%	-47%	-39%	-54%	-41%	-52%
Nombre de km où la norme n'est pas respectée	0%	0%	-100%	-100%	-	-	-100%	-100%	-	0%
Nombre de personnes qui subissent une pollution trop importante	0%	0%	-100%	-48%	-	-	-100%	-100%	-	0%

C.D. : exposition courte durée - L.D. : exposition longue durée

Le tableau ci-dessus, ainsi que les tableaux en annexe montrent que les mesures concernant le fonctionnement opérationnel du transport permet de réduire le niveau de

pollution de l'air dans tous les secteurs. Les résultats détaillés montrent en plus que la réduction du niveau de pollution et de l'impact est différent en fonction des secteurs. Cette différence s'explique par le poids relatif pris par les déplacements de rabattements vers le centre des secteurs les plus peuplés ou les plus étendus.

Pour ce scénario, des problèmes semblent toujours se manifester du point de vue NO_x et SO_2 . Pour les NO_x on constate que les problèmes se manifestent pendant toute la journée alors que les problèmes de SO_2 se posent principalement pendant la période creuse.

Les figures ci-après montrent plus particulièrement les axes pour lesquels les normes longue durée (moyenne de la concentration pour la journée) ne sont pas respectées pour les 3 polluants : CO, NO_x et SO_2 . Sur ces figures, la concentration de chaque polluant est représentée par un trait dont l'épaisseur donne une indication sur le niveau de pollution tandis que la couleur indique le dépassement (rouge) ou non (vert) de la norme.

6.5. Analyse de l'influence des mesures de planification

6.5.1. HYPOTHESES RETENUES

Ce calcul est destiné à simuler les effets d'une planification urbaine dont les conséquences principales dans le domaine du transport seraient une diminution des déplacements entre les différents quartiers et le centre ville de Dakar.

Deux types de déplacement sont principalement visés dans cette hypothèse :

- les déplacements scolaires (augmentation de l'offre d'écoles dans les quartiers)
- les déplacements des quartiers extérieurs vers le centre de Dakar pour tous les motifs différents des motifs "travail" et "école", soit des motifs du type marché, opérations administratives...

Pour la simulation à effectuer, on envisage une réduction des déplacements en direction du secteur 1 (centre de Dakar):

- de 80% des déplacements dont le motif est "autre"
- et de 50% de ceux dont le motif est "école"

6.5.2. MODIFICATIONS RESULTANTES DES TRAFICS

La répartition en motifs de déplacements des matrices existantes par modes, permet de considérer que ces mesures de réduction peuvent être simulées en retirant 40% des déplacements entre les zones des secteurs 2 à 5 et les zones du secteur 1 et en les reportant à chaque fois sur la zone centrale de chacun des secteurs respectifs. Le détail des opérations menant à cette opération figure en annexe 4.

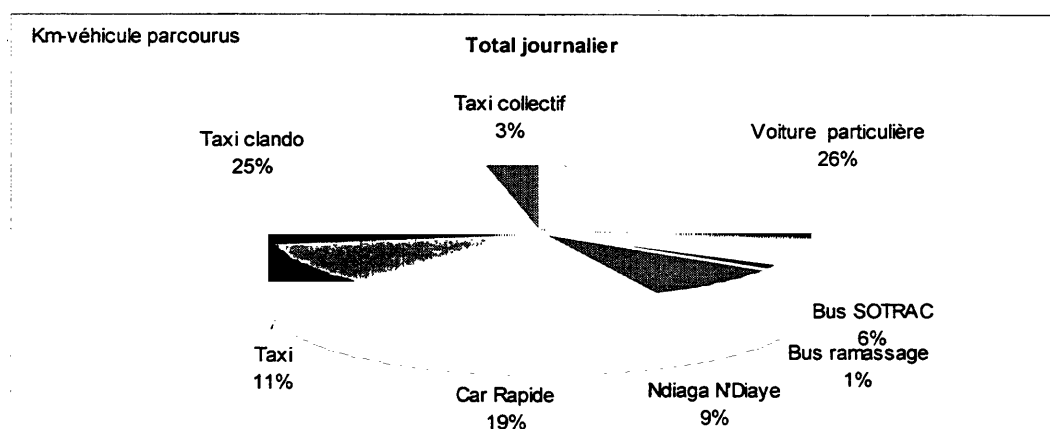
Les trafics calculés avec ces nouvelles matrices sont présentés sur le tableau ci-après :

Tableau 14. : Km-véhicules parcourus

Période		Durée (h)	Voiture particulière	Bus SOTRAC	Bus ramassage	Ndiaga N'Diaye	Car Rapide	Taxi	Taxi clando	Taxi collectif	Total
Période de pointe matin	Km véh/h	1	137 675	17 144	7 233	31 217	83 327	37 274	57 687	2 644	374 201
Période de pointe soir	Km véh/h	2,5	50 160	10 115	930	18 742	30 343	12 809	46 145	1 257	170 501
Période creuse	Km véh/h	10,5	39 498	9 653	2 455	13 602	29 483	19 244	42 688	7 236	163 859
Total journalier	Km véh/24/		677 804	143 788	35 336	220 893	468 756	271 359	621 274	81 765	2 520 973

Gain par rapport à la situation de référence

Période		Durée (h)	Voiture particulière	Bus SOTRAC	Bus ramassage	Ndiaga N'Diaye	Car Rapide	Taxi	Taxi clando	Taxi collectif	Total
Période de pointe matin	Km véh/h	1	13%	13%	12%	15%	14%	13%	17%	17%	14%
Période de pointe soir	Km véh/h	2,5	9%	10%	8%	10%	8%	7%	14%	13%	10%
Période creuse	Km véh/h	10,5	13%	15%	8%	13%	12%	9%	13%	9%	12%
Total journalier	Km véh/24/		12%	14%	9%	13%	12%	9%	13%	9%	12%

Figure 6 : Km-véhicules parcourus

On peut y constater que la réduction de 40% des déplacements de et vers le secteur 1 permet finalement une réduction globale journalière de 12% des km parcourus assez constante entre les types de véhicules mais plus marquée à l'heure de pointe du matin (14%) qu'à celle du soir (10% seulement).

6.5.3. EMISSIONS

Pour Dakar, les calculs montrent les niveaux d'émissions suivants :

Tableau 15. : Emissions pour Dakar

	CO	NO _x	HC	SO ₂	PM ₁₀
période de pointe du matin (kg/h)	9 751	1 323	1 069	678	132
période de pointe du soir (kg/h)	2 196	560	269	265	50
période creuse du jour (kg/h)	2 078	553	257	252	49
Total de la journée (kg/24 h)	37 060	8 530	4 440	3 987	772

Par rapport au scénario de référence, ceci correspond à une réduction moyenne des émissions de CO, NO_x, et HC d'environ 20 %. Pour le SO₂ et les PM₁₀ cette réduction moyenne représente environ 15 %. Les résultats plus détaillés par secteur sont repris en annexe. On peut constater que, dans certaines situations, l'émission est plus haute dans le secteur 4.

6.5.4. NIVEAU DE POLLUTION RESULTANT

Les résultats concernant le niveau de pollution dû au transport sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. Les résultats détaillés sont repris en annexe.

Tableau 16. : Variation de l'impact par rapport au scénario de référence

	Réduction maximale par rapport au scénario de référence (%)									
	CO		NO _x		HC		SO ₂		PM ₁₀	
	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.	C.D.	L.D.
Concentration maximale	-58%	-83%	-30%	-40%	-41%	-53%	-22%	-42%	-32%	-50%
Nombre de km où la norme n'est pas respectée	0%	0%	-100%	-100%	-	-	-100%	-100%	-	0%
Nombre de personnes qui subissent une pollution trop importante	0%	0%	-100%	-38%	-	-	-100%	-100%	-	0%

C.D. : exposition courte durée - L.D. : exposition longue durée

On constate que les mesures concernant la planification permettent de réduire le niveau de pollution de l'air moyen dans tous les secteurs. Les résultats détaillés montrent en plus que la réduction du niveau de pollution et de l'impact est différent en

fonction du secteur dans lequel on se trouve. De plus, on constate même une légère augmentation du niveau de pollution dans le secteur 3. Malgré cette augmentation du niveau de pollution, l'impact sur la population et la santé humaine diminue. Ceci s'explique par le fait que cette augmentation est très localisée et par le fait que les zones moins polluées sont caractérisées par une population moins dense.

Pour ce scénario, les problèmes créés par le NO_x et le SO_2 semblent toujours être présents. Pour le NO_x , les problèmes se manifestent pendant toute la journée, alors que ceux amenés par le SO_2 se présentent principalement pendant les heures creuses du jour.

Les figures ci-après montrent plus particulièrement les axes pour lesquels les normes longue durée (moyenne de la concentration pour la journée) ne sont pas respectées pour les 3 polluants : CO, NO_x et SO_2 . Sur ces figures, la concentration de chaque polluant est représentée par un trait dont l'épaisseur donne une indication sur le niveau de pollution tandis que la couleur indique le dépassement (rouge) ou non (vert) de la norme.

6.6. Comparaison

Les Figure 6 à Figure 9 synthétisent les différents résultats des 4 scénarios analysés ci - avant sous les 4 aspects suivants: Les émissions, les concentrations, le nombre de km de voiries où la norme est dépassée et le nombre de personnes situées à ces endroits. Dans ces figures, seules sont reprises les valeurs pour Dakar en faisant abstraction des secteurs. De plus, à chaque fois, les résultats concernant l'heure de pointe du matin, l'heure de pointe du soir, une heure creuse et un total ou une moyenne journalière sont successivement présentés.

Les Figure 6 à Figure 9 montrent que ce sont les mesures concernant le parc de véhicules et la qualité des carburants qui permettent d'obtenir en général les meilleurs résultats. La seule exception concerne l'émission de CO où le scénario 'planification' semble plus avantageux pendant la pointe du matin alors que pour les autres périodes et pour l'ensemble de la journée le scénario 'parc de véhicules' reste le plus avantageux.

En deuxième lieu, c'est le scénario 'fonctionnement opérationnel' qui donne les meilleurs résultats.

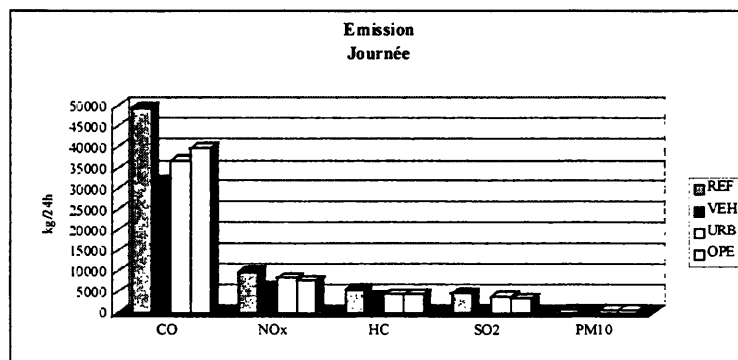
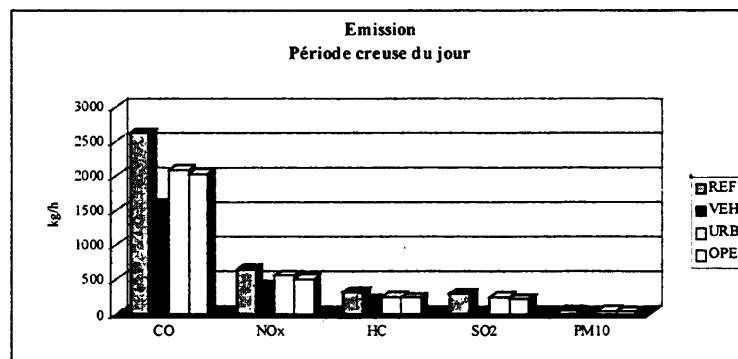
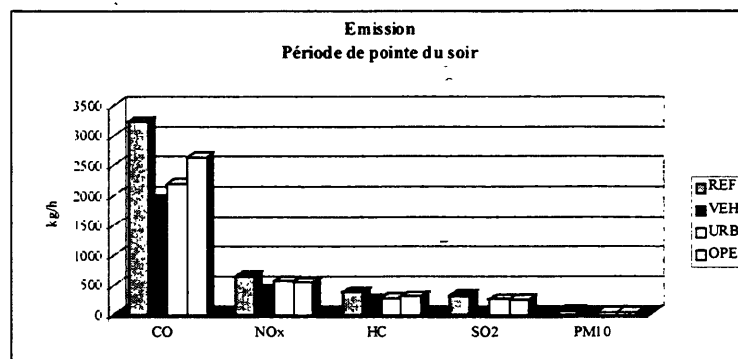
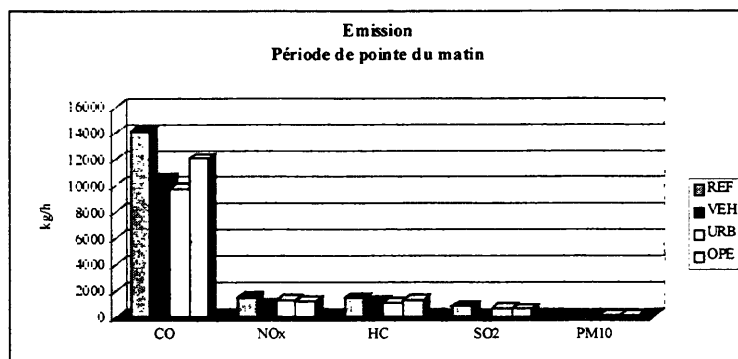
En dernier lieu, on retrouve le scénario 'planification'. Il convient de remarquer que, même si ce scénario ne donne pas les meilleurs résultats, il est dans tous les cas meilleur que la situation de référence.

D'une manière générale, ces résultats confirment bien ce que à quoi on pouvait s'attendre, c'est à dire un impact significatif pour les mesures qui s'attaquent directement à la cause réelle de la pollution: L'état du parc des véhicules. Les mesures liées à la planification et au fonctionnement opérationnel ont un impact certes moins significatif mais non négligeable et pouvant compléter utilement et renforcer les résultats des mesures sur les véhicules. Toutefois, la mise en oeuvre de ces mesures est de plus longue haleine et impose une collaboration étroite entre les administrations concernées.

En fonction de ces remarques, les axes directeurs des stratégies à mettre en place peuvent s'établir de la manière suivante :

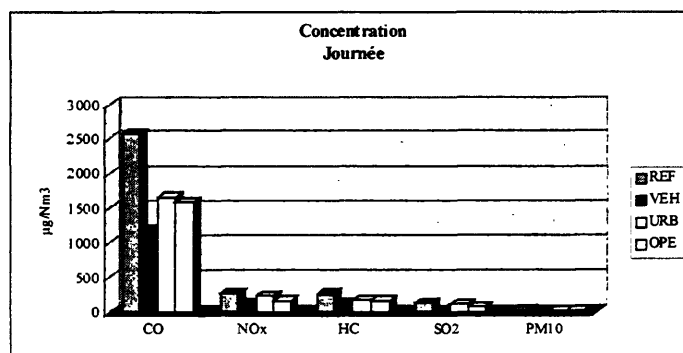
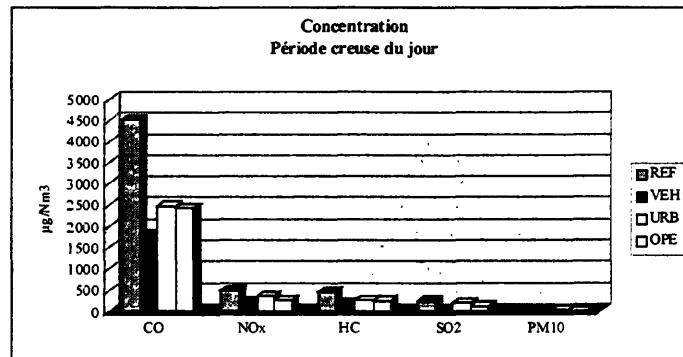
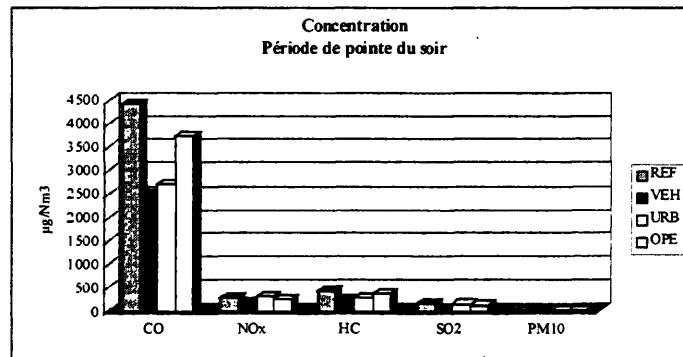
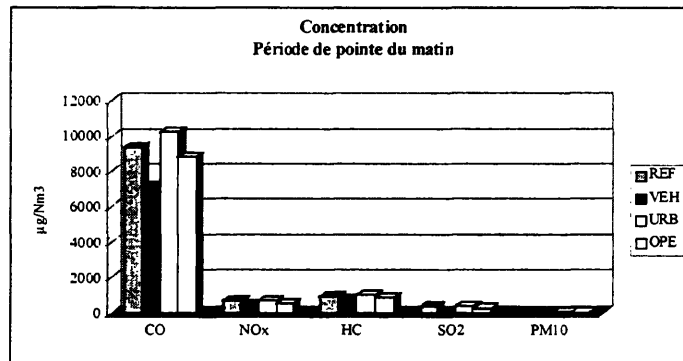
- prendre à court terme une série de mesures au niveau du parc de véhicules ;
 - réorganiser à moyen terme le fonctionnement du transport et plus particulièrement du transport en commun ;
 - prendre finalement l'aspect environnement et plus particulièrement l'aspect pollution de l'air due au transport terrestre en compte dans la planification urbaine de la ville de Dakar.
-

Figure 6 : Comparaison des émissions pour les quatre scénarios



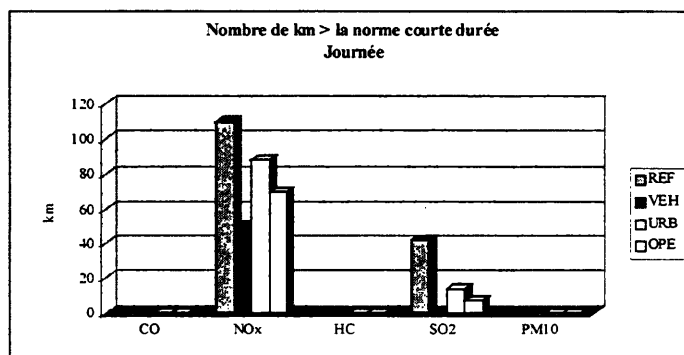
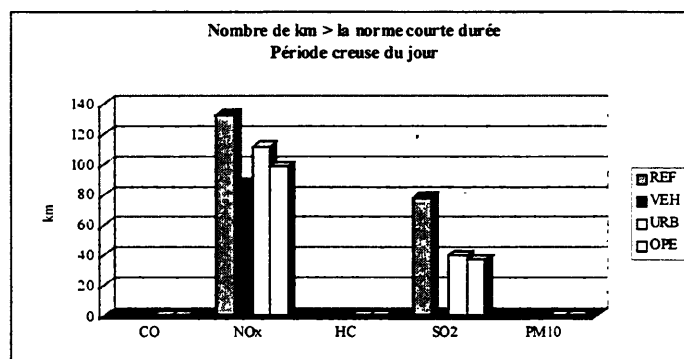
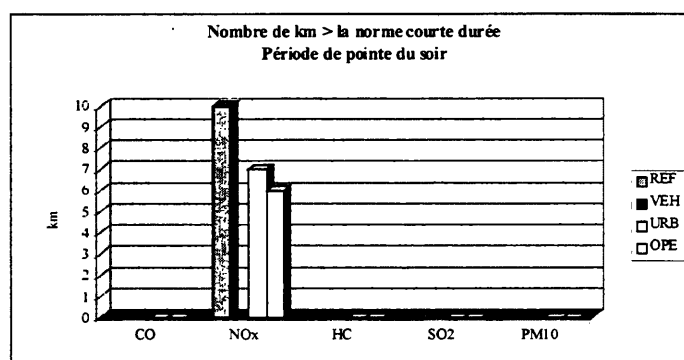
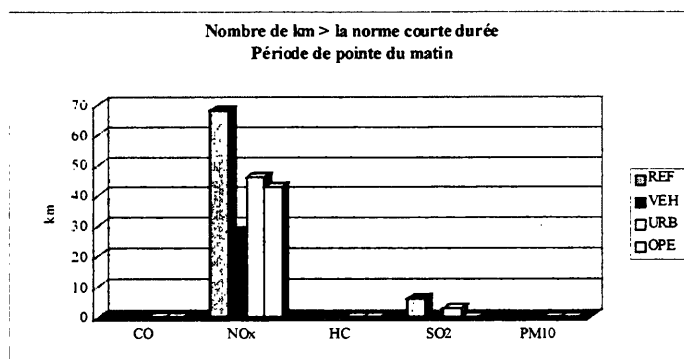
ref : scèn. de référence ; veh : mesures sur les véhicules ; urb : mesures de planif. ; ope : mesures de fonct. opérationnel

**Figure 7 : Comparaison de l'impact pour les quatre scénarios -
Concentration**



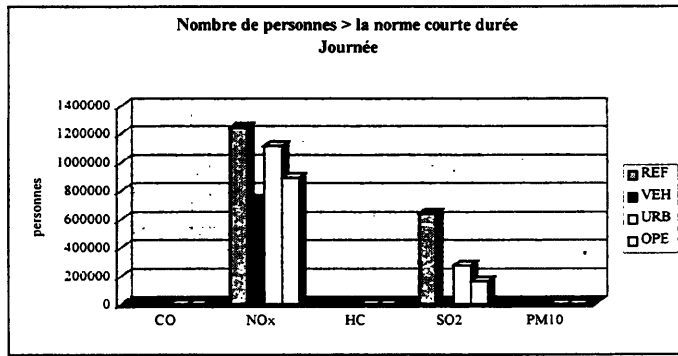
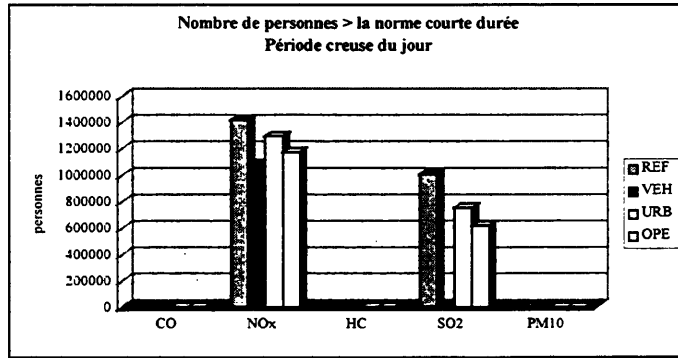
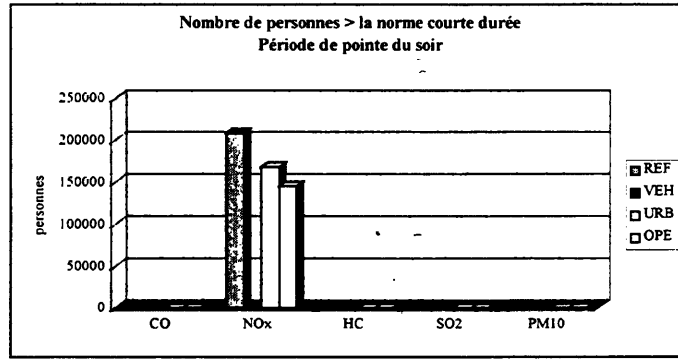
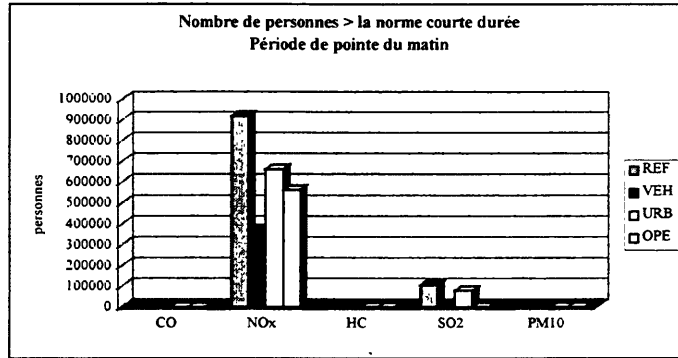
ref : scén. de référence ; veh : mesures sur les véhicules ; urb : mesures de planif. ; ope : mesures de fonct. opérationnel

**Figure 8 : Comparaison de l'impact pour les quatre scénarios -
Nombre de km où la norme est dépassée**



ref : scèn. de référence ; veh : mesures sur les véhicules ; urb : mesures de planif. ; ope : mesures de fonct. opérationnel

**Figure 9 : Comparaison de l'impact pour les quatre scénarios -
Nombre de personnes atteintes par une pollution trop importante**



ref : scén. de référence ; veh : mesures sur les véhicules ; urb : mesures de planif. ; ope : mesures de fonct. Opérationnel

7. PROJETS SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION DANS LE SECOND PROJET TRANSPORT URBAIN (*PROJET DE MOBILITE URBAINE*)

Le chapitre 5 a présenté le champ des mesures pouvant mener à une réduction de la pollution due au transport urbain.

Les conséquences des mesures sur les émissions de gaz des véhicules et sur leurs concentrations ont été évaluées dans le chapitre 6, ce qui a permis de relever certaines priorités.

L'objectif de ce chapitre est d'identifier et de définir, conformément à ces priorités, les actions qui peuvent être entreprises, dans le cadre du second projet urbain, pour préparer ou en initier la mise en place. Ces actions font l'objet de fiches de projet synthétiques selon la liste ci-dessous structurée suivant les catégories définies précédemment.

1. Amélioration de la connaissance du problème

- Fiche n° 1.1 : La reconnaissance des sources de pollution
- Fiche n° 1.2 : Le suivi du niveau de pollution
- Fiche n° 1.3 : Impact de la pollution de l'air sur la santé
- Fiche n° 1.4 : Observatoire du trafic

2. Mesures sur les véhicules

- Fiche n° 2.1 : Contrôle technique
- Fiche n° 2.2 : Normes et les aménagements institutionnels

3. Mesures opérationnelles

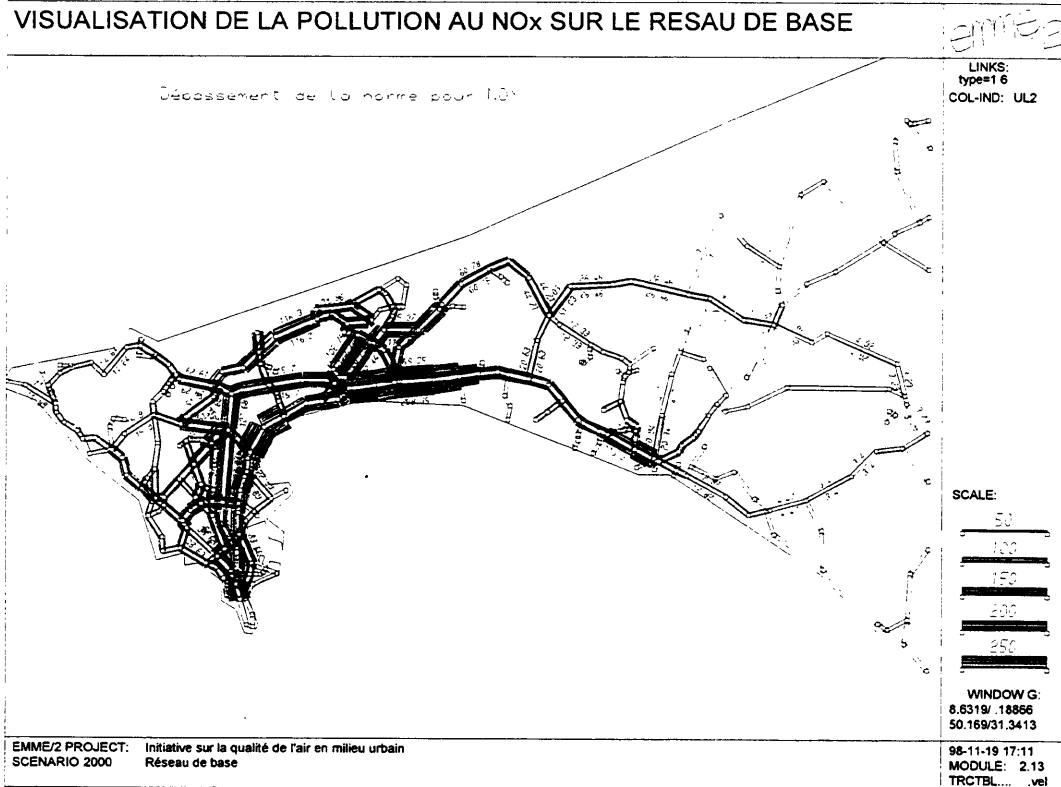
- Fiche n° 3.1 : Réorganisation du transport urbain
- Fiche n° 3.2 : Campagne de sensibilisation au problème de pollution

4. Planification urbaine

- Fiche n° 4.1 : Réorganisation du secteur scolaire
- Fiche n° 4.2 : Délocalisation de centres administratifs

République du Sénégal

Conseil Exécutif des Transports Urbains de Dakar (CETUD)



Etude sur la qualité de l'air en milieu urbain de Dakar

Rapport final
Annexes

Décembre 1998

Annexe. Etude sur la qualité de l' air en milieu urbain de Dakar

Annexe 1: Modèle de représentation du trafic

Annexe 2: Modélisation de l' émission et de la concentration de polluants

Annexe3: Résultats détaillés des calculs sur la qualité de l' air

Annexe 4: Principes de modélisation des trafics résultant des types de mesures analysées

Vertical line on the left side of the page.

ANNEXE 1 MODELE DE REPRESENTATION DU TRAFIC

1 PRINCIPE ET SOURCES DES DONNÉES

La détermination de la pollution engendrée par la circulation automobile (véhicules privés et transports en commun), nécessite de connaître le trafic journalier dans la ville, les véhicules-km parcourus, les vitesses de déplacement et les caractéristiques du parc automobile.

De plus, la détermination des conséquences d'une modification des données actuelles, qui peut faire l'objet de l'évaluation de l'impact d'une mesure, nécessite la génération et l'analyse d'une nouvelle situation du trafic. Un nouveau scénario peut impliquer tant une modification de l'offre (amélioration du réseau, nouvelle stratégie d'exploitation des transports en commun), qu'une modification de la demande (évolution du nombre de déplacements lié à la planification urbaine).

Pour ces raisons, il a semblé nécessaire de développer un outil de simulation de trafic dans les rues de la ville. Celui-ci permettra de lier de manière mathématique le trafic actuellement observé aux données techniques et aux besoins de déplacement de la population.

Habituellement, le développement d'un tel outil est une étude en soi nécessitant des campagnes générales de comptage et enquêtes sur le terrain et dans les ménages. Le cadre de cette étude n'autorisant pas l'utilisation de tels moyens, on a exploité des données existantes actuelles; en particulier celles de l'étude SYSTRA *"Etude sur la restructuration globale des transports en commun"*. Une modélisation même sommaire du trafic permet de garantir l'utilisation d'un ensemble cohérent de flux de trafic sur les liens dépendant d'hypothèses définies et réagissant globalement à toute modification même locale.

Par la suite, rien n'empêche de compléter et de réactualiser le modèle à l'aide de données plus récentes ou plus exhaustives dès qu'elles sont disponibles.

Ainsi, après digitalisation des principaux axes de circulation, on a réalisé une affectation des flux sur le réseau à l'aide du logiciel EMME/2; ces flux sont ceux extraits des données brutes fournies par Systra à savoir :

- la matrice Origine-Destination (O-D) journalière tous modes;
- la matrice tous modes en heure de pointe du matin.

Ces matrices ont été réalisées par Systra après redressement des enquêtes O-D réalisées en janvier 1998.

Ce modèle de simulation de la circulation motorisée à Dakar va permettre de déterminer de façon objective les principales caractéristiques des déplacements motorisés :

- le nombre de véhicules-km parcourus par type, par jour;
- la vitesse et donc le temps de déplacement par type de véhicule.

Ces données dépendantes de la situation simulée serviront à la détermination de la pollution générée par le transport urbain.

2 DESCRIPTION DU MODÈLE ET DONNÉES INTRODUITES

Le modèle de représentation du trafic est réalisé à l'aide du logiciel EMME/2. Dans ce type de modèle, les caractéristiques principales sont:

- l'offre de transport représentée par le réseau routier (ou ferroviaire) et ses caractéristiques ainsi que par les données d'exploitation des lignes de transport en commun (itinéraire, fréquence, ...);
- la demande de déplacements par mode (véhicules privés, déplacements en transport en commun...) représentée sous forme de matrices Origine-Destination (matrice OD). Ces matrices sont en fait des tableaux donnant, pour une période donnée de la journée, le nombre de déplacements prévus, par le mode concerné, entre chaque petite zone de la ville (appelée "centroïde") et toutes les autres zones.

Le modèle permet d'affecter ces demandes de déplacement sur le réseau concerné, de calculer les trajets utilisés et d'en déduire les flux, vitesses et autres caractéristiques sur toutes les branches.

Dans le cas qui nous occupe, et même si l'essentiel du trafic est constitué de divers types de transport en commun, il est apparu plus judicieux de travailler uniquement dans la version "déplacement en voitures particulières" du modèle en assimilant les cars rapides et autres Ndiaga N'Diaye à des véhicules particuliers de forte capacité. En

effet, l'utilisation de l'option "transport en commun" du modèle n'est valable que pour un réseau de TC bien organisé comportant des lignes régulières avec itinéraires et fréquences fixes, ce qui est en fait peu représentatif du comportement des cars rapides et taxis. De plus, les résultats de cette option portent principalement sur l'efficacité des TC. Or les résultats attendus dans le cadre de cette étude sont plus axés sur les déplacements des véhicules de tous types dans les artères de la ville afin d'évaluer leurs impacts sur la pollution de l'air.

2.1. L'OFFRE

Le réseau

Le réseau routier représenté couvre la péninsule de Dakar englobant ainsi les zones urbaines de Dakar ville, de Pikine, de Malika, de Tiaroye, de Rufisque et de Bargny. Sur cette zone, ont été reprises uniquement les voies principales urbaines entre les quartiers et les routes rurales. Le total ainsi représenté atteint environ 340 km de voiries divisés en près de 800 liens unidirectionnels repris directement à partir de la carte routière de la région de Dakar. Les voiries internes aux quartiers, essentiellement non revêtues, ne jouent qu'un rôle très limité dans le trafic général de transit (de zone à zone) et ne sont utilisées en général que pour les déplacements lents de pénétration. En dehors du fait qu'il ne sera jamais possible de détailler suffisamment la demande de déplacements pour simuler ce trafic local, on peut considérer que les effets

de ce type de déplacement sur le niveau général de pollution ou de congestion de la ville reste négligeable.

Sur base de leur importance présumée, les voiries représentées ont été classées en quatre catégories principales, subdivisées selon leur appartenance au milieu urbain et rural. Un certain nombre de caractéristiques y ont été associées :

- la vitesse libre, c'est à dire la vitesse maximale à flux nul;
- la capacité (le nombre de véhicules/heure à partir duquel la réduction de vitesse observée dépasse 50% de la vitesse libre);
- et le nombre de voies disponibles.

Cette répartition du réseau en 4 catégories apparaît sur le **graphique 1**.

Les valeurs globales adoptées sont les suivantes :

Catégorie	Type	Zone	Vitesse libre km/h	Capacité par voie véh/h
Autoroute	2	Urbaine	90	1 000
		Rurale	90	1 000
Grand axe primaire	3	Urbaine	60	1 000
		Rurale	70	1 000
Axe secondaire	4	Urbaine	50	900
		Rurale	60	650
Axe tertiaire	6	Urbaine	30	650
		Rurale	50	650

Pour les besoins de l'analyse de la pollution et de son impact sur la population, il a été nécessaire d'identifier séparément les tronçons de voiries directement bordés de maisons (soit la "zone urbaine") de ceux qui se trouvent dans un paysage ouvert non habité ("zone rurale"). Ce dernier cas se rencontre aussi dans le cas de grands axes proches du centre de la ville, tel l'autoroute près de la "patte d'oie".

2.2 LA DEMANDE DE DÉPLACEMENTS

Les données de base disponibles

Les seules données de base disponibles pour la détermination de la demande de déplacement sont deux matrices OD provenant de l'étude Systra; ces deux matrices donnent :

- *sur l'ensemble de la journée*, les couples de déplacements tous modes confondus (total: 4.312.400 déplacements);
- *pour l'heure de pointe du matin*, les couples de déplacements tous modes confondus de 7h à 8h (total: 909.300 déplacements).

Ces matrices donnent 3844 (62 x 62) valeurs de déplacements sur la région de Dakar divisée en 62 zones dont les centroides sont représentés au **graphique 2**. Les valeurs de génération (origine des déplacements) et d'attraction (destination) figurent au **tableau 3.1**.

Un examen du **graphique 3** d'évolution des déplacements totaux journaliers sur la ville, demi-heure par demi-heure, permet de constater que les différentes situations horaires de trafic peuvent se regrouper en quatre catégories:

- L'heure de pointe du matin entre 7h et 8h, soit plus de 20% des déplacements journaliers en 1 heure;
- La période pointe du soir qui s'étale de 16h à 18h30' soit 2h30';
- Le reste des déplacements, le creux du jour, qui se concentrent principalement entre 6h du matin et 20h soit sur une période de 10h30', périodes de pointe non comprises.
- La période de nuit où les déplacements sont négligeables.

Graphique 3

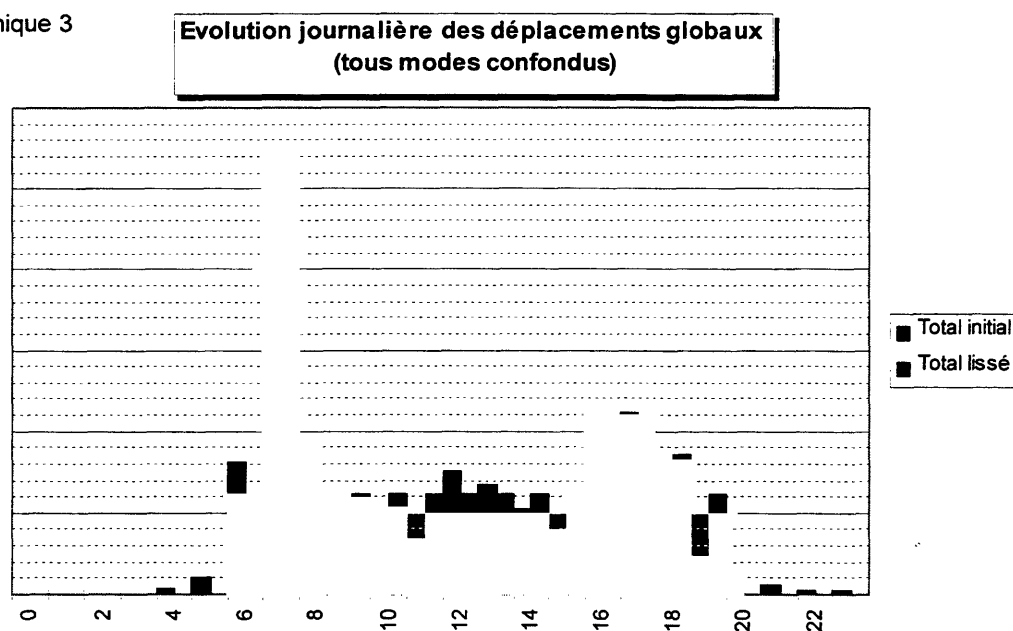


Tableau 3.1. Total des matrices de déplacements tous modes

Zone	Journée		Pointe du matin	
	Génération	Attraction	Génération	Attraction
1	421 879	424 622	18 039	120 087
2	21 261	22 397	6 210	199
3	134 659	138 753	20 829	32 953
4	6 297	6 025	924	249
5	6 983	4 601	2 360	1 239
6	64 383	64 720	841	16 438
7	0	0	0	0
8	59 312	58 254	2 261	21 770
9	50 953	50 633	10 100	8 458
10	66 918	66 005	9 049	16 367
11	50 377	52 700	2 677	20 617
12	27 925	30 658	9 322	613
13	51 458	52 337	5 008	15 625
14	86 333	87 961	1 458	25 060
15	56 316	56 196	8 529	28 954
16	52 012	52 172	16 417	9 869
17	94 571	95 394	20 920	26 503
18	40 581	39 391	17 846	2 247
19	16 117	16 013	3 790	2 382
20	5 819	6 568	520	1 423
21	69 899	69 212	12 482	16 243
22	42 923	44 163	9 014	12 152
23	31 697	31 983	8 341	3 915
24	46 431	46 638	10 726	11 538
25	0	0	0	0
26	25 103	23 268	3 925	9 870
27	53 148	55 248	19 100	8 463
28	79 850	79 036	12 031	13 556
29	26 410	26 419	5 990	2 259
30	9 906	9 535	0	2 013
31	4 629	4 991	446	1 607
32	0	0	0	0
33	69 799	70 698	16 383	7 544
34	19 158	21 003	11 304	2 274
35	93 336	91 459	47 037	8 213
36	45 604	48 515	1 317	12 012
37	15 445	14 579	215	6 930
38	32 226	32 824	8 297	1 353
39	0	0	0	0
40	23 336	23 342	4 778	2 071
41	40 589	40 342	23 235	2 249
42	123 762	125 002	27 322	30 476
43	48 700	48 349	2 751	26 104
44	57 885	57 864	23 194	11 488
45	344 378	340 057	93 201	65 826
46	4 063	2 667	0	535
47	330 997	340 974	41 423	74 562
48	79 152	76 423	19 513	2 605
49	37 148	37 994	10 780	5 373
50	143 751	135 781	26 445	11 874
51	211 139	207 809	69 687	15 849
52	195 731	194 243	71 514	63 742
53	87 113	89 567	18 548	12 639
54	53 384	53 245	29 511	3 138
55	76 166	69 589	33 998	3 624
56	40 139	40 761	9 707	6 445
57	0	0	0	0
58	199 104	199 297	21 981	50 083
59	41 593	40 977	5 550	10 680
60	69 987	70 877	16 624	12 850
61	61 788	59 613	16 835	9 652
62	62 750	62 629	19 033	16 478
Total	4 312 373	4 312 373	909 338	909 338

Définition des déplacements moyens par heure

Ne disposant que de ces 2 matrices de base (en provenance de l'étude Systra) et afin de pouvoir représenter toutes les situations de trafic au cours de la journée, on a construit 3 matrices représentant les déplacements moyens horaires pour chacune des 3 situations caractéristiques de trafic observées.

Il s'agit :

- de la matrice de l'heure de pointe du matin (HPM) déjà existante;
- de la matrice de l'heure de pointe du soir (HPS) obtenue en transposant la matrice HPM et en la divisant par 2,5 (nombre d'heures de la période de pointe du soir);
- de la matrice de l'heure creuse de jour (MC) obtenue par différence entre la matrice journalière et deux fois la matrice HPM, le tout divisé par 10,5 .

Les totaux de déplacements ainsi obtenus sont environ :

- HPM 909 300
- HPS 363 700
- MC 238 700

Le **tableau 3.2** et les **graphiques correspondants** donnent et illustrent les déplacements horaires moyens, tous modes confondus, pour chacune des 3 situations caractéristiques du trafic (HPM, HPS, HC).

La répartition modale

L'étape suivante consiste à répartir ces déplacements horaires moyens sur les différents modes de déplacement (répartition modale). Etant donné que les motifs de déplacement sont différents au cours de la journée, les modes de déplacements peuvent varier au cours de la journée. De plus la répartition modale ne peut être uniforme sur l'ensemble de la ville, car elle est conditionnée par l'offre de transport qui peut être différente de quartier à quartier. Pour ce faire, on a exploité 2 graphiques de l'étude Systra qui donnent une répartition de ces déplacements suivant un certain nombre de modes : la marche à pied, les charrettes, les deux roues, le PTB, et les différents moyens de transport motorisés (véhicules privés, taxis, cars rapides, bus SOTRAC...).

Tableau 3.2. Trois matrices de base: déplacements moyens en 1 heure tous modes

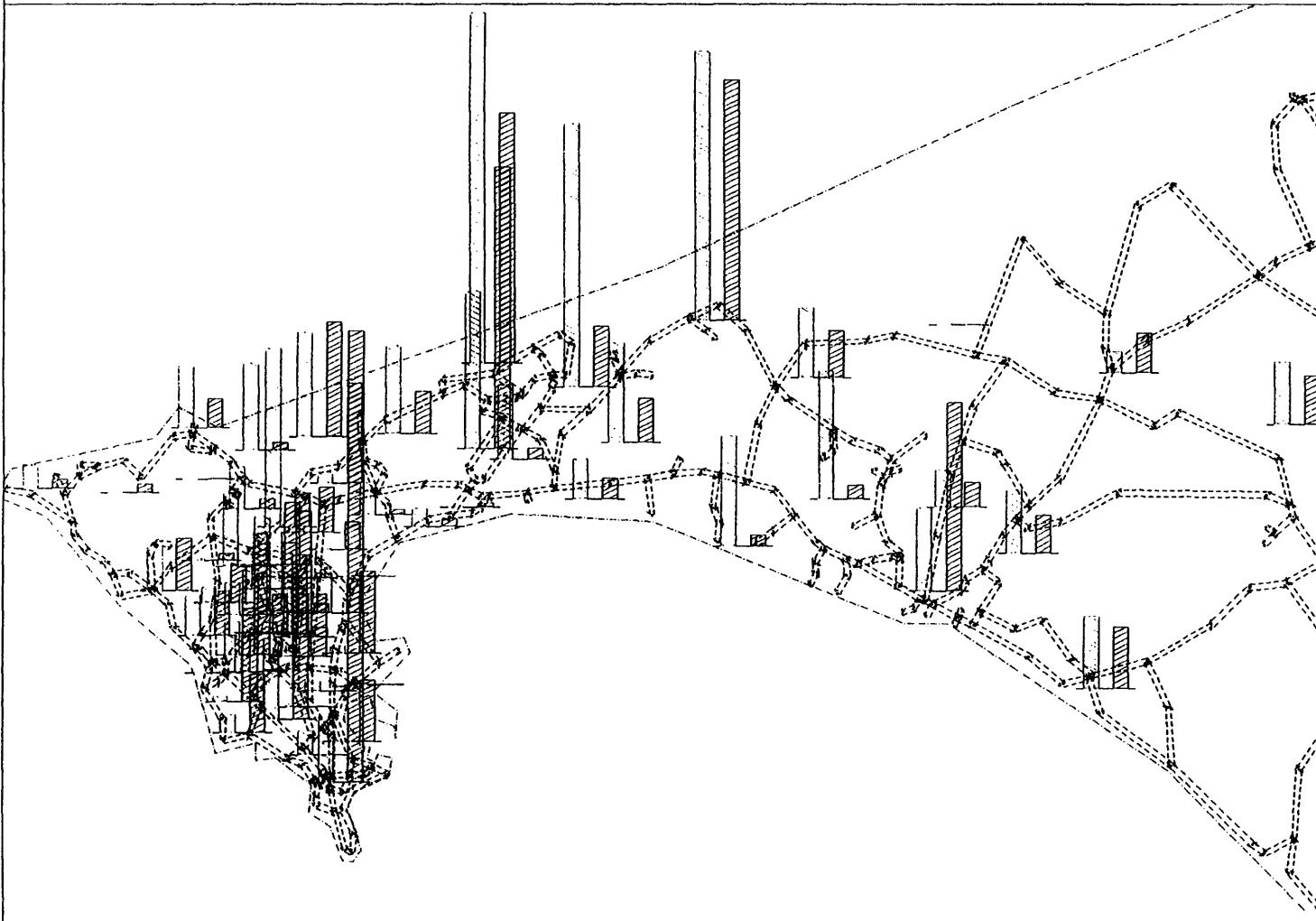
Zone	Heure de pointe du matin (HPM)		Heure de pointe du soir (HPS)		Creux du jour (MC)	
	Origine	Destination	Origine	Destination	Origine	Destination
1	18 039	120 087	48 035	7 216	27 193	27 285
2	6 210	199	80	2 484	1 415	1 546
3	20 829	32 953	13 181	8 332	7 703	8 092
4	924	249	100	370	488	476
5	2 360	1 239	496	944	305	407
6	841	16 438	6 575	336	4 505	4 518
7	0	0	0	0	0	0
8	2 261	21 770	8 708	904	3 417	3 260
9	10 100	8 458	3 383	4 040	3 100	3 065
10	9 049	16 367	6 547	3 620	3 999	3 866
11	2 677	20 617	8 247	1 071	2 659	2 801
12	9 322	613	245	3 729	1 714	1 974
13	5 008	15 625	6 250	2 003	2 988	3 028
14	1 458	25 060	10 024	583	5 807	5 853
15	8 529	28 954	11 582	3 412	1 840	1 790
16	16 417	9 869	3 948	6 567	2 450	2 475
17	20 920	26 503	10 601	8 368	4 495	4 569
18	17 846	2 247	899	7 138	2 008	1 873
19	3 790	2 382	953	1 516	947	971
20	520	1 423	569	208	382	441
21	12 482	16 243	6 497	4 993	3 921	3 856
22	9 014	12 152	4 861	3 606	2 072	2 195
23	8 341	3 915	1 566	3 336	1 852	1 879
24	10 726	11 538	4 615	4 290	2 314	2 321
25	0	0	0	0	0	0
26	3 925	9 870	3 948	1 570	1 077	902
27	19 100	8 463	3 385	7 640	2 437	2 656
28	12 031	13 556	5 422	4 812	5 216	5 126
29	5 990	2 259	904	2 396	1 753	1 745
30	0	2 013	805	0	752	716
31	446	1 607	643	178	261	295
32	0	0	0	0	0	0
33	16 383	7 544	3 018	6 553	4 376	4 454
34	11 304	2 274	910	4 522	621	715
35	47 037	8 213	3 285	18 815	3 663	3 473
36	1 317	12 012	4 805	527	3 126	3 351
37	215	6 930	2 772	86	829	710
38	8 297	1 353	541	3 319	2 159	2 207
39	0	0	0	0	0	0
40	4 778	2 071	828	1 911	1 570	1 571
41	23 235	2 249	900	9 294	1 456	1 418
42	27 322	30 476	12 190	10 929	6 242	6 400
43	2 751	26 104	10 442	1 100	1 934	1 863
44	23 194	11 488	4 595	9 278	2 238	2 297
45	93 201	65 826	26 330	37 280	17 616	17 296
46	0	535	214	0	389	203
47	41 423	74 562	29 825	16 569	20 449	21 430
48	19 513	2 605	1 042	7 805	5 454	5 172
49	10 780	5 373	2 149	4 312	2 040	2 080
50	26 445	11 874	4 750	10 578	10 038	9 347
51	69 687	15 849	6 340	27 875	12 014	11 706
52	71 514	63 742	25 497	28 606	5 760	5 669
53	18 548	12 639	5 056	7 419	5 329	5 600
54	29 511	3 138	1 255	11 804	1 983	1 969
55	33 998	3 624	1 450	13 599	3 679	3 211
56	9 707	6 445	2 578	3 883	2 291	2 370
57	0	0	0	0	21	0
58	21 981	50 083	20 033	8 792	12 080	12 124
59	5 550	10 680	4 272	2 220	2 438	2 386
60	16 624	12 850	5 140	6 650	3 867	3 943
61	16 835	9 652	3 861	6 734	3 361	3 155
62	19 033	16 478	6 591	7 613	2 609	2 595
Total	909 338	909 338	363 735	363 735	238 698	238 698

PLOT MATRIX: MF02: HPM1HT

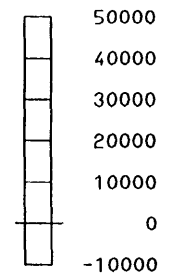
TOTAL FOR ORIGIN AND DESTINATION

EMME/2

PLOT MATRIX:
mf02: HPM1Ht
LINKS:
type=1 6



SCALE: 400



WINDOW G:
8.6319/ .18866
50.169/31.3413

graphique HPM

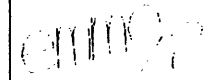
Tractebel Development Engineering

EMME/2 PROJECT: Coût du dysfonctionnement du transport à Dakar
SCENARIO 2000: Réseau corrigé in situ
MATRIX mf02: HPM1Ht HPM Déplacements en 1H tous modes

98-10-15 09:53
MODULE: 3.13
TRCTBL.....vet

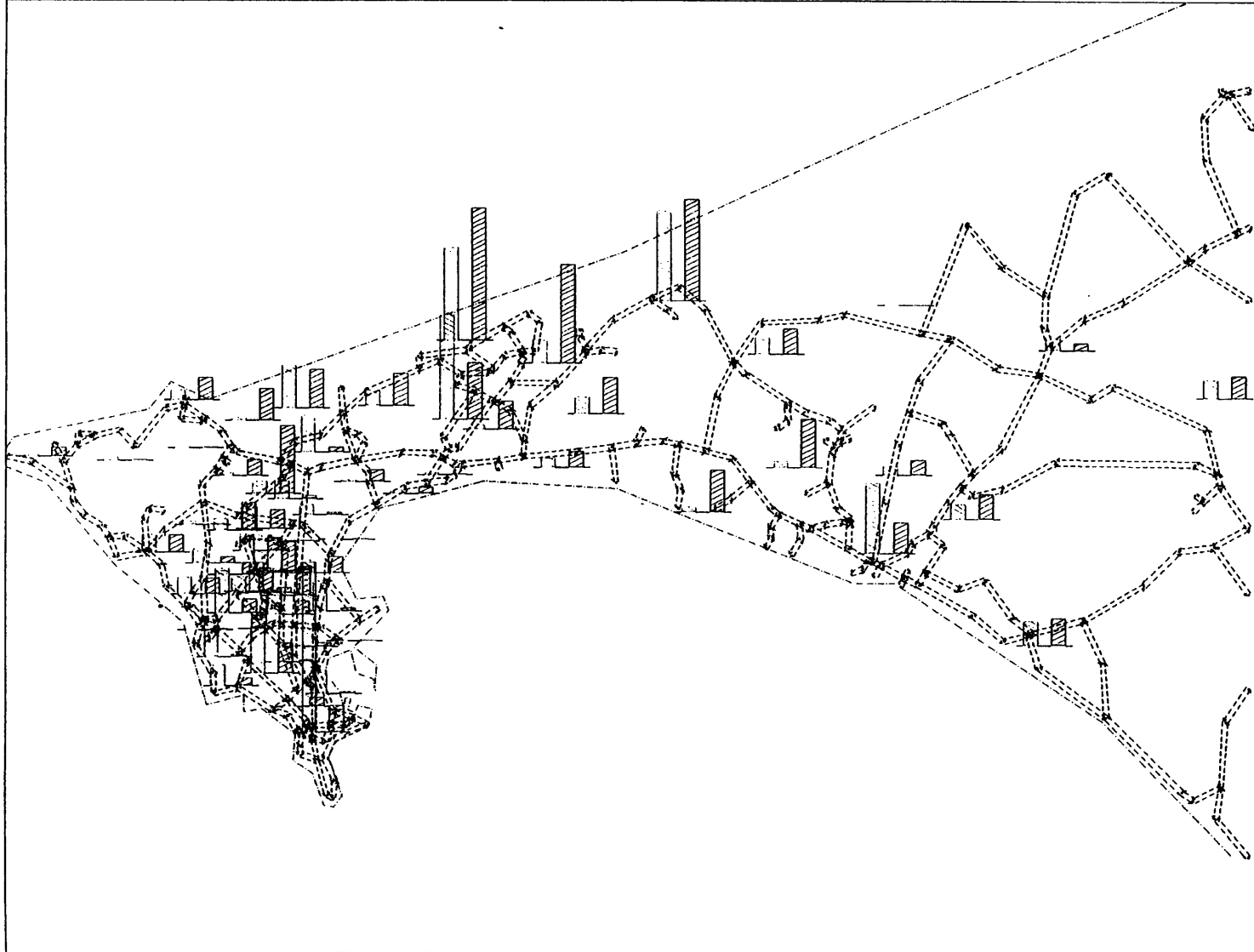
PLOT MATRIX: MF03: HPS1HT

TOTAL FOR ORIGIN AND DESTINATION

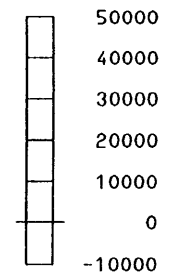


PLOT MATRIX:
mf03: HPS1Ht

LINKS:
type=1 6



SCALE: 400



WINDOW G:
8.6319/ .18866
50.169/31.3413

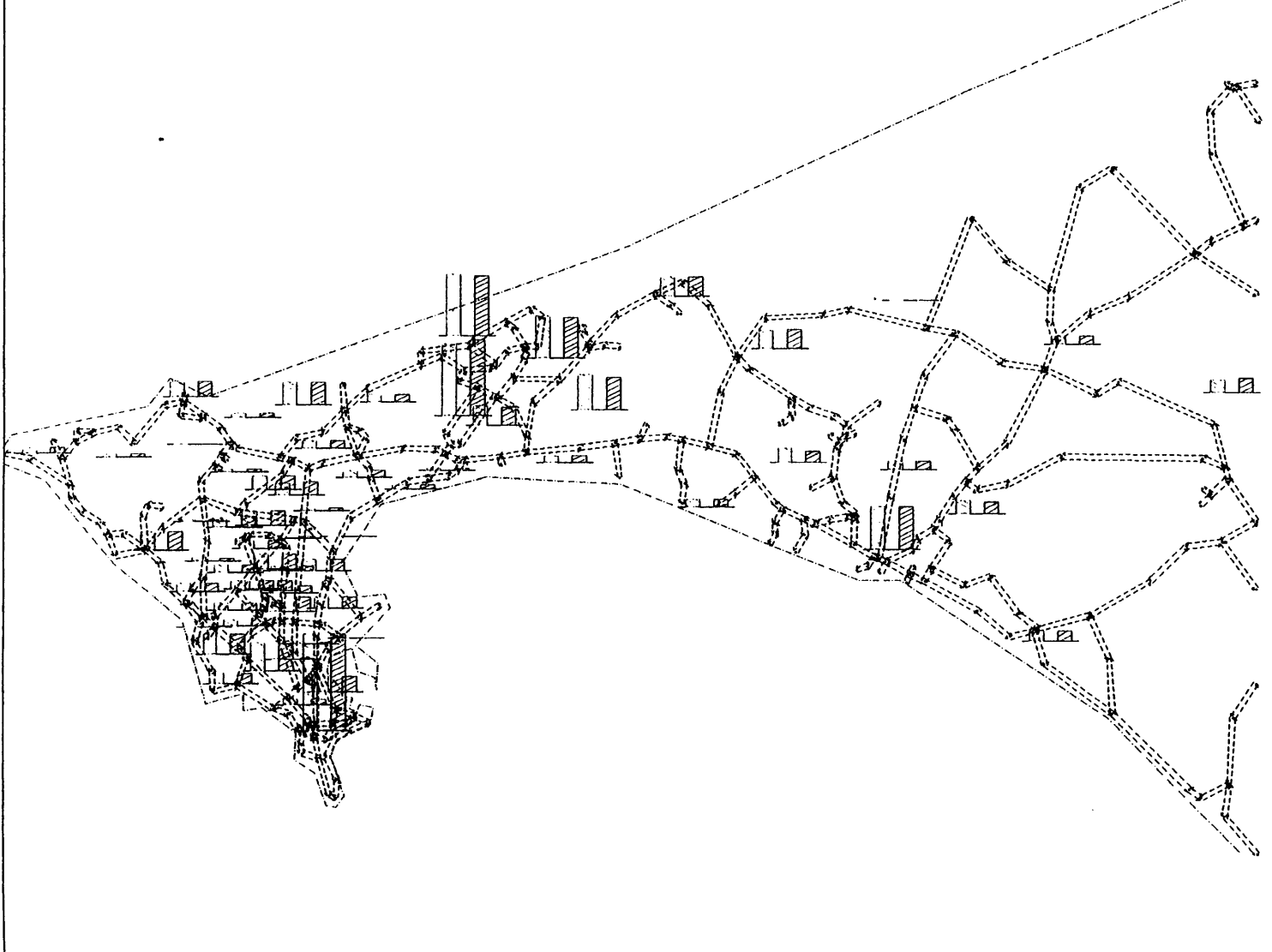
EMME/2 PROJECT: Coût du dysfonctionnement du transport à Dakar
SCENARIO 2000: Réseau corrigé in situ
MATRIX mf03: HPS1Ht HPS Déplacements en 1H tous modes

98-10-15 09:54
MODULE: 3.13
TRCTBL.....vel

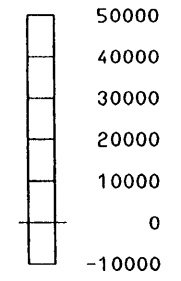
PLOT MATRIX: MF04: MC1HT.
TOTAL FOR ORIGIN AND DESTINATION

emme/2

PLOT MATRIX:
mf04: MC1Ht
LINKS:
type=1 6



SCALE: 400



WINDOW G:
8.6319/ .18866
50.169/31.3413

EMME/2 PROJECT: Coût du dysfonctionnement du transport à Dakar
SCENARIO 2000: Réseau corrigé in situ
MATRIX mf04: MC1Ht MC Déplacements en 1H tous modes

98-10-15 09:55
MODULE: 3.13
TRCTBL.....vel

Le *premier graphique* présente une répartition globale des déplacements, par mode, pour la ville, et à chaque heure de la journée. Le *second graphique* ne concerne que l'heure de pointe du matin (1 heure entre 7 et 8h) et donne la répartition modale spécifique et différente pour chaque zone (ou groupe de zones).

Dans les deux cas, on constate que les déplacements motorisés représentent grosso modo 70% de l'ensemble, la marche à pied 25% et le reste étant constitué des déplacements en deux roues, charrettes et train.

La construction des matrices par mode est expliquée ci-après :

a. Construction des matrices par mode de HPM

En appliquant zone par zone, c'est-à-dire à chacune des 3844 valeurs de la matrice de l'heure de pointe du matin, la répartition modale des déplacements motorisés observée par groupe de zones (origines de déplacement) dans le deuxième graphique, on obtient, pour chaque mode, 8 matrices de déplacements pour 8 catégories de véhicules dont les totaux sont les suivants :

	Déplacements motorisés	part (%)
Voiture particulière	40 691	4,5
bus SOTRAC	95 660	10,5
bus de ramassage	39 447	4,3
Ndiaga N'Diaye	137 438	15,1
Car rapide	286 987	31,6
Taxi compteur	10 494	1,1
Taxi clando	35 858	3,9
Taxi collectif	<u>1 505</u>	<u>0,2</u>
Total	648 075	71,3

b. Construction de la matrice de creux par mode

A défaut d'informations complémentaires, la répartition modale de la matrice de creux (MC) est réalisée suivant le même principe et avec les mêmes coefficients que pour celle de la pointe du matin.

c. Pour la matrice du soir (HPS), on applique la même répartition mais en considérant cette fois les destinations au lieu des origines des déplacements. Un coefficient de correction est ensuite appliqué à chaque matrice pour que la distribution des différents totaux des matrices modales coïncident avec la répartition modale globale sur la ville.

La détermination du nombre de véhicules

Pour transformer ces déplacements en véhicules, on divise les matrices par une occupation standard définie comme suit :

	Pointe matin	Pointe soir	creux de jour
Voiture particulière	2	2	1
bus SOTRAC	40	30	25
bus de ramassage	40	30	25
Ndiaga N'Diaye	42	40	30
Car rapide	25	25	20
Taxi compteur	2	2	1
Taxi clando	5	5	3
Taxi collectif	5	5	3

Ces chiffres sont des estimations de taux d'occupation moyens basés sur les capacités des véhicules. Des enquêtes complémentaires de terrain devraient permettre d'obtenir des chiffres plus précis; celles-ci n'ont pas pu être réalisées dans le cadre de cette étude. On peut considérer que ces estimations sont correctes. Si les chiffres de la Sotrac paraissent sous-évalués, des chiffres plus précis ne devraient pas influencer les résultats finals étant donné la faible part de la Sotrac dans le trafic total.

2.3. AFFECTATION SUR RÉSEAU

Principe

Pour chaque situation retenue (HPM, HPS, HC), on affecte sur le réseau de manière conjointe les 8 matrices modales du modèle (Multi-Class Assignment). Pour chaque classe de véhicules, le modèle recherche pour chaque déplacement OD le chemin le plus court en temps tout en tenant compte des ralentissements engendrés sur les liens par le flot global des véhicules du même type et des autres types.

Ces ralentissements sont fonction du volume de trafic et des caractéristiques des liens (nombre de voies, vitesse libre, capacité par voie, etc.)

Le processus d'affectation est donc itératif et le modèle recherche le temps total minimal de déplacements en répartissant les flux élémentaires entre deux zones sur plusieurs chemins parallèles de manière à ce que les temps de trajets deviennent équivalents (affectation à l'équilibre).

Les résultats de ces trois affectations sont présentés sur les **graphiques 4 à 6**.

A noter que dans ces graphiques, les valeurs affichées représentent un nombre de véhicules par lien et non le nombre de personnes déplacées. Ainsi des mêmes valeurs pour des types de véhicules différents représentent donc des nombres de déplacements différents.

Calibrage sur l'heure de pointe du matin

Pour valider la démarche utilisée, il convient de comparer le trafic de l'heure de pointe du matin (soit 1h. entre 7 et 8h du matin) obtenus par EMME2 à des résultats de comptage réalisés par SYSTRA. Dans leur étude figurent les résultats des comptages à des postes situés sur 6 lignes écrans (Screen Lines) disposées à travers le réseau (voir **graphique 7**). Ces comptages de personnes couvrent une période de 6h du matin à 14h30 et donnent des résultats globaux par ligne écran non différenciés heure par heure; ils ne donnent donc pas les comptages spécifiques à l'heure de pointe, objet de la comparaison. Il s'agit donc de ne retenir de ces comptages que le trafic de l'heure de pointe. Pour ce faire et à défaut et pour que les valeurs des comptages soient proches de celles de l'heure de pointe, on a appliqué aux chiffres des comptages de chaque Screen Line un pourcentage identique, soit 33%. Ce taux représente la part du trafic de l'heure de pointe par rapport au total du trafic (déplacements globaux tous modes confondus, cf. graphique 3 de l'annexe 4) de la période allant de 6h à 14h30 ayant fait l'objet du comptage.

Le **tableau 3.3** présente une comparaison des trafics de personnes (en VP et en TC) comptés (screen line) et calculés par le modèle. On remarque une bonne correspondance pour les lignes proches du centre de la ville (screen lines écran A et B). Par contre, on observe de plus grandes différences sur les "Screen Lines" plus éloignées du centre. Ces différences s'expliquent par le fait qu'on a appliqué un même pourcentage *moyen* de 33% sur les comptages de chaque "Screen Line. Ce taux est plus caractéristique de la situation du trafic au centre ville et devrait être normalement plus élevé dans les zones plus éloignées du centre où il y a une part prépondérante de déplacements à l'heure de pointe (trajets vers Dakar) que dans l'ensemble de la ville où le trafic reste dense également aux autres heures de la journée.

La bonne correspondance des chiffres sur les lignes A et B permet de valider le modèle.

3. RÉSULTATS

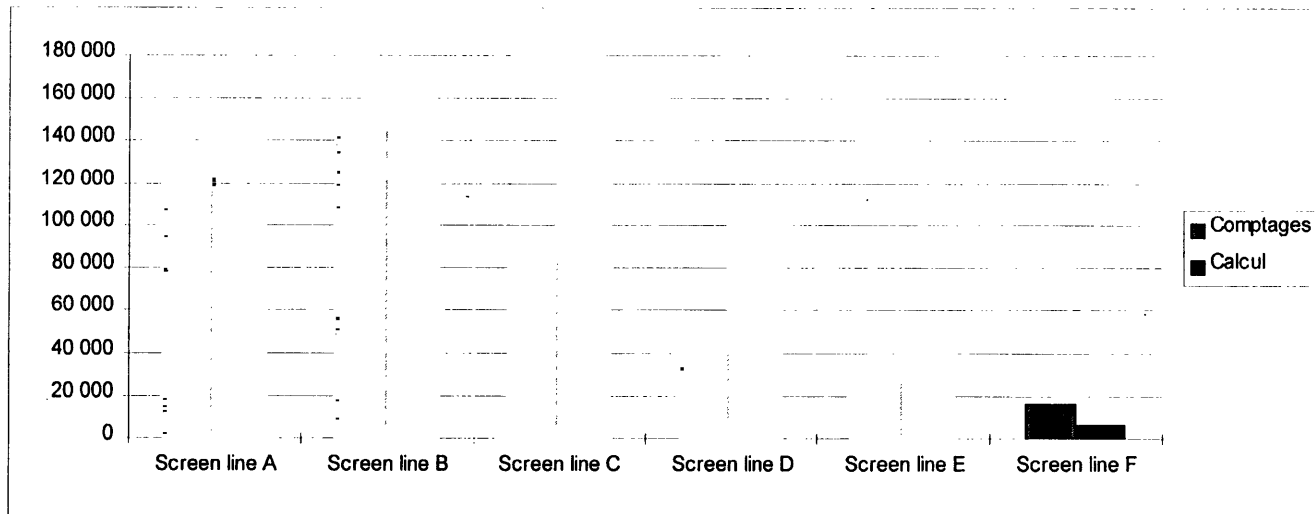
Le modèle permet d'obtenir pour chaque lien et pour chaque sens :

- des informations de base sur le lien (longueur en km, nombre de bandes, type, zone...);
- le temps de parcours (et donc la vitesse moyenne des véhicules);
- les volumes de véhicules de chacune des 8 catégories.

Chaque affectation d'une des trois situations de base produit donc un fichier contenant 800 lignes d'information d'environ 15 valeurs. Ces informations provenant de EMME2 peuvent être importées dans tout autre programme pour traitement postérieur.

Tableau 3.2 Comparaison par ligne écran entre les trafics de personnes (en VP et en TC) comptés (étude SYSTRA) et calculés (EMME2)

	Comptages			Calculs			Différence			Diff %		
	Heure de pointe du matin			Heure de pointe du matin								
	V.P	T.C	Total	V.P	T.C	Total	VP	TC	Total	VP	TC	Total
Screen line A	39 072	85 884	124 956	17 076	100 901	117 977	-21 996	15 018	-6 979	-56%	17%	-6%
Screen line B	40 376	105 588	145 965	21 765	125 374	147 139	-18 611	19 786	1 175	-46%	19%	1%
Screen line C	12 667	77 942	90 609	22 937	150 626	173 563	10 270	72 684	82 954	81%	93%	92%
Screen line D	8 329	32 527	40 856	11 509	103 967	115 476	3 180	71 441	74 620	38%	220%	183%
Screen line E	4 942	21 769	26 711	5 247	48 656	53 903	305	26 887	27 191	6%	124%	102%
Screen line F	6 060	9 829	15 889	410	6 268	6 678	-5 650	-3 561	-9 210	-93%	-36%	-58%
Total	111 447	333 539	444 985	78 944	535 793	614 737	-32 503	202 254	169 751	-29%	61%	38%





ANNEXE 2: LA MODÉLISATION DE L'ÉMISSION ET DE LA CONCENTRATION DE POLLUANTS

2.1: EMISSIONS: LE PROGRAMME CORINAIR

Le programme CORINAIR fait partie du programme CORINE (COoRdination d'INformation Environnementale) destiné à rassembler, coordonner et assurer une cohérence des informations relatives à l'état de l'environnement dans la Communauté Européenne. CORINAIR est l'inventaire des émissions dans l'air du programme CORINE¹.

Le programme CORINAIR est un recensement des émissions de polluants atmosphériques dues aux différents secteurs d'activité économiques. Parmi les secteurs pris en compte dans ce programme, on retrouve le secteur des transports par route.

Le programme CORINAIR définit

- pour les différentes catégories de véhicules et,
- pour chacune d'elle, une formule permettant de calculer le facteur d'émission en fonction de la vitesse du véhicule.

2.1.1 LES CATÉGORIES DE VÉHICULES DU PROGRAMME CORINAIR

Les catégories et sous-catégories prises en compte sont les suivantes :

- catégories principales :
 - les voitures personnelles;
 - les véhicules légers à usage commercial < 3,5 T (type camionnette);
 - les véhicules lourds à usage commercial > 3,5 T (type camions);
 - les bus;
- sous-catégories définies pour les voitures personnelles, en fonction :
 - de la cylindrée (< 1,4 litre; compris entre 1,4 et 2 litres; > 2 litres)
 - de la norme suivant laquelle la voiture a été homologuée
 - du type de carburant (essence ou diesel).

¹ European Commission's CORINAIR Programme. Working Group On Emission Factors for Calculating 1990 Emissions from Road Transport, 1993, Volume 1 : Methodology and Emission Factors

- sous-catégories définies pour les véhicules légers à usage commercial, en fonction du type de carburant essence ou diesel
- sous-catégories définies pour les véhicules lourds à usage commercial en fonction du carburant et du poids : véhicule essence < 3,5 T; véhicule diesel 3,5 - 16 T; véhicule diesel > 16 T.

Il est donc clair que l'émission totale due à la circulation est fonction du parc de véhicules. Pour ce qui concerne les catégories, les résultats du modèle EMME2 ont été repris lien par lien. Pour ce qui concerne les sous-catégories, les données suivantes ont été utilisées.

Tableau 1. : Paramètres concernant le parc de véhicules

Paramètre		Répartition
Voitures personnelles : âge	> 20 ans	12 %
	10 à 20 ans	59 %
	< 10 ans	29 %
	Total	100 %
Voitures personnelles : carburant	essence - sans pot catalytique	67 %
	essence - pot catalytique	0 %
	diesel	33 %
	Total	100 %
Minibus carburant :	essence	10 %
	diesel	90 %
	Total	100 %
Poids lourds/bus : carburant	essence	0 %
	diesel	100 %
	Total	100 %

2.1.2. LES POLLUANTS DU PROGRAMME CORINAIR

Les formules de calcul du programme CORINAIR sont disponibles pour le CO, les composés organiques volatiles (COV), les oxydes d'azote (NO_x) et la consommation de carburant. Pour les véhicules diesel, il y a également une formule disponible pour l'émission de particules.

En ce qui concerne l'émission des particules, il convient de remarquer que les particules d'une taille supérieure à 10 µm tombent rapidement au voisinage de la source et sédimentent. Par contre, les particules inférieures à 10 µm de diamètre (PM₁₀) ont une vitesse de chute négligeable par rapport aux mouvements de convection de l'air et peuvent rester en suspension dans l'air (particules en suspension). Ils sont donc assimilables aux produits gazeux et se comportent comme eux. Ceci signifie également que ces particules peuvent être inhalées et que c'est, du point de vue impact sur la santé humaine, cette fraction qui doit être prise en compte. Toutes ces particules émises par les véhicules sont en général considérées comme des particules du type PM₁₀.

Pour ce qui concerne l'émission de SO₂, la consommation et le taux de soufre permettent d'évaluer la quantité émise. La teneur en soufre retenue pour les calculs est 1%. Ceci correspond à la valeur maximale suivant les spécifications pour le gas-oil au Sénégal.

Ainsi, sur base des informations données par CORINAIR et les résultats des calculs en EMME2, on a pu estimer les quantités de rejets pour 5 types de polluants :

- Monoxyde de carbone (CO) ;
- Oxydes d'azote (NO_x) ;
- Hydrocarbures (HC) ;
- Dioxyde de soufre (SO₂) ;
- Les particules en suspension d'un diamètre inférieur à 10 µm .

2.2 MODÉLISATION DE LA DISPERSION OU POLLUTION DE L'AIR

Le modèle développé par Tractebel Environnement est de type '*Canyon*'. Il représente la dispersion des polluants émis par les véhicules circulant dans une rue bordée de bâtiments.

Les données les plus importantes prises en compte sont :

- les caractéristiques de la rue : largeur de la rue, hauteur des bâtiments;
- les données météorologiques : vitesse du vent et direction du vent par rapport à la rue;
- l'émission calculée suivant la méthode exposée au point 6.1.2.

Le modèle rend le niveau de pollution dans la fonction en fonction de la position dans le canyon (hauteur, distance par rapport au bâtiment).

Le vent est un paramètre important dans la dispersion des polluants. La situation de Dakar sur la côte, dans un relief sans obstacles sous l'influence des vents maritimes, facilite la dispersion des polluants. Il faut cependant remarquer qu'il semble exister durant six mois par an (de janvier à juin) une inversion de température de l'air, et ce de manière quasi permanente le matin². Cette inversion, est situé entre quelques mètres et 500 m de hauteur et a comme conséquence de maintenir la pollution due au trafic dans les couches basses de l'atmosphère et ce jusque vers midi.

Cette situation particulière entraîne probablement une mauvaise dispersion des polluants à l'échelle de l'ensemble de la ville six mois par an, le matin. L'après-midi et les mois où il n'y a pas d'inversion, l'influence des vents permet cependant une assez bonne dispersion au niveau de la ville, même si localement des pics de pollutions peuvent être enregistrés à la suite de la configuration de certaines rues.

Les calculs de dispersion ont été réalisés sur tous les axes du réseau tel que défini en EMME2. Cette façon de travailler permet d'abord d'identifier les problèmes et ensuite de les localiser. Une attention particulière à néanmoins été portée aux axes urbains du modèle, étant donné que la majorité de la population se trouve le long des ces axes. Par conséquent, c'est surtout la pollution atmosphérique le long de ces axes qui est à la base des problèmes de santé.

Pour calculer la concentration des différents polluants dans l'atmosphère, les hypothèses suivantes ont été reprises :

- la largeur de route est fonction du type de route :
⇒ autoroute urbaine : largeur = 40 m

² Cf. Inversion de température et microclimat - Mémoire de fin d'études de Daouda Badiane '10/7/1981) Université de Dakar, Département Météorologique)

- ⇒ grand axe primaire urbain : largeur = 20 m
- ⇒ axe secondaire urbain : largeur = 12 m
- ⇒ axe tertiaire urbain : largeur = 12 m

- La hauteur des immeubles : 15 m
- Vitesse du vent : 4,9 m/s. Cette vitesse correspond à la vitesse moyenne du vent à Dakar. En plus, le vent a été considéré perpendiculaire à l'axe de la rue dans tous les cas, ce qui correspond à la situation la plus mauvaise du point de vue diffusion ou ventilation de la rue.

Etant donné que le niveau de pollution est fonction de la position à l'intérieur du canyon, le niveau de pollution pour une hauteur de 1,70 m en bordure de la rue a été retenu dans les évaluations ci-après. Ceci correspond plus ou moins à l'air qui est respiré par les gens se trouvant dans la rue.

Le niveau de pollution ainsi obtenu est ensuite comparé aux normes telles que décrites dans le chapitre 2. Finalement, le modèle donne, par secteur et par polluant, les résultats suivants :

- la concentration du polluant dans l'atmosphère ;
- le nombre de km de rue avec un niveau de pollution dépassant la norme ;
- le nombre de personnes qui subissent une pollution trop importante dans l'hypothèse que la population est répartie de façon uniforme, dans chaque secteur urbain, le long des axes urbains. Cette répartition de population a été exécutée et tenant compte des données reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2. : Répartition de la population et des routes modélisées par secteur

	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5
Longueur en km des 'axes urbains' retenus	71	16	38	16	0
Nombre d'habitants	606 700	253 700	1 015 500	242 200	58 300

1000

Annexe 3 : Résultats détaillés des calculs de qualité de l'air

Scénario de référence						
Emission de CO						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	6326	2046	4751	687	302	14112
heure de pointe de soir (kg/h)	1340	496	1135	174	82	3227
le creux du jour (kg/h)	975	375	1042	145	74	2611
journee (kg/24h)	19914	7224	18530	2645	1284	49595

Scénario de référence						
Concentration maximale de CO dans la zone concernée (µg/Nm ³)						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	7554	5931	9380	6380	630	9380
heure de pointe de soir	4413	1840	2801	2801	119	4413
le creux du jour	2530	1642	4533	4533	152	4533
journee	1832	1157	2578	1161	105	2578

Scénario de référence						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Scénario de référence						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de CO trop importante						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Scénario de référence						
Emission de NOx						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	588	281	500	104	60	1533
heure de pointe de soir (kg/h)	253	107	222	42	23	647
le creux du jour (kg/h)	264	96	234	36	22	652
journee (kg/24h)	3993	1557	3512	587	349	9997

Scénario de référence						
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	732	406	728	524	83	732
heure de pointe de soir	297	200	300	220	32	300
le creux du jour	413	237	496	255	45	496
journee	238	137	272	156	26	272

Scénario de référence						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	30	12	22	4	0	68
heure de pointe de soir	3	0	6	1	0	10
le creux du jour	56	19	47	8	3	133
journee	49	16	40	5	0	110

Scénario de référence						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de NOx trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	198748	136128	521235	61619	0	917730
heure de pointe de soir	28368	0	165289	14152	0	207809
le creux du jour	376241	136128	791732	116014	0	1420115
journee	312992	136128	731384	61619	0	1242123

Scénario de référence						
Emission de HC						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	659	224	502	76	35	1496
heure de pointe de soir (kg/h)	155	59	133	21	10	378
le creux du jour (kg/h)	120	46	125	18	9	318
journee (kg/24h)	2307	855	2147	318	155	5780

Scénario de référence						
Concentration maximale de HC dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	746	596	953	706	70	953
heure de pointe de soir	442	192	287	166	15	442
le creux du jour	269	184	471	186	19	471
journee	192	125	267	128	13	267

Scénario de référence						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Scénario de référence						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de HC trop importante						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Scénario de référence						
Emission de SO2						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	308	143	266	55	30	802
heure de pointe de soir (kg/h)	123	49	112	22	11	317
le creux du jour (kg/h)	121	42	112	17	10	302
journee (kg/24h)	1886	707	1722	289	163	4766

Scénario de référence						
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	399	221	398	292	44	399
heure de pointe de soir	169	108	160	122	15	169
le creux du jour	217	122	256	136	20	256
journee	125	71	142	85	12	142

Scénario de référence						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	3	0	3	0	0	6
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	33	10	32	3	0	78
journee	18	5	17	2	0	42

Scénario de référence						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de SO2 trop importante						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	28368	0	77438	0	0	105806
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	194120	113733	662225	38622	0	1008700
journee	92132	70063	444331	35232	0	641758

Scénario de référence						
Emission de PM10						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	61	28	52	10	6	157
heure de pointe de soir (kg/h)	24	10	21	4	2	61
le creux du jour (kg/h)	24	8	22	3	2	59
journee (kg/24h)	373	137	336	52	32	929

Scénario de référence						
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	79	44	78	57	8	79
heure de pointe de soir	32	22	30	23	3	32
le creux du jour	44	24	50	26	4	50
journee	25	14	28	16	2	28

Scénario de référence						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Scénario de référence						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de PM10 trop importante						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Parc des véhicules						
Emission de CO						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	4711	1503	3566	525	216	10521
heure de pointe de soir (kg/h)	788	290	683	118	53	1932
le creux du jour (kg/h)	608	221	622	94	47	1592
journée (kg/24h)	13065	4549	11805	1807	842	32067

Parc des véhicules						
Concentration maximale de CO dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	5852	4544	7195	5406	447	7195
heure de pointe de soir	2487	1008	1573	884	73	2487
le creux du jour	1673	662	1803	698	64	1803
journée	1196	584	1184	623	54	1196

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journée	0	0	0	0	0	0

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de CO trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journée	0	0	0	0	0	0

Parc des véhicules						
Emission de NOx						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	401	184	328	71	39	1023
heure de pointe de soir (kg/h)	168	67	142	28	14	419
le creux du jour (kg/h)	172	61	150	24	13	420
journee (kg/24h)	2627	992	2258	393	211	6481

Parc des véhicules						
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	399	284	486	356	52	486
heure de pointe de soir	164	103	198	148	19	198
le creux du jour	180	125	233	127	18	233
journee	112	74	139	86	12	139

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	14	2	10	2	0	28
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	37	12	34	4	0	87
journee	23	5	20	3	0	51

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de NOx trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	69163	16316	252340	35232	0	373051
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	218203	113733	703614	49236	0	1084786
journee	125300	70063	502009	38622	0	735994

Parc des véhicules						
Emission de HC						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	525	177	399	62	28	1191
heure de pointe de soir (kg/h)	105	39	90	16	7	257
le creux du jour (kg/h)	85	31	85	13	7	221
journee (kg/24h)	1680	600	1517	239	119	4154

Parc des véhicules						
Concentration maximale de HC dans la zone concernée ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	598	477	761	566	55	761
heure de pointe de soir	265	118	175	112	10	265
le creux du jour	193	86	208	91	9	208
journee	134	70	134	75	7	134

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de HC trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Parc des véhicules						
Emission de SO2						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	42	19	35	7	4	107
heure de pointe de soir (kg/h)	18	7	15	3	1	44
le creux du jour (kg/h)	17	6	16	2	1	42
journee (kg/24h)	266	100	236	36	17	658

Parc des véhicules						
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	47	31	54	40	5	54
heure de pointe de soir	21	12	23	18	2	23
le creux du jour	22	13	26	14	2	26
journee	14	8	16	10	1	16

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de SO2 trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Parc des véhicules						
Emission de PM10						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	37	17	31	6	3	94
heure de pointe de soir (kg/h)	15	6	13	2	1	37
le creux du jour (kg/h)	15	5	13	2	1	36
journee (kg/24h)	232	85	200	32	16	565

Parc des véhicules						
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	39	28	47	36	5	47
heure de pointe de soir	17	10	20	15	1	20
le creux du jour	18	12	23	13	1	23
journee	11	7	14	9	1	14

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de PM10 trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Parc des véhicules						
Emission de CO par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-26%	-27%	-25%	-24%	-28%	-25%
heure de pointe de soir (kg/h)	-41%	-42%	-40%	-32%	-35%	-40%
le creux du jour (kg/h)	-38%	-41%	-40%	-35%	-36%	-39%
journee (kg/24h)	-34%	-37%	-36%	-32%	-34%	-35%

Parc des véhicules						
Concentration maximale de CO dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-23%	-23%	-23%	-15%	-29%	-23%
heure de pointe de soir	-44%	-45%	-44%	-68%	-39%	-44%
le creux du jour	-34%	-60%	-60%	-85%	-58%	-60%
journee	-35%	-50%	-54%	-46%	-49%	-54%

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de CO trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Parc des véhicules						
Emission de NOx par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	-32%	-35%	-34%	-32%	-35%	-33%
heure de pointe de soir (kg/h)	-34%	-37%	-36%	-33%	-39%	-35%
le creux du jour (kg/h)	-35%	-36%	-36%	-33%	-41%	-36%
journee (kg/24h)	-34%	-36%	-36%	-33%	-40%	-35%

Parc des véhicules						
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-45%	-30%	-33%	-32%	-37%	-34%
heure de pointe de soir	-45%	-49%	-34%	-33%	-41%	-34%
le creux du jour	-56%	-47%	-53%	-50%	-60%	-53%
journee	-53%	-46%	-49%	-45%	-54%	-49%

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-53%	-83%	-55%	-50%	0%	-59%
heure de pointe de soir	-100%	0%	-100%	-100%	0%	-100%
le creux du jour	-34%	-37%	-28%	-50%	-100%	-35%
journee	-53%	-69%	-50%	-40%	0%	-54%

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de NOx trop importante par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-65%	-88%	-52%	-43%	0%	-59%
heure de pointe de soir	-100%	0%	-100%	-100%	0%	-100%
le creux du jour	-42%	-16%	-11%	-58%	0%	-24%
journee	-60%	-49%	-31%	-37%	0%	-41%

Parc des véhicules						
Emission de HC par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-20%	-21%	-21%	-18%	-20%	-20%
heure de pointe de soir (kg/h)	-32%	-34%	-32%	-24%	-30%	-32%
le creux du jour (kg/h)	-29%	-33%	-32%	-28%	-22%	-31%
journée (kg/24h)	-27%	-30%	-29%	-25%	-23%	-28%

Parc des véhicules						
Concentration maximale de HC dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-20%	-20%	-20%	-20%	-21%	-20%
heure de pointe de soir	-40%	-39%	-39%	-33%	-33%	-40%
le creux du jour	-28%	-53%	-56%	-51%	-53%	-56%
journée	-30%	-44%	-50%	-41%	-46%	-50%

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journée	-	-	-	-	-	-

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de HC trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journée	-	-	-	-	-	-

Parc des véhicules						
Emission de SO2 par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-86%	-87%	-87%	-87%	-87%	-87%
heure de pointe de soir (kg/h)	-85%	-86%	-87%	-86%	-91%	-86%
le creux du jour (kg/h)	-86%	-86%	-86%	-88%	-90%	-86%
journee (kg/24h)	-86%	-86%	-86%	-88%	-90%	-86%

Parc des véhicules						
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-88%	-86%	-86%	-86%	-89%	-86%
heure de pointe de soir	-88%	-89%	-86%	-85%	-87%	-86%
le creux du jour	-90%	-89%	-90%	-90%	-90%	-90%
journee	-89%	-89%	-89%	-88%	-92%	-89%

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2 par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-100%	0%	-100%	0%	0%	-100%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	-100%	-100%	-100%	-100%	0%	-100%
journee	-100%	-100%	-100%	-100%	0%	-100%

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de SO2 trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-100%	0%	-100%	0%	0%	-100%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	-100%	-100%	-100%	-100%	0%	-100%
journee	-100%	-100%	-100%	-100%	0%	-100%

Parc des véhicules						
Emission de PM10 par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-39%	-39%	-40%	-40%	-50%	-40%
heure de pointe de soir (kg/h)	-38%	-40%	-38%	-50%	-50%	-39%
le creux du jour (kg/h)	-38%	-38%	-41%	-33%	-50%	-39%
journee (kg/24h)	-38%	-38%	-40%	-38%	-50%	-39%

Parc des véhicules						
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-51%	-36%	-40%	-37%	-38%	-41%
heure de pointe de soir	-47%	-55%	-33%	-35%	-67%	-38%
le creux du jour	-59%	-50%	-54%	-50%	-75%	-54%
journee	-56%	-50%	-50%	-44%	-50%	-50%

Parc des véhicules						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10 par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Parc des véhicules						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de PM10 trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonctionnement opérationnel						
Emission de CO						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	5375	1620	4164	621	273	12053
heure de pointe de soir (kg/h)	1085	363	956	160	72	2636
le creux du jour (kg/h)	732	274	832	125	64	2027
journee (kg/24h)	15774	5405	15290	2334	1125	39927

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de CO dans la zone concernée (µg/Nm³)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	6678	5320	8852	6346	566	8852
heure de pointe de soir	3739	1491	2196	1320	105	3739
le creux du jour	1876	857	2443	925	90	2443
journee	1453	752	1581	807	74	1581

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de CO trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Fonctionnement opérationnel						
Emission de NOx						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	437	195	408	93	53	1186
heure de pointe de soir (kg/h)	212	78	194	39	19	542
le creux du jour (kg/h)	196	69	189	30	18	502
journee (kg/24h)	3025	1115	2878	506	290	7812

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	471	312	553	462	72	553
heure de pointe de soir	200	134	256	203	27	256
le creux du jour	209	150	276	157	26	276
journee	132	91	170	109	17	170

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	20	3	16	4	0	43
heure de pointe de soir	0	0	5	1	0	6
le creux du jour	41	11	40	7	0	99
journee	29	7	30	4	0	70

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de NOx trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	97960	30713	373035	61619	0	563327
heure de pointe de soir	0	0	130843	14152	0	144995
le creux du jour	253942	94218	731384	95229	0	1174773
journee	164038	78062	600275	49236	0	891611

Fonctionnement opérationnel						
Emission de HC						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	554	174	437	69	32	1266
heure de pointe de soir (kg/h)	126	42	112	19	9	308
le creux du jour (kg/h)	89	33	99	15	8	244
journee (kg/24h)	1804	626	1757	274	139	4598

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de HC dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	650	529	883	642	62	883
heure de pointe de soir	370	156	229	149	13	370
le creux du jour	202	97	258	106	11	258
journee	151	81	165	89	9	165

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de HC trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Fonctionnement opérationnel						
Emission de SO2						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	219	93	211	48	25	596
heure de pointe de soir (kg/h)	94	32	93	20	9	248
le creux du jour (kg/h)	80	27	85	14	8	214
journee (kg/24h)	1294	457	1336	245	132	3463

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	256	167	294	256	36	294
heure de pointe de soir	111	66	129	110	12	129
le creux du jour	100	65	130	80	11	130
journee	70	42	83	57	8	83

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	14	3	18	2	0	37
journee	1	0	5	1	0	7

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de SO2 trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	74991	47669	464091	35232	0	621983
journee	5999	0	143393	14152	0	163544

Fonctionnement opérationnel						
Emission de PM10						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	43	18	42	9	5	117
heure de pointe de soir (kg/h)	19	6	18	4	2	49
le creux du jour (kg/h)	16	5	16	3	2	42
journee (kg/24h)	259	86	255	51	31	681

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	51	33	58	50	7	58
heure de pointe de soir	21	13	25	21	2	25
le creux du jour	21	13	25	15	2	25
journee	14	8	16	11	1	16

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de PM10 trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Fonctionnement opérationnel						
Emission de CO par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-15%	-21%	-12%	-10%	-10%	-15%
heure de pointe de soir (kg/h)	-19%	-27%	-16%	-8%	-12%	-18%
le creux du jour (kg/h)	-25%	-27%	-20%	-14%	-14%	-22%
journee (kg/24h)	-21%	-25%	-17%	-12%	-12%	-19%

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de CO dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-12%	-10%	-6%	-1%	-10%	-6%
heure de pointe de soir	-15%	-19%	-22%	-53%	-12%	-15%
le creux du jour	-26%	-48%	-46%	-80%	-41%	-46%
journee	-21%	-35%	-39%	-30%	-30%	-39%

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de CO trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonctionnement opérationnel						
Emission de NOx par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-26%	-31%	-18%	-11%	-12%	-23%
heure de pointe de soir (kg/h)	-16%	-27%	-13%	-7%	-17%	-16%
le creux du jour (kg/h)	-26%	-28%	-19%	-17%	-18%	-23%
journee (kg/24h)	-24%	-28%	-18%	-14%	-17%	-22%

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-36%	-23%	-24%	-12%	-13%	-24%
heure de pointe de soir	-33%	-33%	-15%	-8%	-16%	-15%
le creux du jour	-49%	-37%	-44%	-38%	-42%	-44%
journee	-45%	-34%	-38%	-30%	-35%	-38%

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-33%	-75%	-27%	0%	0%	-37%
heure de pointe de soir	-100%	0%	-17%	0%	0%	-40%
le creux du jour	-27%	-42%	-15%	-13%	-100%	-26%
journee	-41%	-36%	-25%	-20%	0%	-36%

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de NOx trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-51%	-77%	-28%	0%	0%	-39%
heure de pointe de soir	-100%	0%	-21%	0%	0%	-30%
le creux du jour	-33%	-31%	-8%	-18%	0%	-17%
journee	-48%	-43%	-18%	-20%	0%	-28%

Fonctionnement opérationnel						
Emission de HC par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	-16%	-22%	-13%	-9%	-9%	-15%
heure de pointe de soir (kg/h)	-19%	-29%	-16%	-10%	-10%	-19%
le creux du jour (kg/h)	-26%	-28%	-21%	-17%	-11%	-23%
journee (kg/24h)	-22%	-27%	-18%	-14%	-10%	-20%

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de HC dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-13%	-11%	-7%	-9%	-11%	-7%
heure de pointe de soir	-16%	-19%	-20%	-10%	-13%	-16%
le creux du jour	-25%	-47%	-45%	-43%	-42%	-45%
journee	-21%	-35%	-38%	-30%	-31%	-38%

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de HC trop importante par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Fonctionnement opérationnel						
Emission de SO ₂ par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	-29%	-35%	-21%	-13%	-17%	-26%
heure de pointe de soir (kg/h)	-24%	-35%	-17%	-9%	-18%	-22%
le creux du jour (kg/h)	-34%	-36%	-24%	-18%	-20%	-29%
journee (kg/24h)	-31%	-35%	-22%	-15%	-19%	-27%

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de SO ₂ dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-36%	-24%	-26%	-12%	-18%	-26%
heure de pointe de soir	-34%	-39%	-19%	-10%	-20%	-24%
le creux du jour	-54%	-47%	-49%	-41%	-45%	-49%
journee	-44%	-41%	-42%	-33%	-33%	-42%

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO ₂ par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-100%	0%	-100%	0%	0%	-100%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	-58%	-70%	-44%	-33%	0%	-53%
journee	-94%	-100%	-71%	-50%	0%	-83%

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de SO ₂ trop importante par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-100%	0%	-100%	0%	0%	-100%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	-61%	-58%	-30%	-9%	0%	-38%
journee	-93%	-100%	-68%	-60%	0%	-75%

Fonctionnement opérationnel						
Emission de PM10 par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-30%	-36%	-19%	-10%	-17%	-25%
heure de pointe de soir (kg/h)	-21%	-40%	-14%	0%	0%	-20%
le creux du jour (kg/h)	-33%	-38%	-27%	0%	0%	-29%
journee (kg/24h)	-31%	-38%	-24%	-2%	-3%	-27%

Fonctionnement opérationnel						
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-35%	-25%	-26%	-12%	-13%	-27%
heure de pointe de soir	-34%	-41%	-17%	-9%	-33%	-22%
le creux du jour	-52%	-46%	-50%	-42%	-50%	-50%
journee	-44%	-43%	-43%	-31%	-50%	-43%

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10 par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonctionnement opérationnel						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de PM10 trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Mesures de planification						
Emission de CO						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	3362	1337	4145	630	277	9751
heure de pointe de soir (kg/h)	733	316	901	169	77	2196
le creux du jour (kg/h)	596	284	996	134	68	2078
journee (kg/24h)	11453	5109	16856	2460	1184	37060

Mesures de planification						
Concentration maximale de CO dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	4653	4371	10229	5844	570	10229
heure de pointe de soir	2707	1042	1694	1166	114	2707
le creux du jour	1382	736	2493	752	92	2493
journee	1080	613	1656	694	76	1656

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de CO trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	0	0	0	0
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Mesures de planification						
Emission de NOx						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	448	241	474	103	57	1323
heure de pointe de soir (kg/h)	193	88	214	44	21	560
le creux du jour (kg/h)	188	82	227	36	20	553
journee (kg/24h)	2905	1322	3393	591	320	8530

Mesures de planification						
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	566	318	744	483	74	744
heure de pointe de soir	232	140	314	198	30	314
le creux du jour	246	147	382	157	27	382
journee	155	91	231	110	18	231

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	18	6	18	4	0	46
heure de pointe de soir	1	0	6	0	0	7
le creux du jour	42	15	47	8	0	112
journee	34	10	38	6	0	88

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de NOx trop importante						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	129328	46869	425372	61619	0	663188
heure de pointe de soir	5999	0	162085	0	0	168084
le creux du jour	263112	94218	822440	116014	0	1295784
journee	198405	84460	750343	82846	0	1116054

Mesures de planification						
Emission de HC						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	368	153	444	71	33	1069
heure de pointe de soir (kg/h)	90	39	109	21	10	269
le creux du jour (kg/h)	76	35	120	17	9	257
journee (kg/24h)	1391	618	1977	302	153	4440

Mesures de planification						
Concentration maximale de HC dans la zone concernée ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	496	442	1039	599	63	1039
heure de pointe de soir	280	114	183	134	14	280
le creux du jour	160	87	279	90	12	279
journee	120	68	184	78	9	184

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de HC trop importante						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journee	-	-	-	-	-	-

Mesures de planification						
Emission de SO2						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	227	118	251	54	28	678
heure de pointe de soir (kg/h)	88	39	105	23	10	265
le creux du jour (kg/h)	83	34	109	17	9	252
journee (kg/24h)	1319	573	1658	290	148	3987

Mesures de planification						
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	311	172	410	268	38	410
heure de pointe de soir	131	74	160	107	14	160
le creux du jour	132	71	200	80	12	200
journee	84	45	121	57	8	121

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	3	0	0	3
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	13	3	22	3	0	40
journee	5	0	8	1	0	14

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de SO2 trop importante						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0	0	77438	0	0	77438
heure de pointe de soir	0	0	0	0	0	0
le creux du jour	112787	47669	555681	38622	0	754759
journee	44138	0	216291	14152	0	274581

Mesures de planification						
Emission de PM10						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	45	23	49	10	5	132
heure de pointe de soir (kg/h)	17	7	20	4	2	50
le creux du jour (kg/h)	16	7	21	3	2	49
journee (kg/24h)	256	114	320	52	31	772

Mesures de planification						
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée (µg/Nm ³)						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	62	34	81	53	7	81
heure de pointe de soir	25	15	30	20	3	30
le creux du jour	26	14	39	15	2	39
journee	16	9	24	11	2	24

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de PM10 trop importante						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0	0	0	0	0	0
journee	0	0	0	0	0	0

Mesures de planification						
Emission de CO par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-47%	-35%	-13%	-8%	-8%	-31%
heure de pointe de soir (kg/h)	-45%	-36%	-21%	-3%	-6%	-32%
le creux du jour (kg/h)	-39%	-24%	-4%	-8%	-8%	-20%
journee (kg/24h)	-42%	-29%	-9%	-7%	-8%	-25%

Mesures de planification						
Concentration maximale de CO dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-38%	-26%	9%	-8%	-10%	9%
heure de pointe de soir	-39%	-43%	-40%	-58%	-4%	-39%
le creux du jour	-45%	-55%	-45%	-83%	-39%	-45%
journee	-41%	-47%	-36%	-40%	-28%	-36%

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de CO trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Mesures de planification						
Emission de NOx par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-24%	-14%	-5%	-1%	-5%	-14%
heure de pointe de soir (kg/h)	-24%	-18%	-4%	5%	-9%	-13%
le creux du jour (kg/h)	-29%	-15%	-3%	0%	-9%	-15%
journee (kg/24h)	-27%	-15%	-3%	1%	-8%	-15%

Mesures de planification						
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-23%	-22%	2%	-8%	-11%	2%
heure de pointe de soir	-22%	-30%	5%	-10%	-6%	5%
le creux du jour	-40%	-38%	-23%	-38%	-40%	-23%
journee	-35%	-34%	-15%	-29%	-31%	-15%

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-40%	-50%	-18%	0%	0%	-32%
heure de pointe de soir	-67%	0%	0%	-100%	0%	-30%
le creux du jour	-25%	-21%	0%	0%	-100%	-16%
journee	-31%	-38%	-5%	20%	0%	-20%

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de NOx trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-35%	-66%	-18%	0%	0%	-28%
heure de pointe de soir	-79%	0%	-2%	-100%	0%	-19%
le creux du jour	-30%	-31%	4%	0%	0%	-9%
journee	-37%	-38%	3%	34%	0%	-10%

Mesures de planification						
Emission de HC par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-44%	-32%	-12%	-7%	-6%	-29%
heure de pointe de soir (kg/h)	-42%	-34%	-18%	0%	0%	-29%
le creux du jour (kg/h)	-37%	-24%	-4%	-6%	0%	-19%
journée (kg/24h)	-40%	-28%	-8%	-5%	-1%	-23%

Mesures de planification						
Concentration maximale de HC dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-34%	-26%	9%	-15%	-10%	9%
heure de pointe de soir	-37%	-41%	-36%	-19%	-7%	-37%
le creux du jour	-41%	-53%	-41%	-52%	-37%	-41%
journée	-38%	-46%	-31%	-39%	-31%	-31%

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journée	-	-	-	-	-	-

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de HC trop importante par rapport au scénario de référence						
	<i>Secteur 1</i>	<i>Secteur 2</i>	<i>Secteur 3</i>	<i>Secteur 4</i>	<i>Secteur 5</i>	<i>Dakar</i>
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	-	-	-	-	-	-
journée	-	-	-	-	-	-

Mesures de planification						
Emission de SO2 par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	-26%	-17%	-6%	-2%	-7%	-15%
heure de pointe de soir (kg/h)	-28%	-20%	-6%	5%	-9%	-16%
le creux du jour (kg/h)	-31%	-19%	-3%	0%	-10%	-17%
journee (kg/24h)	-30%	-19%	-4%	1%	-9%	-16%

Mesures de planification						
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-22%	-22%	3%	-8%	-14%	3%
heure de pointe de soir	-22%	-31%	0%	-12%	-7%	-5%
le creux du jour	-39%	-42%	-22%	-41%	-40%	-22%
journee	-33%	-37%	-13%	-33%	-33%	-15%

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2 par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-100%	0%	0%	0%	0%	-50%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	-61%	-70%	-31%	0%	0%	-49%
journee	-72%	-100%	-53%	-50%	0%	-67%

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de SO2 trop importante par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-100%	0%	0%	0%	0%	-27%
heure de pointe de soir	0%	0%	0%	0%	0%	0%
le creux du jour	-42%	-58%	-16%	0%	0%	-25%
journee	-52%	-100%	-51%	-60%	0%	-57%

Mesures de planification						
Emission de PM10 par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin (kg/h)	-26%	-18%	-6%	0%	-17%	-16%
heure de pointe de soir (kg/h)	-29%	-30%	-5%	0%	0%	-18%
le creux du jour (kg/h)	-33%	-13%	-5%	0%	0%	-17%
journee (kg/24h)	-32%	-17%	-5%	0%	-3%	-17%

Mesures de planification						
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-22%	-23%	4%	-7%	-13%	3%
heure de pointe de soir	-22%	-32%	0%	-13%	0%	-6%
le creux du jour	-41%	-42%	-22%	-42%	-50%	-22%
journee	-36%	-36%	-14%	-31%	0%	-14%

Mesures de planification						
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10 par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Mesures de planification						
Nombre de personnes qui subissent une concentration de PM10 trop importante par rapport au scénario de référence						
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Dakar
heure de pointe du matin	-	-	-	-	-	-
heure de pointe de soir	-	-	-	-	-	-
le creux du jour	0%	0%	0%	0%	0%	0%
journee	0%	0%	0%	0%	0%	0%

ANNEXE 4: PRINCIPES DE MODÉLISATION DES TRAFICS RÉSULTANTS DES TYPES DE MESURES ANALYSÉES

1. MESURES DE FONCTIONNEMENT OPERATIONNEL

1.1 RECONSTRUCTION DES MATRICES DE L'HEURE DE POINTE DU MATIN

Pour simuler les effets de ce type de mesure lors de la pointe du matin, on reconstruit les parties correspondantes aux mouvements de et vers le secteur 1 des matrices par véhicule pour l'heure de pointe du matin de la manière suivante :

- Cette partie de la matrice des déplacements de bus SOTRAC représente maintenant les déplacements des bus nouveaux d'une capacité de 100 places dont on considère que 90 sont occupées le matin. Cette partie de la matrice doit donc d'abord être réduite d'un coefficient de 40 ($(\text{occupation des bus SOTRAC})/90$)
- Pour les matrices de Ndiaga N'Diaye, de cars rapides et de taxi collectifs, 80% des déplacements de et vers les secteurs 1 sont transférés vers la nouvelle matrice SOTRAC après avoir été réduits par les coefficients représentant les modifications d'occupation (soit respectivement $42/90$, $25/90$ et $5/90$)
- Les matrices de véhicules particuliers, de bus de ramassage, de taxis compteurs et de taxis clandos restent inchangées.

1.2 RECONSTRUCTION DES MATRICES DES AUTRES HEURES SIGNIFICATIVES

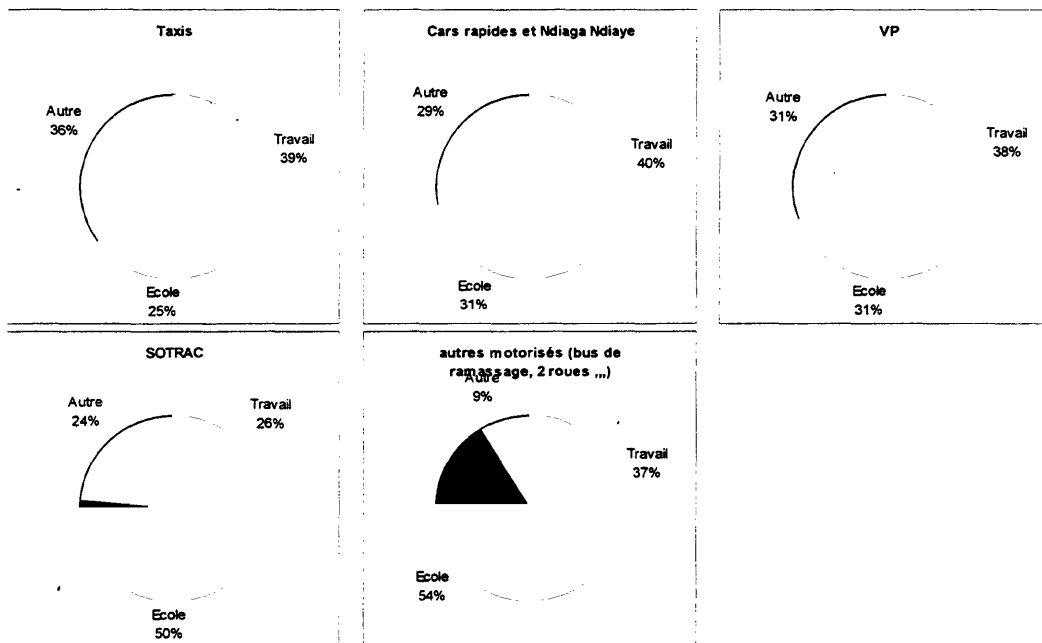
Pour les matrices de l'heure de pointe du soir et celles de l'heure creuse, ces mêmes opérations sont menées en considérant les occupations définies pour ces périodes ainsi qu'une occupation des nouveaux bus de 60 personnes.

2. ANALYSE DE L'INFLUENCE DES MESURES DE PLANIFICATION

2.1. ANALYSE DES DÉPLACEMENTS PAR MOTIF

Pour simuler ce scénario, il faudrait connaître la répartition des 8 matrices OD de base par période de la journée (matrices par type de véhicules) en sous-matrices ayant un motif de déplacement unique. Malheureusement, cette information détaillée n'est pas disponible, seule une répartition des déplacements totaux de la journée par motifs et par type de véhicule apparaît dans les données de base (voir graphiques ci-dessous).

Figure 1. : Déplacements motorisés à partir du domicile : répartition par modes et par motifs



On peut y observer l'importance des déplacements pour motif "autre" qui représentent près d'un tiers de l'ensemble des déplacements et ce pour tous les types de véhicules (à l'exception, bien compréhensible, des bus de ramassage).

Le motif école représente lui un autre tiers des déplacements.

2.2. ANALYSE DU VOLUME DES DÉPLACEMENTS ENTRE SECTEURS

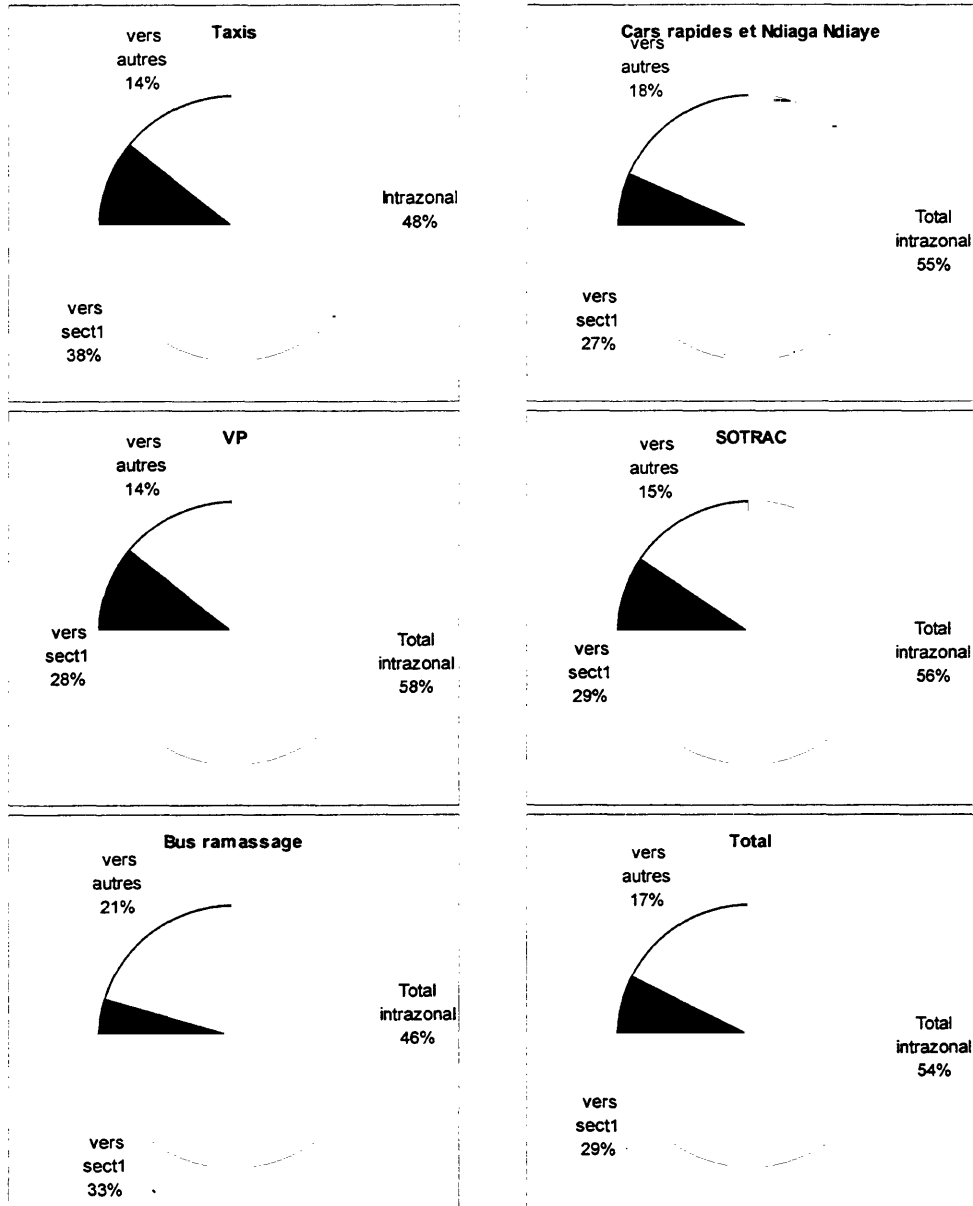
Par ailleurs, il faut encore définir le volume global des déplacements entre les quartiers et le centre ville. Pour ce faire, on utilise la répartition de la ville en 5 secteurs (voir chapitre 6). Les matrices OD de l'heure de pointe du matin ont donc été évaluées sur base des échanges entre ces 5 secteurs.

Sur les graphiques ci-dessous on a divisé ces mouvements en trois catégories :

- intra-zonal : l'origine et le destination des déplacements de ce groupe se trouvent dans un même secteur (diagonale de la matrice)
- vers le secteur 1 : l'ensemble des déplacements dont l'origine est un des secteurs 2 à 5, et la destination le secteur 1
- vers autres : les autres déplacements entre secteurs

On peut y observer que le déplacement intra-zonal représente environ 50% des déplacements quel que soit le type de véhicules. Dans les déplacements entre zones, le déplacement vers le secteur 1 est toujours supérieur à l'ensemble des déplacements de et vers les autres zones.

Figure 2. : Répartition des déplacements en HPM par type de véhicules



2.3. RECONSTRUCTION DES MATRICES

Grâce à la similitude des répartitions par motif entre les différents types de véhicule, on peut constater que dans tous les cas, si on applique, sur les matrices de l'heure de pointe du matin, une réduction des déplacements en direction du secteur 1 :

- de 80% de ceux dont le motif est "autre"
- et de 50% de ceux dont le motif est "école"

on obtient presque toujours une réduction globale de 40% des déplacements vers le secteur 1.

Pour simuler les effets de la mesure lors de la pointe du matin, on reconstruit donc chaque matrice par véhicule en retirant 40% des déplacements entre les zones des secteurs 2 à 5 et les zones du secteur 1 et en les reportant à chaque fois sur la zone centrale de chacun des secteurs respectifs.

Pour les matrices de l'heure de pointe du soir, cette opération est menée pour les déplacements ayant cette fois une des zones du secteur 1 comme origine et une zone des secteurs 2 à 5 pour destination.

Finalement, pour les matrices de l'heure creuse, les deux transferts sont opérés.

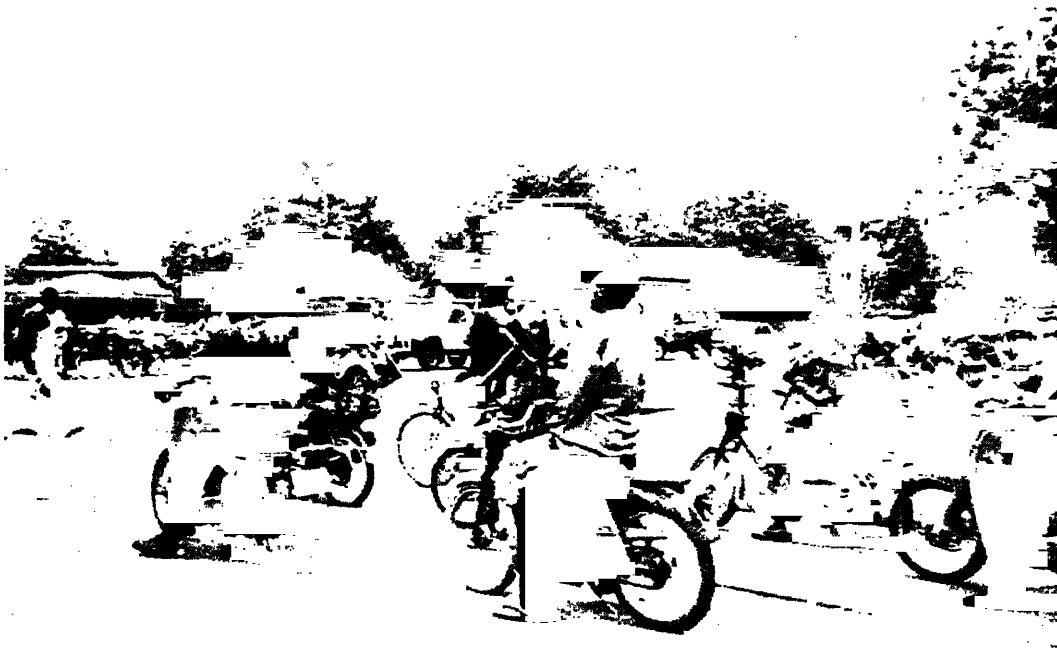


BURKINA FASO

Ministère des Transports et du Tourisme

Direction des Transports Terrestres et Maritimes

**Etude sur la qualité de l'air
à Ouagadougou**



**Rapport Final
Juin 1999**



Contexte de l'étude

Le SSATP - Transports urbains et l'Institut de la Banque mondiale ont conclu avec la Société Technum un contrat de prestation de services pour la réalisation d'une étude portant sur l'impact du secteur du transport urbain sur la qualité de l'air à Ouagadougou au Burkina Faso.

Le rapport de cette étude a servi de document préparatoire au séminaire traitant du même sujet, organisé à Ouagadougou les 9 et 10 juin 1999.

Le présent rapport aborde successivement les points suivants :

1. Le bilan de la pollution actuelle de l'air à Ouagadougou (méthode de travail, nature des polluants, impact sur la santé, coût de la pollution, les diverses sources de pollution à Ouagadougou, la part due au transport, ...);
2. Evolution prévisible du niveau de pollution dû au transport urbain;
3. Les mesures susceptibles d'être adoptées dans le domaine du transport et la quantification de l'impact sur la pollution de l'air;
4. La méthode de suivi de la situation.



Etude sur la qualité de l'air à Ouagadougou

Table des matières

Contexte de l'étude	<i>i</i>
Synthèse	<i>1</i>
1. Méthode choisie pour évaluer la pollution due au transport terrestre.....	1
2. Evaluation de la situation actuelle de la pollution.....	1
3. Evolution prévisible du niveau de pollution dû au transport terrestre.....	3
4. Mesures susceptibles d'être adoptées dans le domaine du transport.....	4
Chapitre 1 : Bilan de la pollution	7
1.1 Méthode choisie pour évaluer la pollution due au transport terrestre	7
1.2 Nature des polluants et leurs effets sur la santé	8
1.3 Les normes applicables	10
1.4 Le coût de la pollution de l'air	10
1.5 Les sources de la pollution de l'air à Ouagadougou	11
1.5.1 Les sources de pollution de l'air à Ouagadougou.....	11
1.5.2 La part du transport dans la pollution de l'air.....	12
1.5.3 Aspects spécifiques au transport : la composition du parc de véhicules en âge et types.....	14
1.5.4 Calcul de la pollution actuelle due au transport.....	16
.....	22
Chapitre 2 : Evolution prévisible du niveau de pollution dû au transport terrestre	23
2.1 Méthode	23
2.2 Trafic généré	23
2.2.1 Principe du calcul de la demande future en déplacements :.....	23
2.2.2 Modifications apportées au réseau.....	24
2.2.3 Trafics futurs résultants.....	24
.....	27
2.2.4 Problème important lié à l'augmentation de trafic.....	28
2.3 Emission et dispersion	29

Chapitre 3 : Mesures susceptibles d'être adoptées dans le domaine du transport	34
3.1 Mesures envisageables.....	34
3.1.1 Actions concernant les véhicules.....	34
3.1.2 Le fonctionnement opérationnel.....	37
3.1.3 Planification urbaine et organisation sociale	38
3.2 Scénarios analysés.....	38
3.3 Conclusions des simulations.....	39
Chapitre 4 : Méthode du suivi de la situation	45
Annexe 1 : Modèle de représentation du trafic.....	46
1 Principe et sources des données	46
2 Description du modèle et données introduites.....	46
2.1. L'offre.....	47
2.2 La demande de déplacements	48
2.3. Affectation sur réseau.....	53
3. Résultats.....	54
Annexe 2 : Modélisation de l'émission et de la concentration des polluants	55
2.1 Emissions : Le programme CORINAIR.....	55
2.1.1 Les catégories de véhicules du programme CORINAIR.....	55
2.1.2. Les polluants du programme CORINAIR.....	56
2.2 Modélisation de la dispersion ou pollution de l'air.....	57
Annexe 3 : Résultats détaillés des calculs de qualité de l'air	59

Synthèse

1. Méthode choisie pour évaluer la pollution due au transport terrestre

Les 4 aspects à aborder dans cette étude sont :

- une estimation du niveau global actuel de la pollution de l'air de la ville;
- la détermination de la part due au transport;
- l'examen de l'évolution prévisible de cette pollution;
- une évaluation des résultats des mesures susceptibles d'être prises pour réduire cette pollution.

Vu le manque d'informations existantes sur la problématique de la pollution de l'air et la difficulté de réaliser des mesures dans le cadre de cette étude, il a paru avantageux d'estimer les émissions gazeuses des transports urbains à l'aide de simulations mathématiques des trafics actuels et futurs. L'impact sur la qualité de l'air est calculé à l'aide d'un modèle de dispersion.

Cinq polluants, représentatifs pour le transport urbain, ont été retenus pour la présente étude : le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils (COV) ou hydrocarbures volatils (HC), le dioxyde de soufre (SO₂) et les particules en suspension d'un diamètre inférieur à 10 µm.

Toutefois, il ne faudrait pas négliger la problématique du réchauffement de l'atmosphère dû à l'émission de gaz à effet de serre (GES) lié à la combustion de combustibles fossiles.

Tous ces gaz ont la propriété d'absorber l'énergie réémise par la surface de la terre, tout en se laissant traverser par le rayonnement solaire. Ils constituent donc un piège à énergie et préservent la chaleur de l'atmosphère.

Sur base des prévisions, il semblerait que, si les émissions de gaz à effet de serre se poursuivent au rythme actuel, la température mondiale au niveau du sol pourrait augmenter de 1,5 à 4,5°C avec des conséquences importantes (sécheresse, élévation du niveau moyen des mers, ...).

Remarquons ici que le secteur du transport urbain n'est globalement pas le seul acteur, et de loin, dans la problématique des GES.

Etant donné que la présente étude se fixe principalement sur les effets directs du transport urbain sur la santé, le problème du CO₂ n'a donc pas été pris en compte.

2. Evaluation de la situation actuelle de la pollution

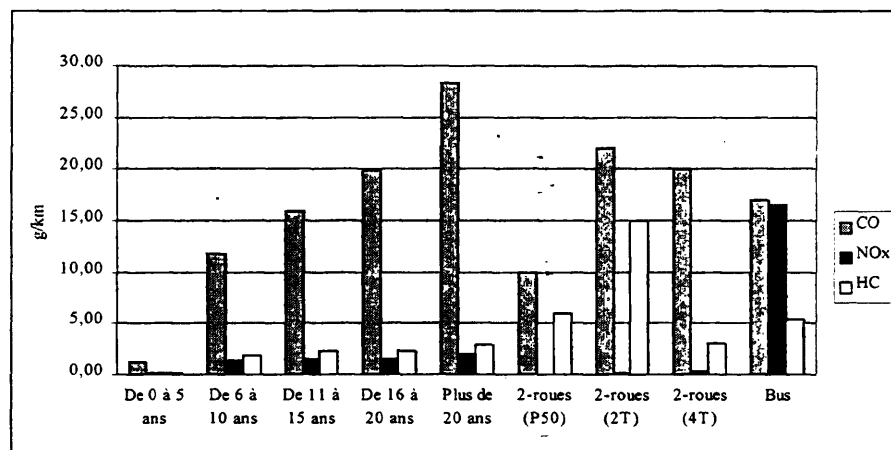
- Transport urbain à Ouagadougou et pollution de l'air :

Le bilan énergétique par secteur du Burkina Faso montre que le secteur du transport est un important consommateur d'énergie (56% de la facture pétrolière) ce qui permet de conclure qu'il est responsable pour une grande partie de la pollution de l'air à Ouagadougou. En plus il faut remarquer que le transport a surtout un impact très local sur la qualité de l'air. C'est la raison pour laquelle, la pollution atmosphérique le long des artères principales à Ouagadougou est principalement causée par le transport.

Une analyse du parc automobile immatriculé de la ville de Ouagadougou montre que l'âge de la majorité des véhicules est supérieur à 10 ans avec une moyenne d'environ 14 ans. Outre

les véhicules à 4 roues, un nombre non négligeable de 2-roues circulent à Ouagadougou. L'évaluation du nombre et leur répartition en fonction de la cylindrée est beaucoup plus difficile étant donné que tous les 2-roues ne sont pas soumis à immatriculation.

La figure ci-dessous montre que la composition du parc telle que décrite ci-dessus n'est pas un paramètre négligeable dans l'analyse de la pollution de l'air due au transport et dans la définition des solutions envisageables. En effet le niveau d'émission est fortement lié au type de véhicule et à l'âge du véhicule.



- Modélisation du trafic

Le calcul du trafic dans les voiries de la ville s'effectue en affectant une matrice Origine- Destination de déplacements sur un modèle mathématique représentant le réseau urbain.

Les 3 matrices de déplacements de véhicules représentatives de la journée (pointe de départ, pointe de retour et heure normale de jour) s'obtiennent à partir de :

- la population de 1996 par secteur de la ville;
- le taux individuel de déplacement (3.7 déplacements par jour et par personne);
- la répartition modale (50% des déplacements s'effectuent à pied ou à bicyclette et 80% des déplacements motorisés sont effectués en vélomoteurs).

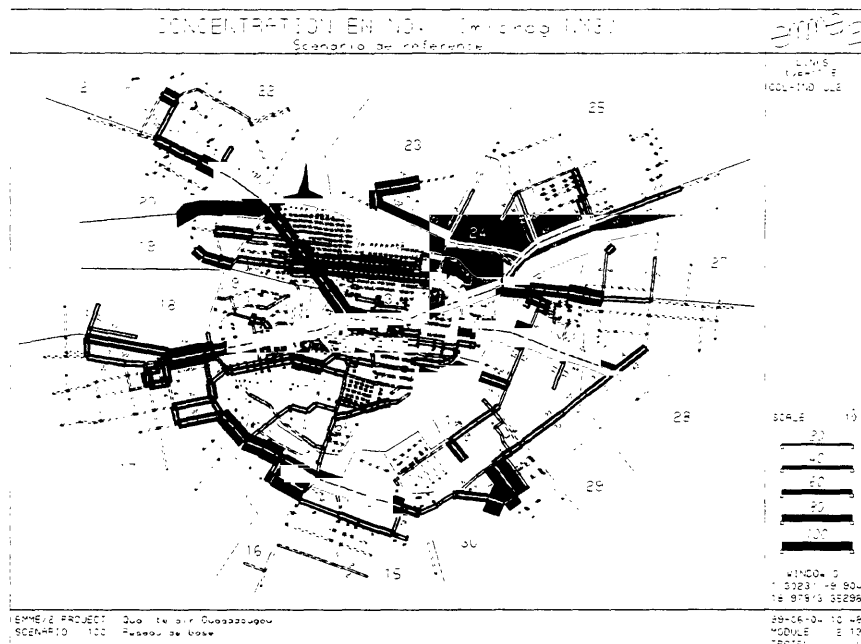
Les résultats de ce calcul fournissent le nombre de véhicules 4-roues et 2-roues sur les axes représentés de la ville ainsi que leur vitesse de déplacement. On peut déjà observer une réduction drastique de cette vitesse sur les axes du centre de la ville (environ 5 km de situation qualifiée de grave).

- Pollution obtenue

Sur base des trafics ainsi obtenus, l'émission des polluants retenus a été calculée ainsi que la concentration le long des voiries.

Les résultats montrent une émission journalière d'environ 64 tonnes de CO (par rapport à 50 tonnes à Dakar) dont 77 % générées par les 2-roues et de 34 tonnes d'HC (par rapport à 6 tonnes à Dakar) pour lesquelles les 2-roues sont presque entièrement responsables.

En ce qui concerne l'impact sur la qualité de l'air, la concentration d'HC dépasse à certains endroits 7.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ et des problèmes de respect de la norme pour les NOx sont observés à différents endroits de la ville (voir voiries en rouge sur la figure suivante).



3. Evolution prévisible du niveau de pollution dû au transport terrestre

L'estimation de l'évolution prévisible de la pollution dans les années futures est basée sur une évolution simulée des trafics dans la ville calculée avec les hypothèses suivantes :

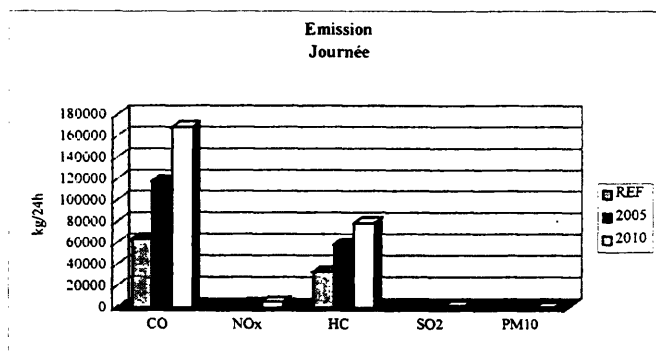
- L'évolution prévue de la population est prise en compte ainsi que sa répartition spatiale programmée dans le Grand Ouaga (les 711.500 habitants de 1996 passent à 1,7 millions en 2010).
- Le taux actuel de déplacement individuel journalier, la répartition modale, l'équipement des ménages en moyen de locomotion et les caractéristiques du parc sont maintenus.

On peut alors constater un accroissement énorme de trafic par rapport à la capacité des voiries. La longueur des voiries présentant une congestion grave est multipliée par un facteur 10 en 2010.

Un problème important de mobilité se profile donc pour le futur de la ville de Ouagadougou qui dépasse le cadre de la qualité de l'air.

De la même façon que pour la situation de référence, les émissions et l'impact sur la qualité ont été calculés.

Les résultats ainsi obtenus montrent que, sans modification des habitudes et du parc, les émissions augmentent d'une façon très importante indépendamment du polluant considéré.



En ce qui concerne la qualité de l'air, on observe que la concentration d'HC triple en 2010.

La concentration en NO_x atteint, à certains endroits pendant la pointe de retour, 8 fois la norme en 2010. En tout, cette norme est alors dépassée sur près de 100 km de voiries urbaines (22 % du réseau modélisé).

Finalement, à partir de 2005, les premiers problèmes se posent pour le respect des normes de qualité de l'air pour le CO et le SO₂. Le problème s'aggrave encore pour 2010

Vu l'évolution du niveau de pollution obtenu par les calculs, il est clair que la situation s'aggrave de façon continue pour devenir inacceptable avant 2010. Il est donc très important de prendre, dès maintenant, les mesures adéquates afin de limiter au maximum la dégradation de la qualité de l'air à Ouagadougou.

4. Mesures susceptibles d'être adoptées dans le domaine du transport

- Mesures générales

Les mesures envisageables, visant à corriger cette situation défavorable, peuvent être regroupées en trois catégories principales selon leur nature intrinsèque.

La première catégorie regroupe les mesures techniques et institutionnelles concernant les véhicules eux-mêmes visant à réduire la pollution totale par une réduction individuelle de l'émission. Dans ce domaine on peut citer :

- une réglementation plus stricte de la qualité des véhicules mis sur le marché à Ouagadougou;
- le remplacement de vélomoteurs 2T par des vélomoteurs 4T, moins polluants, principalement en ce qui concerne l'émission d'HC;
- une modification des moteurs 2T visant à réduire les émissions;
- l'amélioration de la qualité de l'huile pour les 2T et de la qualité des mélanges essence/huile;
- la mise en place d'un contrôle technique pour les 2-roues;
- une amélioration du secteur des carburants;
- la mise en place d'un réseau de garagistes formés;
- ...

Une deuxième catégorie d'interventions possibles concerne les mesures opérationnelles qui visent à une meilleure efficacité, en terme de pollution, du secteur du transport urbain. On pense principalement ici à :

- une amélioration de l'offre de transport en commun à Ouagadougou; et

- à l'ensembles des actions visant à une meilleure fluidité du trafic.

Finalement, les mesures permettant de réduire la demande en déplacement telles l'adoption d'une politique de planification urbaine basée sur une décentralisation des services à la population et sur une densification de l'habitat en centre ville et la mise en place de mesures sociales visant à réduire le taux individuel de déplacement forment le troisième groupe d'actions possibles.

- Scénarios analysés

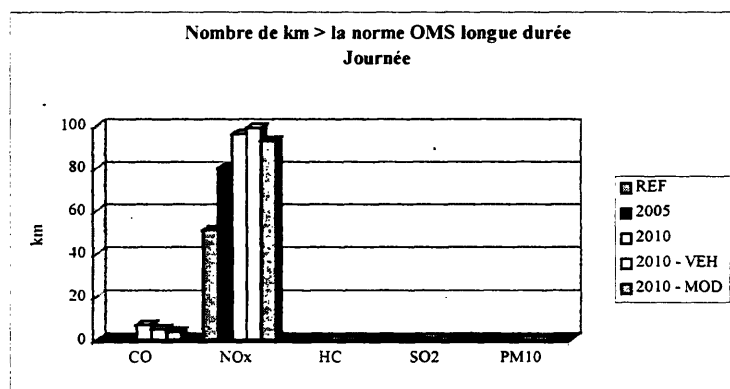
Afin de se faire une idée de l'efficacité des mesures, deux types de mesures ont été évaluées. Les hypothèses retenues sont :

- une amélioration générale du parc motorisé avec une diminution de l'âge moyen des véhicules, l'introduction du pot catalytique, la diminution du taux de soufre dans le diesel et le remplacement d'une partie des vélomoteurs 2T par des vélomoteurs 4T;
- des mesures sur la répartition modale concernant la mise en place d'un réseau urbain de transport en commun pour remplacer en partie les vélomoteurs.

Pour évaluer l'effet de ces mesures, le scénario 2010 a été utilisé comme référence.

- Résultats

Les deux mesures montrent une diminution du niveau de pollution par rapport au scénario d'évolution naturelle.



Les résultats obtenus sont comparables pour les 2 scénarios mais montrent que chaque scénario a ses avantages et inconvénients. De plus, dans le scénario de mesures sur les véhicules, on constate une augmentation de l'impact des NOx. La cause doit en être trouvée dans l'émission plus importante de NOx par les moteurs 4T par rapport aux moteurs 2T (environ 10x plus).

- Conclusions

Les résultats montrent qu'aucun des deux scénarios analysés n'entraîne une réduction de la pollution à un niveau acceptable dans les années futures. De plus, ils ne permettent même pas d'empêcher une dégradation de la situation actuelle. Il est donc clair que les solutions à mettre en place devront être une combinaison de toutes les mesures techniques connues et à analyser, absolument associées à une modification profonde de la mobilité et des habitudes de déplacement des habitants de la ville. Etant donné la complexité du problème et le nombre d'intervenants il serait donc intéressant de mettre en place un Centre de Coordination multidisciplinaire chargé de la gestion continue de la mobilité et de la mise en place, du suivi et de l'évaluation des mesures techniques envisagées ou adoptées.

Vu l'augmentation du trafic, il est également clair que les transports urbains seront responsables pour une grande partie de l'augmentation des émissions de GES au Burkina Faso.

A moyen terme et à long terme, cette augmentation pourrait constituer un frein au développement économique du pays confronté alors à une progression trop importante de son émission de GES.

Ceci conforte l'importance d'un programme d'action visant à modifier la mobilité et les habitudes de déplacement des gens.

Chapitre 1 : Bilan de la pollution

1.1 *Méthode choisie pour évaluer la pollution due au transport terrestre*

La présente étude comportait 4 volets principaux :

- Une estimation du niveau global actuel de la pollution de l'air de la ville;
- La détermination de la part due au transport;
- L'examen de l'évolution prévisible de cette pollution;
- Une évaluation des résultats des mesures susceptibles d'être prises pour réduire cette pollution.

Un certain nombre de contraintes et de problèmes de méthodologie de réalisation se posent d'emblée :

- il y a peu ou pas de mesures de qualité de l'air à Ouagadougou et la réalisation de celles-ci en de nombreux endroits représentatifs de la ville dépasse le cadre de la présente étude. De plus, pour être représentatives, ces mesures devraient non seulement couvrir plusieurs situations de trafic mais aussi être réalisées dans des conditions climatiques contrastées : harmattan ou mousson. Pour être valable, la campagne de mesures devrait donc durer plusieurs mois;
- tout en sachant qu'il y a très peu de sources industrielles à Ouagadougou et que donc la pollution de l'air en milieu urbain est surtout due au transport, il est cependant difficile d'évaluer l'impact de ce transport dans la pollution globale à partir des seules mesures globales de qualité de l'air;
- estimer l'évolution future de la pollution nécessite de connaître l'évolution prévisible du trafic dans les différentes parties de la ville. A fortiori, l'évaluation des résultats des mesures susceptibles d'être prises entraîne la détermination d'hypothèses et de relations liant la pollution au trafic.

Pour toutes ces raisons, il a paru avantageux de baser cette estimation de la pollution actuelle sur une simulation mathématique du trafic.

A partir de celle-ci, il est alors possible d'estimer les émissions et les concentrations de différents polluants sur base de la vitesse et de la composition du trafic. De même les éléments sont disponibles pour étudier l'évolution future de la pollution et pour estimer les effets des mesures envisageables.

La méthodologie de simulation mathématique du trafic figure en annexe 1.

La description des modèles d'estimation mathématique des émissions de polluants et de leur dispersion dans l'atmosphère est présentée en annexe 2.

1.2 Nature des polluants et leurs effets sur la santé

La pollution provoquée par les gaz d'échappement et par leur transformation dans l'atmosphère entraîne un large éventail de problèmes de santé qui va des maladies cardio-respiratoires dont la bronchite chronique, l'emphysème et l'asthme aux intoxications par les métaux dont le plomb (saturnisme). A noter que les enfants sont plus touchés par des infections respiratoires aiguës. Dans les mégalo-poles des pays tropicaux, la prévalence de l'asthme tourne en moyenne autour des 5% et beaucoup d'enfants souffrent d'empoisonnement par le *plomb*.

Alors que de nombreux pays réduisent leurs émissions de plomb, la part de l'Afrique est passée de 5% du total en 1980 à 20% en 1995. Les carburants africains sont les plus chargés en plomb du monde. Avec des taux atteignant jusqu'à 1 gr/litre, leur charge en plomb est plus de trois fois supérieure à celle des carburants européens; or, une concentration de 100 µgr/litre de sang suffit à causer des dégâts neurologiques se traduisant par une diminution des facultés mentales, des pertes de mémoire, des pertes d'audition, des problèmes de coordination et des difficultés d'apprentissage.

A titre d'exemple, une étude menée en 1995 par une équipe de l'Université Cheikh Anta Diop sur la pollution atmosphérique par le plomb émis par les véhicules dans la région de Dakar a démontré que le problème dans la capitale sénégalaise est bien réel; en effet, les concentrations de plomb retrouvées dans les écorces d'arbres sont nettement plus élevées dans les zones où existe un trafic important et sont assez proches de celles obtenues dans une étude faite à Lagos (Nigeria).

Le tableau ci-après donne en résumé, pour différents polluants, les impacts possibles et les mécanismes d'effet sur la santé.

Synthèse des impacts possibles et des mécanismes d'effet sur la santé

<i>Polluant</i>	<i>Impact sur la santé humaine</i>	<i>Mécanisme</i>
CO	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'infarctus du myocarde chez les personnes atteintes d'angine de poitrine • céphalées et vertige 	Substitution du CO à l'O ₂ sur l'hémoglobine → Diminution de l'oxygénation des cellules → hypoxie cellulaire
CO ₂	Pas d'effet direct seulement à la suite de sa transformation en CO	Transformation partielle CO ₂ + C ↔ 2 CO
NO ₂ et NO _n	<ul style="list-style-type: none"> • augmente le risque de crise chez les asthmatiques • augmentation de fréquence des infections bronchiques et pulmonaires 	Irritation des muqueuses pneumo-bronchiques
O ₃	<ul style="list-style-type: none"> • irritation nasales et pharyngée (intoxication aiguë) • irritation trachéo-pulmonaire (intoxication aiguë) • céphalées et asthénie • irritation oculaire • diminution de la capacité pulmonaire (intoxication chronique) 	Modifications cellulaires et tissulaires au niveau des poumons
SO ₂ et	Augmentation de la mortalité et de la	Irritations des muqueuses de la gorge, de la

particules en suspension	morbidité chez les asthmatiques et les bronchitiques chroniques	trachée et des poumons → oedème laryngo-trachéaux et pulmonaires
H ₂ SO ₄ et aérosols acides	Serait un facteur aggravant dans la mauvaise évolution des maladies pulmonaires chroniques	Irritation des muqueuses pulmonaires
Pb	<ul style="list-style-type: none"> • Anémie • Hypertension artérielle • Encéphalopathies surtout chez les enfants (difficultés d'apprentissage, troubles du comportement, déficit de l'intelligence et de coordination motrice fine) • retard de développement foetal (prématurité, poids réduit à la naissance et retard de développement mental) • colique toxique • Syndrome de Fanconi et atteintes rénales 	<p>Action sur diverses enzymes au niveau cellulaire</p> <p>→ action sur la synthèse sanguine, sur le système nerveux central et sur d'autres systèmes tel que le système cardio-vasculaire.</p>
Benzènes	<ul style="list-style-type: none"> • intoxication aiguë : hémorragies pulmonaires • hautes doses permanentes : pancytopenie par atteinte de la moelle osseuse • leucémie aiguë 	Effets toxiques seulement pour des expositions à des doses importantes.
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	<ul style="list-style-type: none"> • Cancer du poumon • Cancer de la vessie 	Emission par les moteurs de diesel de cancérigènes connus : benzo[a]pyrène.
Aldéhydes	<ul style="list-style-type: none"> • irritation des yeux et du nez • irritations de membranes muqueuses avec altération de la respiration, • toux, nausées • allergie et dermatite allergiques • contact professionnel : leucémies, cancer du nez et de l'oropharynx, cancer du cerveau 	<ul style="list-style-type: none"> • irritation tissulaire • cancérigène probable au niveau professionnel conducteur de poids lourd notamment

Sur base de cette liste, 5 polluants, représentatifs pour le transport urbain, ont été retenus pour la présente étude :

- le monoxyde de carbone (CO);
- les oxydes d'azote (NO_x);
- les composés organiques volatils (COV) ou hydrocarbures volatils (HC);
- le dioxyde de soufre (SO₂);

- les particules en suspension : il s'agit des particules en suspension d'un diamètre inférieur à 10 µm qui sont les plus nocives pour la santé. Les particules émises par les véhicules sont principalement des particules de ce type (PM10).

1.3 Les normes applicables

Actuellement, le Burkina Faso ne dispose pas de normes concernant la qualité de l'air. C'est la raison pour laquelle, dans le cadre de la présente étude, les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé ont été utilisées.

Normes de l'Organisation Mondiale de la Santé dans le cadre de la pollution de l'air

	CO	HC	No _x	SO ₂	PM ₁₀
Exposition courte durée	30 mg/m ³ pour une exposition d'une heure	-	0,2 mg/m ³ pour une exposition d'une heure	0,35 mg/m ³ pour une exposition d'une heure	-
Exposition longue durée	10 mg/m ³ pour une exposition moyenne de 8h/jour	-	0,04 - 0,05 mg/m ³ en moyenne annuelle	0,05 mg/m ³ en moyenne annuelle	0,07 mg/m ³ pour une exposition moyenne de 24 h

1.4 Le coût de la pollution de l'air

Pour chiffrer l'impact de la pollution de l'air sur la santé ou le coût externe¹⁾, on utilise généralement des relations doses-effets reliant les taux de morbidité (nombre de cas de maladies supplémentaires) et de mortalité à une concentration moyenne annuelle d'un polluant dans l'air. Ces relations prennent en compte le nombre de personnes exposées à la pollution.

On ne dispose pas de données suffisantes pour pouvoir appliquer cette démarche au cas particulier de Ouagadougou et pour isoler l'impact du secteur des transports sur la santé. En effet :

- le niveau moyen de pollution à Ouagadougou n'est pas connu. Il devrait être déterminé sur base de mesures régulières pour une longue période (minimum un an);
- ni les caractéristiques des autres sources de pollution de l'air (industries, ménages, ...) à prendre en compte dans l'analyse des effets de la pollution de l'air sur la santé, ni la capacité de l'atmosphère de disperser les polluants émis ne sont suffisamment connues;
- le lien direct entre les concentrations dans l'air et l'impact sur la santé (taux de morbidité et de mortalité) n'est pas disponible pour les villes africaines.

La relation directe entre les concentrations de polluants dans l'air et l'impact sur la santé n'a donc pas pu être établie.

¹ Coût externe : il s'agit des coûts se rapportant à des situations dans lesquelles un usager des transports ne supporte pas la totalité des coûts.

Pour information, un coût de l'impact de la pollution de l'air sur la santé humaine a été évalué dans le cadre d'une étude exhaustive sur la qualité de l'air à Jakarta (Indonésie)².

L'approche suivie dans cette étude, consistait à évaluer, sur base de relations doses-effets, par rapport à l'augmentation de la concentration des PM₁₀ et du plomb dans l'atmosphère :

- l'augmentation du taux de mortalité due à la pollution de l'air;
- l'augmentation du taux de morbidité due à la pollution de l'air (bronchites, asthme, maladies cardiaques, ...).

Cette approche a permis d'estimer le nombre de décès, le nombre de jours de travail perdus par personne et le nombre de maladies ainsi que le coût y associé, consécutifs à la pollution de l'air.

Suivant cette étude, le coût de la pollution de l'air sur la santé s'élève à environ 30.000 FCFA par habitant et par an ce qui correspondrait, pour Ouagadougou, à un coût total de l'impact de la pollution de l'air sur la santé humaine d'environ :

- 1,6 % du PNB dans la situation actuelle;
- 2,5 % du PNB en 2005;
- 3,0 % du PNB en 2010.

On constate donc que le coût de la pollution de l'air dû au transport doublera en 10 ans de temps. Il faut cependant remarquer que l'étude en question est typique de Jakarta et ne tient compte que des conséquences sur la santé de la pollution de l'air due au PM₁₀ et au plomb. Etant donné qu'à Ouagadougou, des problèmes se manifestent pour d'autres types de polluants (notamment les HC), le coût de la pollution de l'air à Ouagadougou pourrait être supérieur à celui cité ci-dessus. En plus, l'évolution du coût ne prend en compte que l'augmentation du nombre d'habitants à Ouagadougou et pas la détérioration de la qualité de l'air due à l'évolution du nombre de déplacements. Dans l'hypothèse où aucune mesure ne serait prise, les études montrent cependant une aggravation importante du niveau de pollution de l'air pour les années à venir. Partant de cette observation, le coût externe atteindra certainement plus que 3 % du PNB en 2010.

1.5 Les sources de la pollution de l'air à Ouagadougou

1.5.1 Les sources de pollution de l'air à Ouagadougou

Presque toutes les formes d'utilisation et de production d'énergie peuvent causer des changements environnementaux directement ou indirectement nuisibles à la santé de l'homme. L'utilisation de combustibles fossiles est la principale cause de la pollution atmosphérique. La combustion complète des combustibles fossiles dégage du gaz carbonique et de l'eau en même temps que certains oxydes d'azote résultant de la fixation de l'azote atmosphérique à haute température. Une combustion incomplète se traduit par des dégagements de fumée noire constituée de fines particules de carbone ou d'hydrocarbures complexes, ou par une production de monoxyde de carbone et de toute une série de composés organique partiellement oxydés. D'autre part, tous les combustibles fossiles contiennent des constituants secondaires, tels que les composés sulfurés, et des impuretés qui représentent au plus 1 à 2 % de leur poids mais contribuent à la pollution dans une mesure sensible.

² Urban Air Quality, World Bank paper n° 379, 1997

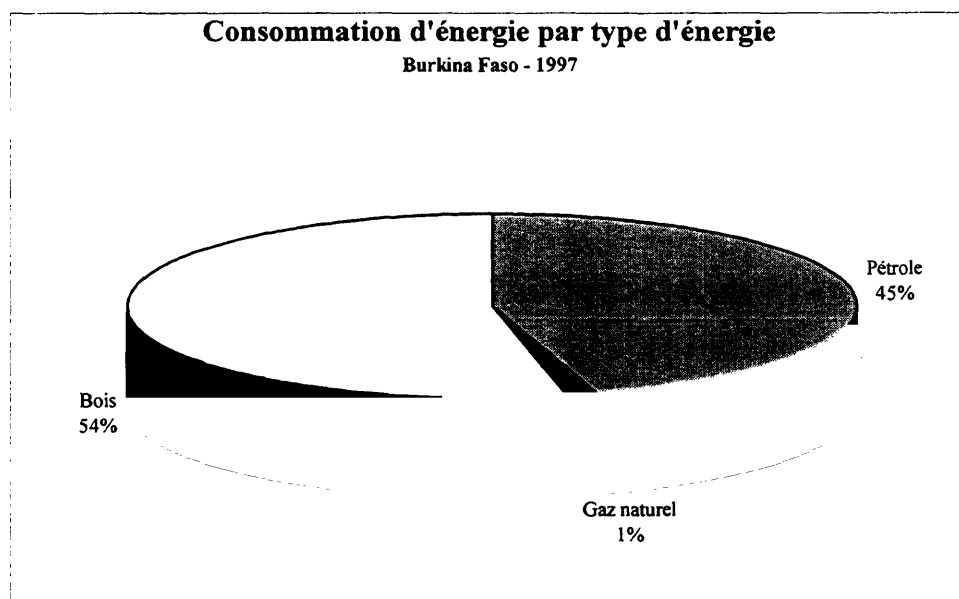
Suivant les observations de terrain et les informations récoltées, le secteur des transports urbains semble être une source non-négligeable en ce qui concerne la pollution de l'air à Ouagadougou.

Outre le transport urbain, nous distinguons d'autres sources de pollution atmosphérique :

- les ménages : combustion de bois de chauffe, combustion d'ordures ménagères, ... ;
- l'industrie : la SONABEL (émission de CO, NO_x, HC, SO₂, ...), la SONABHY et les stations services (émission d'HC), la briqueterie (émission de CO, NO_x, HC, SO₂, particules en suspension, poussières, ...), la tannerie SBMC (émission de substances malodorantes), TECHNI-METAL (émission de chlorures de méthyl), TECHNI-BOIS (émission d'HC aromatiques) et plusieurs entreprises équipées de chaudières (émission de CO, NO_x, HC, SO₂, ...);
- les sources naturelles, notamment la brume sèche : Il s'agit d'un phénomène où, pendant la saison sèche, des particules de poussières sont soulevées à hauteur du Sahara et transportées plus loin. Ce phénomène a été exceptionnel en Mars 1984 où la visibilité a été nulle à Ouagadougou. En moyenne, du mois de novembre au mois de mars, le nombre de jours pendant lesquels la brume sèche réduit la visibilité horizontale en deçà de 5000 m à Ouagadougou est de 25 jours par mois.

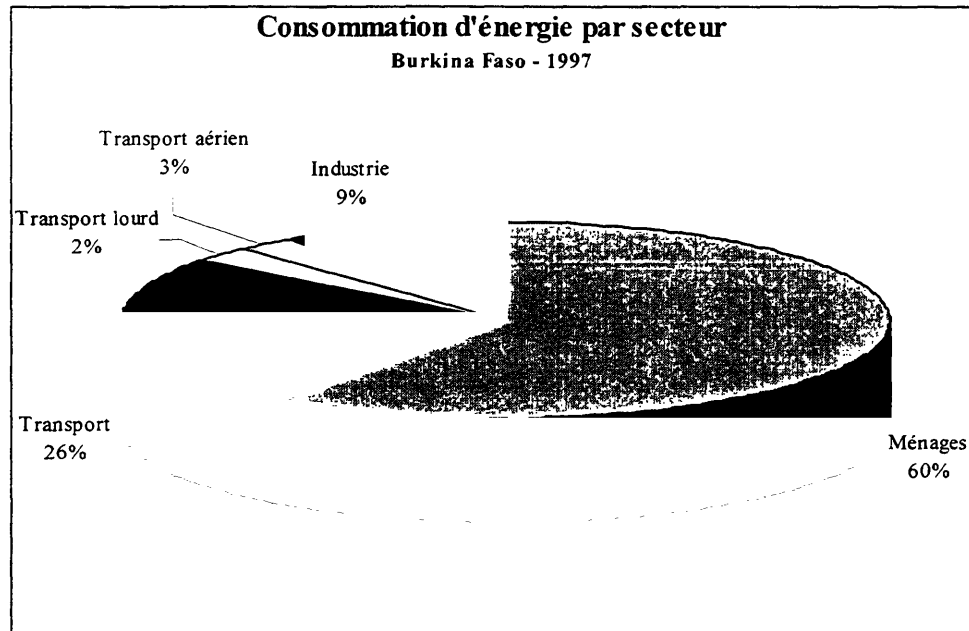
1.5.2 La part du transport dans la pollution de l'air

En ce qui concerne la consommation d'énergie primaire, le bilan énergétique du Burkina Faso montre que le bois représente environ 54 % et le pétrole environ 45 % de la consommation d'énergie du pays. Une partie négligeable de la consommation d'énergie primaire est représentée par le gaz naturel (1%).

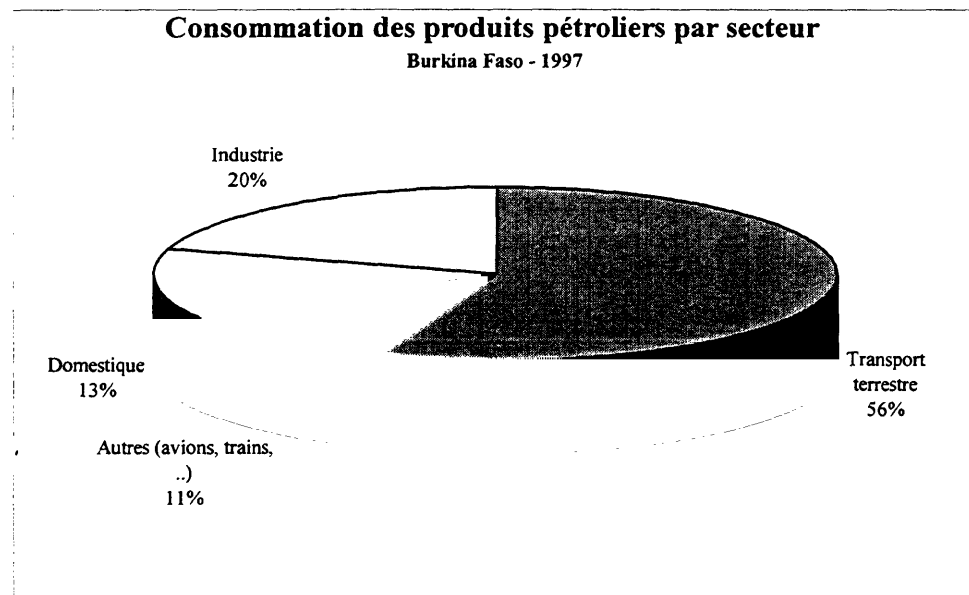


Source : Ministère de l'Energie et des Mines

Le bilan de la consommation d'énergie par secteur montre que le plus gros consommateur d'énergie est le secteur résidentiel (60%). Le transport représente environ 31 % dont 26 % pour le transport terrestre. En plus, le secteur des transports terrestres représente environ 56 % de la facture pétrolière.



Source : Ministère de l'Energie et des Mines

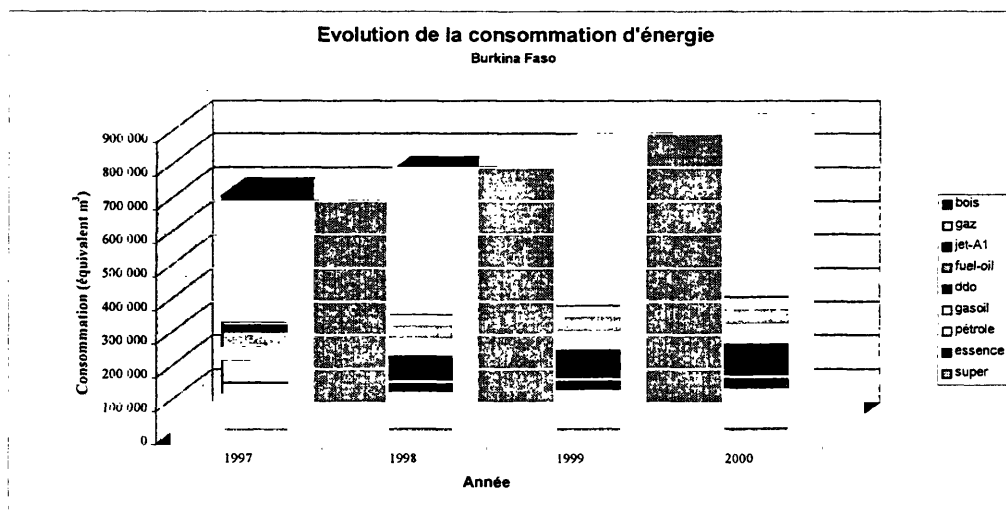


Source : Ministère de l'Energie et des Mines

Les figures montrent donc que le secteur du transport est un important consommateur d'énergie (plus important que l'industrie) ce qui permet de conclure qu'il est responsable pour une grande partie de la pollution de l'air à Ouagadougou. En plus il faut remarquer que le transport a surtout un impact très local sur la qualité de l'air. C'est la raison pour laquelle, la pollution atmosphérique le long des artères principales à Ouagadougou est principalement causée par le transport.

Regardons finalement l'augmentation de la consommation d'énergie depuis 1997. La figure montre que l'augmentation de l'énergie consommée est principalement due à la croissance de la consommation des

produits pétroliers utilisés pour le transport des personnes (essence, super et gasoil en partie). On peut donc en conclure que l'augmentation de la pollution de l'air à Ouagadougou ces dernières années est surtout liée à la croissance de la mobilité, fonction de l'évolution de la démographie.



Source : Ministère de l'Energie et des Mines

1.5.3 Aspects spécifiques au transport : la composition du parc de véhicules en âge et types

Etant donné qu'aucune information concrète n'est disponible sur l'émission du secteur du transport terrestre et sur le niveau de pollution de l'air de Ouagadougou, ces informations ont été calculées. La méthodologie appliquée est décrite plus en détail en annexe. L'application de cette méthodologie nécessite des informations sur le parc des véhicules.

En ce qui concerne le nombre de véhicules à 4 roues nous avons pu obtenir la situation du parc pour la province de Kadiogo auprès du Ministère du Transport et du Tourisme - Direction des Transports Terrestres et Maritimes. Ces données nous ont permis d'obtenir les données à utiliser pour calculer le taux d'émission tel que décrit plus loin (âge du parc, répartition par type de véhicule et par type de carburant utilisé, ...).

Situation 1999 - province de Kadiogo

Type de véhicule	Tranche d'âge (sur base de la répartition du pays)					Total	Age moyen
	De 0 à 5 ans	De 6 à 10 ans	De 11 à 15 ans	De 16 à 20 ans	Plus de 20 ans		
<i>Transp. Personnes</i>							
Véhicules particuliers	2 543	2 693	9 675	10 347	4 260	29 518	14
Autocars	205	264	469	279	249	1 467	14
<i>Transp. Marchandises</i>							
Camionnettes	66	655	1 999	1 999	1 835	6 553	18
Camions	34	344	1 048	1 048	962	3 436	18

Tracteurs routiers	18	179	545	545	500	1 786	18
Remorques	0	3	8	8	7	25	18
Semi-remorques	17	166	506	506	465	1 659	18
<i>Véhicules spéciaux et autres</i>			220			220	
Total	3 103	4 303	14 249	14 731	8 278	44 664	
<i>Transp. Personnes</i>							
Véhicules particuliers	9%	9%	33%	35%	14%	100%	
Autocars	14%	18%	32%	19%	17%	100%	
<i>Transp. Marchandises</i>							
Camionnettes	1%	10%	31%	31%	28%	100%	
Camions	1%	10%	31%	31%	28%	100%	
Tracteurs routiers	1%	10%	31%	31%	28%	100%	
Remorques	1%	10%	31%	31%	28%	100%	
Semi-remorques	1%	10%	31%	31%	28%	100%	
<i>Véhicules spéciaux et autres</i>			100%			100%	

En plus, les données disponibles montrent qu'environ 84 % des véhicules pour le transport de personnes sont des véhicules à essence et 16 % sont des véhicules diesel. Pour le transport des marchandises, la moitié des camionnettes sont des véhicules à essence, l'autre moitié étant des véhicules diesel. La majorité des camions sont des véhicules diesel.

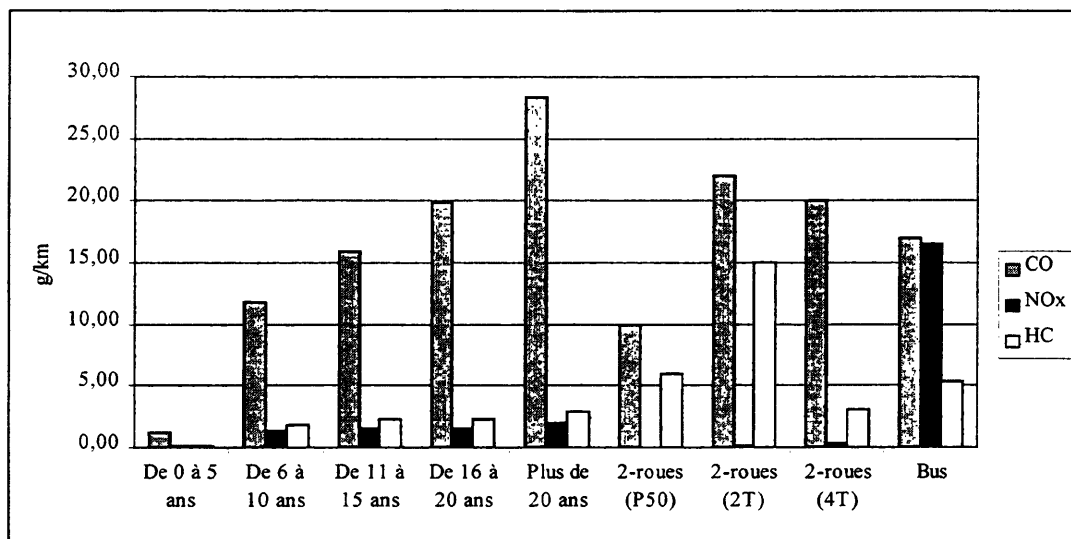
Finalement, les véhicules lourds représentent environ 16 % du parc de véhicules. Par ailleurs les comptages de trafic à Ouagadougou indiquent une présence d'environ 8 % de véhicules lourds sur les routes urbaines. Ceci provient certainement du fait que les véhicules lourds sont utilisés principalement pour le transport interurbain et qu'ils s'arrêtent donc en bordure des villes (gares routières). Afin de mieux approcher la situation réelle pour le calcul des émissions, le parc a donc été recalculé avec un taux de véhicules lourds de 8 %.

Outre les véhicules à 4 roues, un nombre non négligeable de 2-roues circulent à Ouagadougou. L'évaluation du nombre et leur répartition en fonction de la cylindrée est beaucoup plus difficile étant donné que tous les 2-roues ne sont pas soumis à immatriculation. Nous repreneons néanmoins ci-après quelques chiffres indicatifs concernant ce parc :

- Le Burkina Faso compte, en 1997, 106.709 deux-roues motorisés d'une cylindrée supérieure à 50 cc et environ 147.258 deux-roues d'une cylindrée inférieure à 50 cc.
- Ouagadougou totalise environ 75 % de ce parc.

La figure ci-dessous montre que la composition du parc telle que décrite ci-dessus n'est pas un paramètre négligeable dans l'analyse de la pollution de l'air due au transport et dans la définition des solutions envisageables. En effet, le niveau d'émission est fortement lié au type de véhicule et à l'âge du véhicule.

Niveau d'émission par type de véhicule



L'analyse de la figure montre que :

- les véhicules plus récents polluent nettement moins que les véhicules plus âgés;
- un vélomoteur pollue autant qu'une voiture de 16 à 20 ans en ce qui concerne le CO;
- un vélomoteur pollue **10x moins** qu'une voiture de 6 à 20 ans en ce qui concerne le NO_x;
- un vélomoteur pollue **beaucoup plus** qu'une voiture quelque soit son âge en ce qui concerne le HC (les HC sont beaucoup plus nocifs que les NO_x);
- un vélomoteur, qui transporte au maximum deux personnes, rejette en moyenne **plus** de CO et d'HC qu'un bus pouvant contenir un grand nombre de passagers.

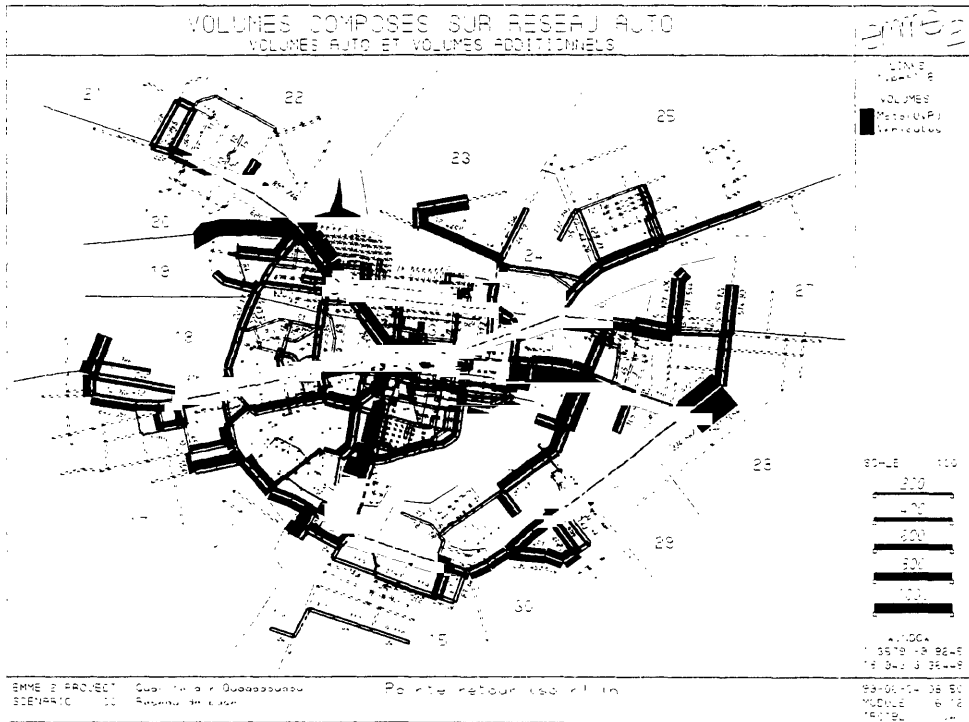
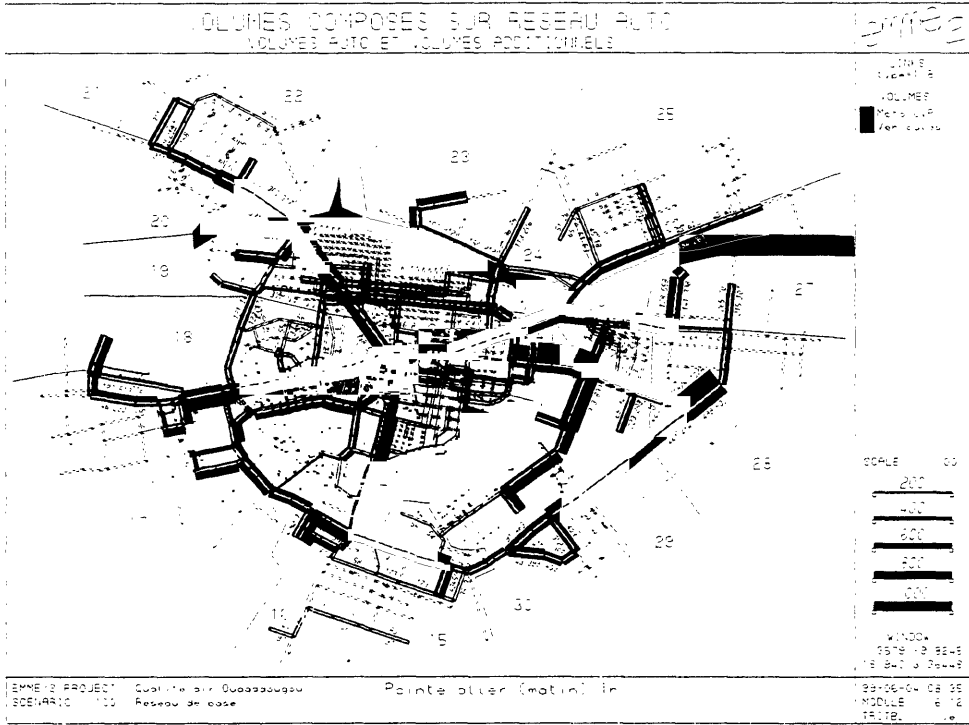
1.5.4 Calcul de la pollution actuelle due au transport

Ce paragraphe présente les résultats d'estimation de la pollution de l'air dans la situation présente. Pour des besoins de comparaison ultérieure avec d'autres simulations, cette situation actuelle est appelée « scénario de référence ».

- Modélisation du trafic

Les résultats des 3 simulations de trafic pour les périodes typiques de la journée (heure de pointe « aller », heure de pointe « retour » et heure normale de jour : voir méthodologie développée en annexe 1) apparaissent aux trois premiers graphiques des pages suivantes :

Le 4ème graphique montre une image de la réduction de la vitesse due à la congestion, à l'heure de pointe aller (matin). Les lignes vertes présentent une vitesse de circulation non réduite. La réduction de vitesse augmente graduellement pour les lignes bleu clair, bleu foncé et rouge (vitesse inférieure à 25% de la vitesse libre). On peut y observer une réduction drastique sur les axes du centre de la ville (environ 5 km de situation qualifiée de grave).



- Modélisation des émissions et de la dispersion

Sur base des trafics ainsi obtenus, l'émission de CO, de NO_x, HC, SO₂ et de PM₁₀ a été calculée. Les résultats complets de ces calculs sont repris en annexe. En plus du niveau d'émission, les annexes reprennent les résultats suivants :

- la concentration maximale : cette valeur correspond à la concentration maximale observée dans les résultats de calculs à une hauteur de 1,50 m en bordure de la route;
- le nombre de km du réseau repris dans le modèle de transport où la norme de l'OMS telle que reprise dans le paragraphe 1.3. n'est pas respectée.

Les résultats d'émission pour le CO, NO_x et HC sont repris dans le tableau à la page suivante. Les figures qui suivent montrent, à titre d'exemple :

1. le niveau d'émission en HC le long des axes de la ville : l'épaisseur du trait représentant le niveau atteint;
2. la valeur de la concentration en NO_x : en plus de la valeur de cette concentration représentée par l'épaisseur du trait, la couleur indique si la valeur obtenue reste en deçà (couleur verte) ou dépasse (couleur rouge) les normes considérées pour l'exposition de courte ou longue durée.

Ces graphiques permettent d'illustrer les endroits à un niveau important d'émission d'HC et également les endroits où des problèmes du point de vue NO_x se posent.

Une analyse des résultats montre que :

- l'émission journalière de CO est d'environ 64 tonnes dont 77 % générés par les 2-roues et 23 % par les 4-roues;
- les 2-roues sont responsables pour environ 95 % des 34 tonnes d'HC émis par jour par les transports urbains³;
- l'émission journalière de NO_x est limitée, grâce à la faible émission de NO_x pour un véhicule 2-roues;
- un taux d'émission faible en SO₂ et PM₁₀ grâce au nombre limité de véhicules diesel;
- les normes de l'OMS pour la concentration sont respectées en ce qui concerne le CO, SO₂ et PM₁₀;
- quelques problèmes se manifestent quant au respect de la norme pour le NO_x principalement pour l'exposition longue durée (environ 50 km du réseau modélisé);
- la concentration en HC dépasse à certains endroits les 7.000 µg/Nm³ pendant l'heure de pointe du retour.

Rappelons encore ici que même si les résultats tels que décrits ci-dessus ne représentent pas exactement une réalité, ils constituent un bon point de départ pour l'évaluation des scénarios tels que décrits ci-après, pour autant que les hypothèses de base ne changent pas.

³ Remarquons que le niveau d'émission est environ 1,3 fois celui de Dakar pour le CO et environ 6 fois pour les HC.

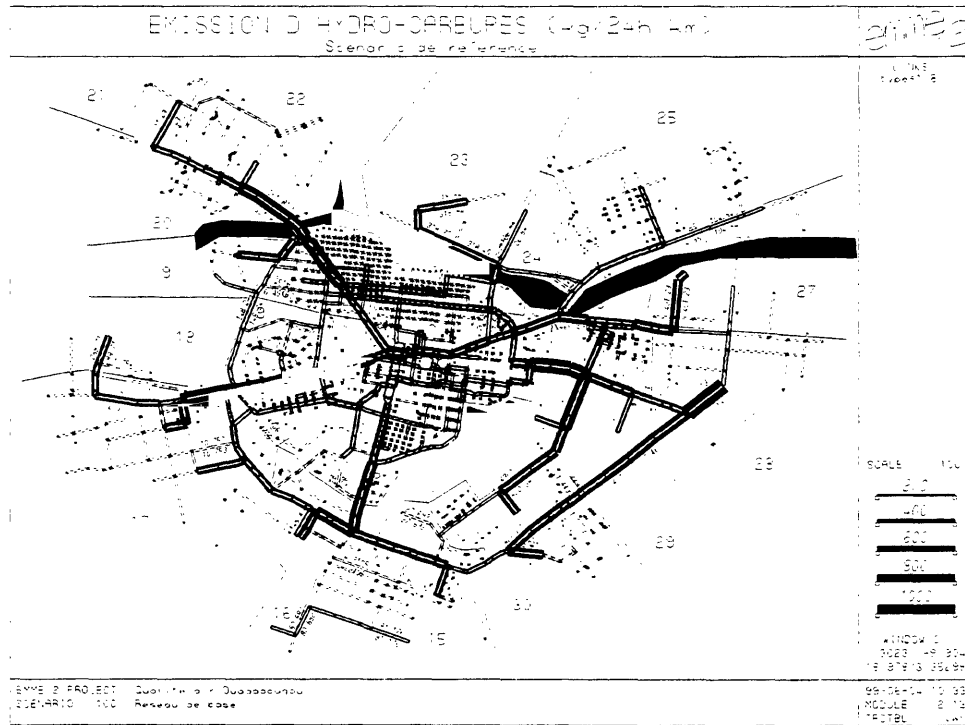
Résultats chiffrés pour l'émission

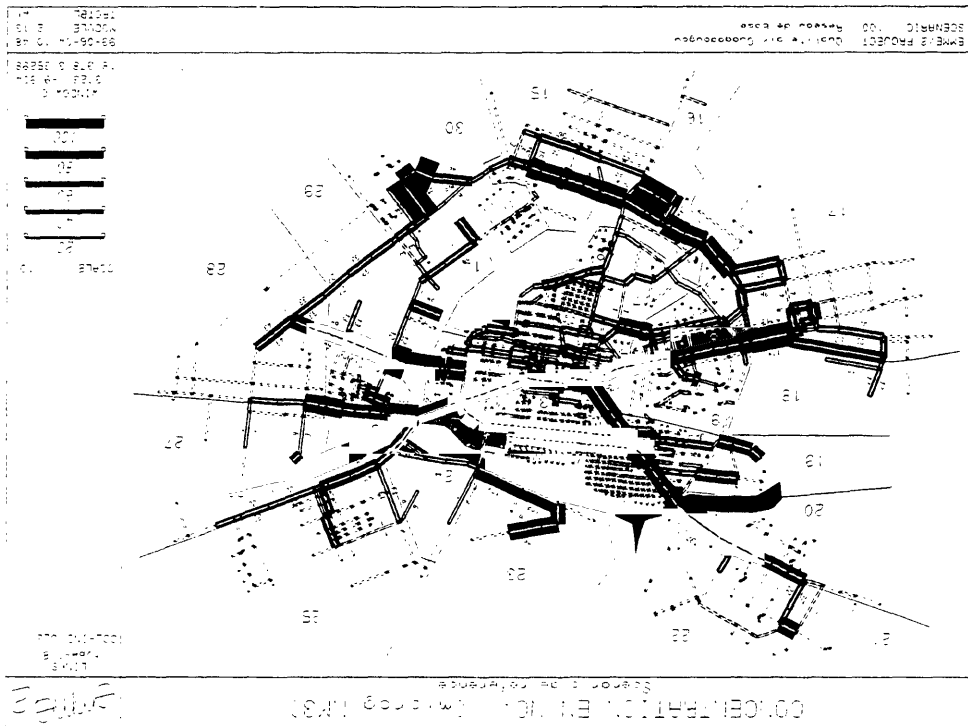
Scénario de référence					
Emission de CO					
	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>		<i>Total</i>
période de pointe du matin (kg/h)	4719	81%	1113	19%	5832
période de pointe du soir (kg/h)	4640	69%	2087	31%	6728
période creuse du jour (kg/h)	2846	78%	799	22%	3645
total de la journée (kg/24h)	49046	77%	14709	23%	63755

Scénario de référence					
Emission de NOx					
	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>		<i>Total</i>
période de pointe du matin (kg/h)	20	12%	144	88%	164
période de pointe du soir (kg/h)	19	7%	239	93%	258
période creuse du jour (kg/h)	12	9%	123	91%	135
total de la journée (kg/24h)	204	9%	2014	91%	2218

Scénario de référence					
Emission d'HC					
	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>		<i>Total</i>
période de pointe du matin (kg/h)	3068	96%	120	4%	3188
période de pointe du soir (kg/h)	3017	93%	221	7%	3238

période creuse du jour (kg/h)	1850	95%	88	5%	1939
total de la journée (kg/24h)	31893	95%	1595	5%	33488





Chapitre 2 : Evolution prévisible du niveau de pollution dû au transport terrestre

2.1 Méthode

L'estimation de l'évolution prévisible de la pollution dans les années futures est basée sur une évolution simulée des trafics dans la ville calculée avec les hypothèses suivantes :

- L'évolution prévue de la population est prise en compte ainsi que sa répartition spatiale programmée.
- Le taux actuel de déplacement individuel journalier est maintenu ainsi que la répartition spatiale en pourcentage de déplacements. Le nombre de déplacements vers le centre ville est donc proportionnel à la croissance de la population des quartiers périphériques. Cette hypothèse est peut-être un peu contraignante car elle ne tient pas compte du développement possible d'activités attractives de déplacements en périphérie. Notons cependant qu'un tel développement n'est pas vraiment encore initié.
- La répartition modale actuelle des déplacements est conservée.
- L'équipement des ménages en moyen de locomotion est inchangé ce qui revient à considérer une croissance du parc de véhicules proportionnelle à la population. Cette approche peut être considérée comme minimaliste car une croissance individuelle de l'équipement est généralement observée. Cependant, on pourra arguer du fait que cette hypothèse compense l'hypothèse trop contraignante évoquée plus haut.
- Le maintien des caractéristiques du parc est également prévu (âge des véhicules, répartition essence-diesel, répartition entre les vélomoteurs 2Temps et 4Temps).

2.2 Trafic généré

2.2.1 Principe du calcul de la demande future en déplacements :

- Croissance globale de la population

Les différents taux de croissance globaux de la population sont extraits de l'étude du Grand Ouaga (voir tableau ci-dessous). En les appliquant à la population des 30 secteurs actuels de la ville (711.576 habitants en 1996) on calcule une population urbaine de 1,3 millions d'habitants en 2005 et de 1,7 millions en 2010.

Evolution globale de la population urbaine

	Hypothèse retenue		Population totale concernée
1996-2000	7,0%	1996	711.576
2000-2005	6,5%	2005	1.277.922
2005-2010	6,0%	2010	1.710.148

- Répartition spatiale de la population

La population actuelle est maintenue dans les quartiers enclavés, on ne considère donc pas de croissance de la densité de population dans le centre ville. La répartition de la croissance de la population se porte donc uniquement sur les quartiers extérieurs en tenant compte de la population actuelle et en pondérant cette croissance par l'importance des zones de développement prévues dans l'étude du Grand Ouaga.

- Evolution des déplacements résultants

Les taux de croissance individuels des populations de chacun des 30 secteurs sont alors appliqués aux matrices de déplacement en fonction du type de matrice. Pour les matrices « aller » par exemple ces taux sont appliqués aux origines des déplacements et pour les matrices « retour » aux secteurs de destination.

2.2.2 Modifications apportées au réseau

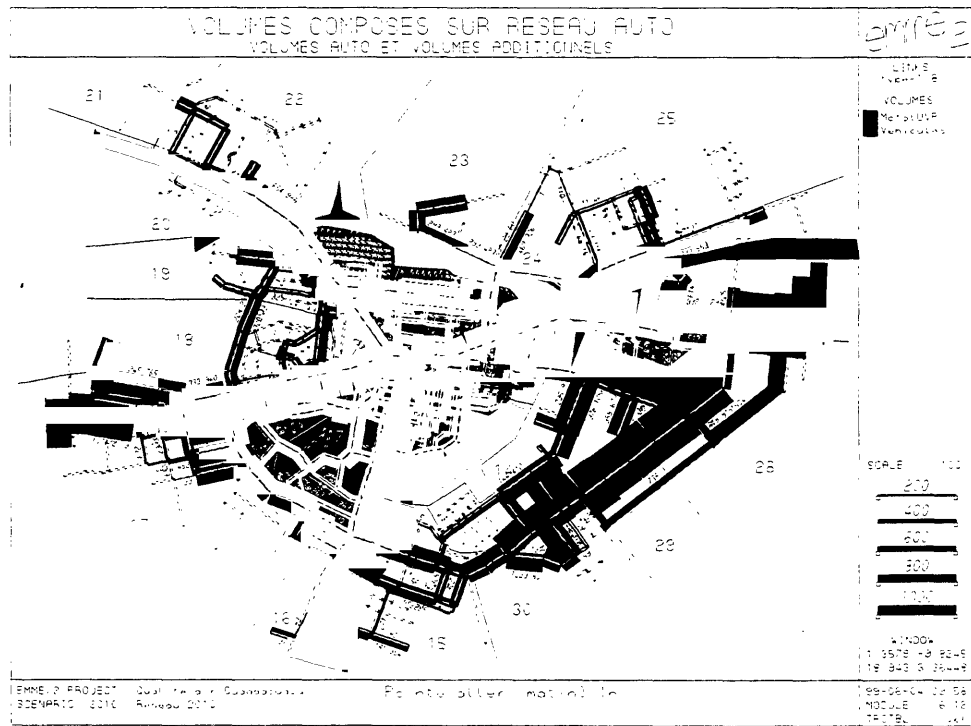
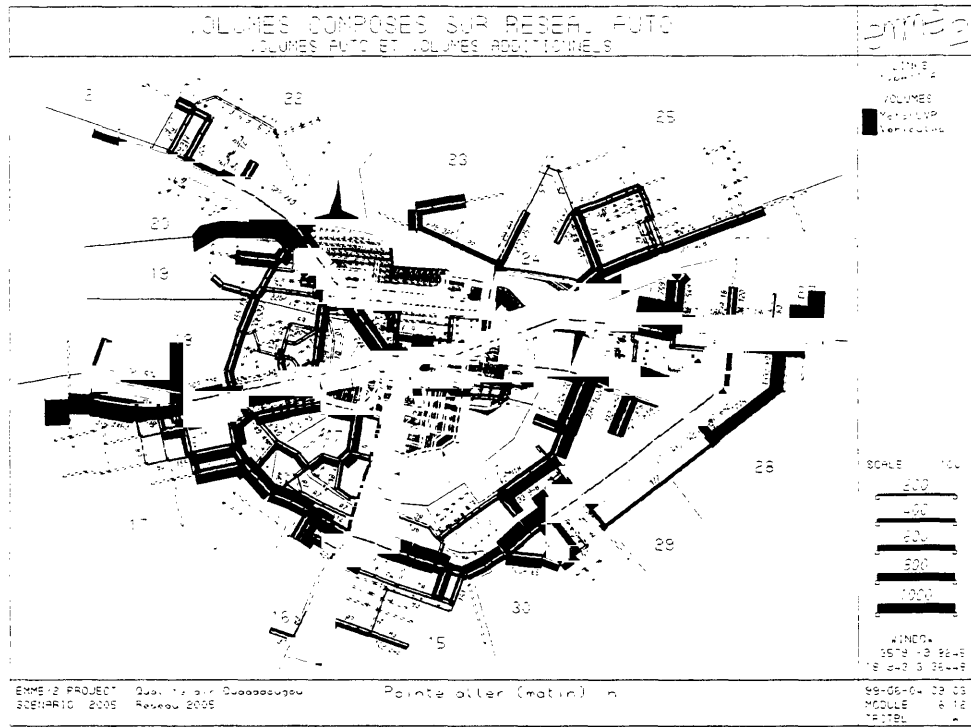
Deux modifications ont été apportées au réseau routier pour tenir compte de l'évolution future.

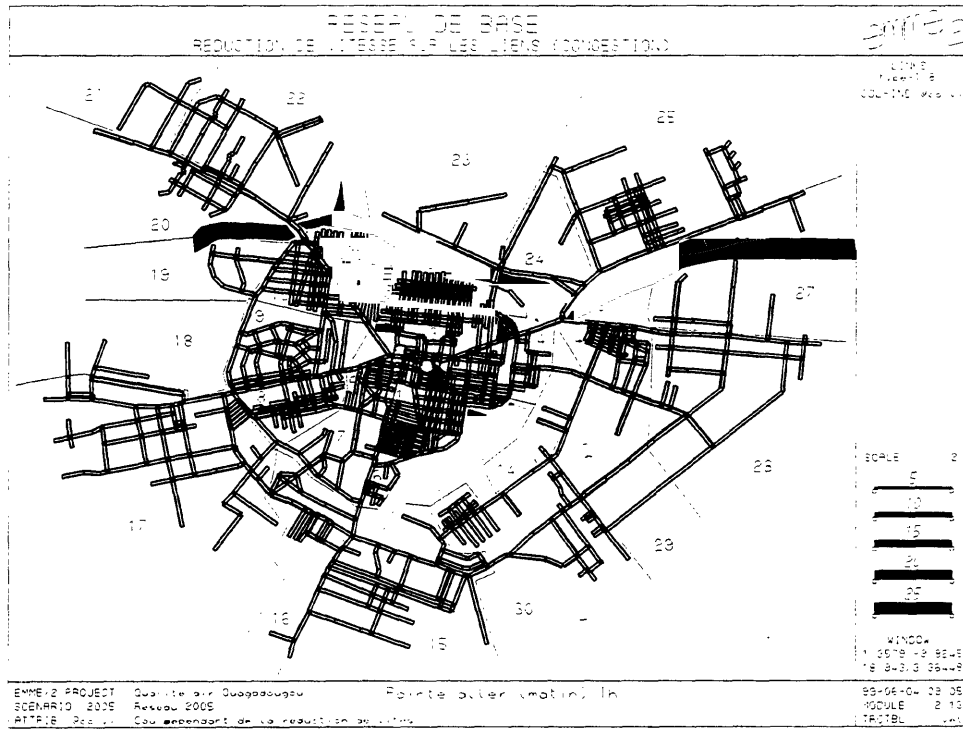
- Les origines et destinations des déplacements des populations futures des quartiers périphériques ont été localisées aux extrémités actuelles, dans notre réseau, des axes principaux de sortie de la ville. Ceci permet de représenter l'extension territoriale de ces quartiers.
- Le remplacement programmé (voir étude du Grand Ouaga) des voiries en terre du centre ville par des voiries revêtues (300 km pour 2005 et 250 km supplémentaires pour 2010) a été simulé par une modification des caractéristiques des liens respectifs.

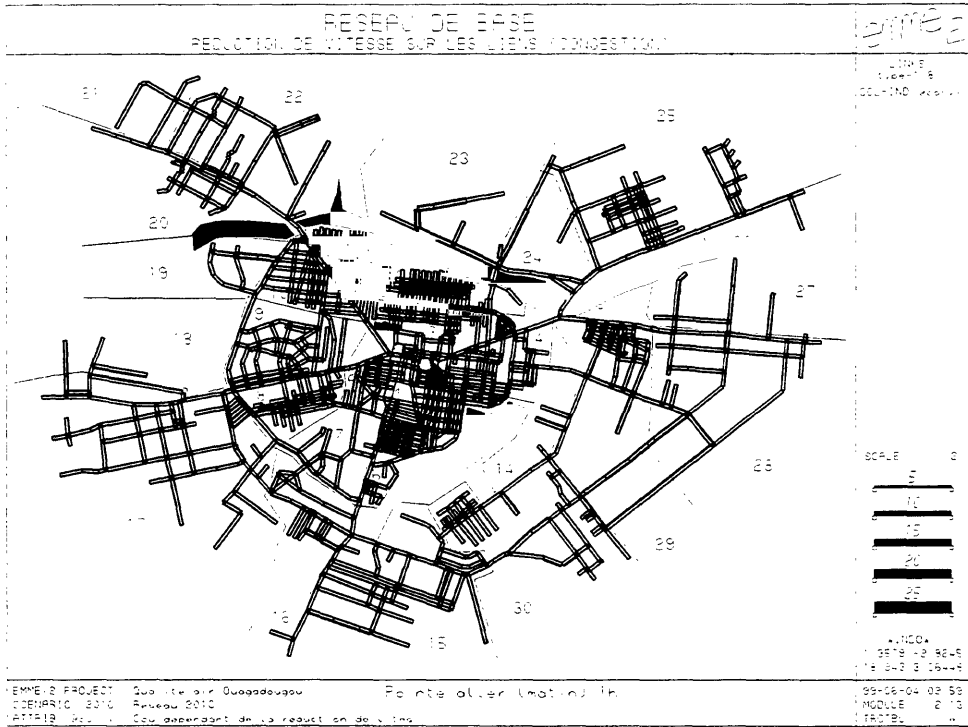
2.2.3 Trafics futurs résultants

Les deux premiers graphiques ci-après montrent l'évolution du trafic de la pointe aller en 2005 et 2010.

Les deux graphiques suivants illustrent la croissance des zones de congestion qui en résulte pour ces années 2005 et 2010.





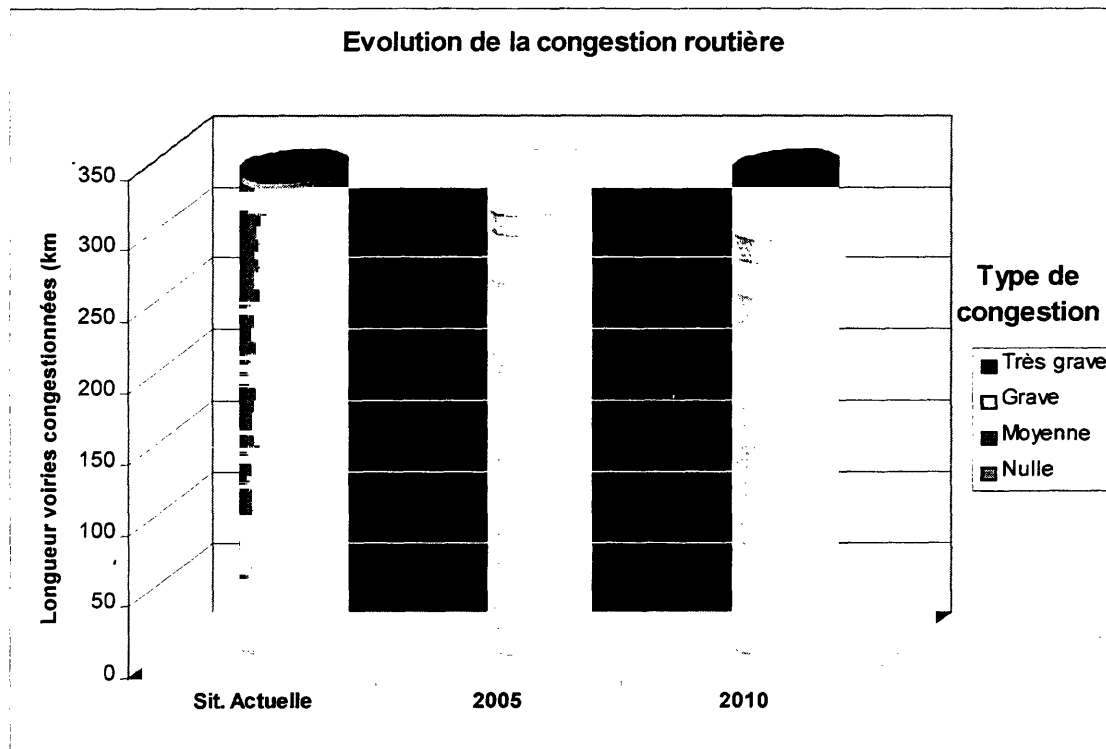


2.2.4 Problème important lié à l'augmentation de trafic

Dans le cadre des hypothèses prises, c'est à dire principalement dans le cas où aucune modification importante des habitudes de déplacements ou de la structure de la ville n'apparaît dans les années prochaines, on constate un accroissement énorme de trafic par rapport à la capacité des voiries. En conséquence, la longueur des voies congestionnées augmente de manière dramatique (voir graphique ci-après). La longueur des voiries présentant une congestion grave sera multipliée par un facteur 10 (45 km pour 5 km actuellement).

Cette simple constatation montre qu'un problème important de mobilité se profile pour le futur de la ville de Ouagadougou qui dépasse le cadre de la qualité de l'air. L'augmentation importante du volume du trafic aura non seulement une conséquence néfaste sur la qualité de vie en ville mais va aussi générer un grand nombre d'heures productives perdues et sera donc un frein important au développement viable de Ouagadougou véritable cœur économique du Burkina Faso.

Seuls un changement important des habitudes de déplacement et une planification urbaine axée sur une décentralisation importante des activités économiques, sociales et culturelles permettra d'éviter ce scénario catastrophe.



2.3 Emission et dispersion

De la même façon que pour la situation de référence, les émissions et l'impact sur la qualité de l'air en bordure de la route ont été calculés pour les scénarios 2005 et 2010. Les résultats sont également repris en annexe et dans le tableau et les figures ci-dessous.

Les résultats ainsi obtenus montrent que :

- sans modification des habitudes et du parc, les émissions augmentent d'une façon très importante indépendamment du polluant considéré (pour le CO : + 85 % pour 2005 et + 164 % pour 2010 par rapport à la situation de référence). L'augmentation importante de l'émission de CO est due à l'augmentation du trafic et également à l'augmentation de la congestion. En effet, un véhicule ralenti émet beaucoup plus de CO qu'un véhicule circulant à plus grande vitesse.
- par rapport à la situation de référence, l'émission et la concentration d'HC double en 2005 et atteint presque 3 fois celle de la situation de référence en 2010 (voir figure après les tableaux pour les émissions) ;
- 80 km de route (20 % du réseau modélisé) dépassent la norme de qualité pour le NO_x en 2005 et 96 km (22 % du réseau modélisé) en 2010 (voir figure après les tableaux pour les concentrations). En plus, les concentrations en NO_x atteignent pendant la pointe de retour des valeurs qui atteignent 5 fois la norme en 2005 et 8 fois la norme en 2010.
- à partir de 2005, les premiers problèmes se posent pour le respect des normes de qualité de l'air pour le CO et le SO₂. Le problème s'aggrave encore pour 2010 ;

Vu l'évolution du niveau de pollution obtenu par les calculs, il est clair que la situation, dans l'hypothèse où les habitudes par rapport à la mobilité et le parc de véhicules ne changent pas, s'aggrave de façon continue pour devenir inacceptable avant 2010. Il est donc très important de prendre, dès maintenant, les mesures adéquates afin de limiter au maximum la dégradation de la qualité de l'air à Ouagadougou. Les mesures envisageables sont décrites au chapitre suivant.

- Résultats chiffrés

Scénario 2005					
Emission de CO					
	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>		<i>Total</i>
période de pointe du matin (kg/h)	8961	76%	2870	24%	11830
période de pointe du soir (kg/h)	8809	60%	5915	40%	14724
période creuse du jour (kg/h)	4535	77%	1348	23%	5883
total de la journée (kg/24h)	85315	72%	32572	28%	117887

Scénario 2005					
Emission de NOx					
	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>		<i>Total</i>
période de pointe du matin (kg/h)	37	11%	285	89%	322
période de pointe du soir (kg/h)	37	7%	467	93%	504
période creuse du jour (kg/h)	19	9%	197	91%	216
total de la journée (kg/24h)	355	9%	3566	91%	3921

Scénario 2005					
Emission d'HC					
	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>		<i>Total</i>
période de pointe du matin (kg/h)	5827	95%	298	5%	6125
période de pointe du soir (kg/h)	5728	91%	598	9%	6326
période creuse du jour (kg/h)	2949	95%	148	5%	3097
total de la journée (kg/24h)	55477	94%	3418	6%	58895
Scénario 2010					
Emission de CO					
	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>		<i>Total</i>
période de pointe du matin (kg/h)	12182	71%	5084	29%	17267
période de pointe du soir (kg/h)	11939	54%	10344	46%	22283
période creuse du jour (kg/h)	5795	72%	2227	28%	8022
total de la journée (kg/24h)	112584	67%	55984	33%	168568

Scénario 2010					
Emission de NOx					
	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>		<i>Total</i>
période de pointe du matin (kg/h)	51	12%	391	88%	442
période de pointe du soir (kg/h)	50	7%	641	93%	691
période creuse du jour (kg/h)	24	9%	248	91%	272
total de la journée (kg/24h)	469	9%	4686	91%	5155

Scénario 2010					
Emission d'HC					
	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>		<i>Total</i>
période de pointe du matin (kg/h)	7922	94%	511	6%	8433
période de pointe du soir (kg/h)	7764	88%	1017	12%	8781
période creuse du jour (kg/h)	3769	94%	234	6%	4002
total de la journée (kg/24h)	73210	93%	5673	7%	78883

Chapitre 3 : Mesures susceptibles d'être adoptées dans le domaine du transport

3.1 Mesures envisageables

L'objectif de ce paragraphe est l'énumération des diverses mesures susceptibles de diminuer la pollution de l'air due au transport urbain à Ouagadougou.

Ces mesures peuvent être définies dans des domaines divers, tels qu'institutionnel, technique ou organisationnel, et nécessiter des investissements d'ampleurs variables tant dans leur coût ou leur difficulté de mise en place que dans leur étalement dans le temps.

D'une manière générale, celles-ci peuvent être regroupées en trois catégories principales selon leur nature intrinsèque:

- Les mesures concernant les véhicules eux-mêmes visant à réduire la pollution totale par une réduction individuelle de l'émission.
- Les mesures opérationnelles qui visent à une meilleure efficacité, en terme de pollution, du secteur du transport urbain en jouant sur les paramètres de l'offre de transport.
- Finalement, les mesures permettant de réduire la demande en déplacement qui sont principalement du domaine de la planification urbaine et de l'organisation sociale.

3.1.1 Actions concernant les véhicules

Ces actions ont toutes comme but de réduire l'émission de polluants en améliorant la qualité du parc des véhicules en circulation dans la ville.

Les actions concernant les véhicules peuvent être axées sur les véhicules 4-roues (indication 4R dans le titre) et/ou les véhicules 2-roues (2R). Plusieurs pistes sont possibles qui peuvent être menées parallèlement.

- Amélioration du parc (4R)

Pour des raisons évidentes de pouvoir d'achat, la grande majorité des véhicules circulant à Ouagadougou sont des véhicules achetés d'occasion en Europe et importés dans le Pays. On se trouve donc en face d'une flotte de véhicules dont les normes de fonctionnement sont déjà anciennes au moment de la mise en circulation dans le pays.

Une réglementation plus stricte de la qualité des véhicules mis sur le marché à Ouagadougou, homologation dépendant entre autres du taux d'émission de gaz du moteur, devrait permettre de concourir à la réduction de la pollution globale. Aucune incitation ne devrait cependant être mise en place, dans ce contexte, visant à privilégier un type de carburant par rapport à un autre (essentiellement entre l'essence et le gazole). En effet, pour l'instant, aucune conclusion définitive quant à une pollution plus importante de l'un ou de l'autre n'est acquise.

La taxation de l'importation des véhicules est un des moyens de pression disponibles pour améliorer le niveau du parc de véhicules.

- Remplacer des vélomoteurs 2T par des vélomoteurs 4T (2R)

La demande importante pour des vélomoteurs 2T n'est pas un phénomène particulier à Ouagadougou. En effet, les vélomoteurs 2T ont plusieurs avantages :

- Ils fournissent une accélération excellente ;
- Ils sont très légers ;
- Leur entretien est facile ;
-

Par contre, dans les paragraphes ci-dessus le désavantage des vélomoteurs 2T a été clairement établi du fait de leur impact sur la qualité de l'air.

Une solution pourrait donc consister à remplacer les vélomoteurs 2T par des vélomoteurs 4T, moins polluants, principalement en ce qui concerne l'émission d'HC. A ce sujet, il est toutefois important de signaler que cette mesure ne résoudra pas nécessairement tous les problèmes de pollution de l'air. En effet :

- l'émission de CO d'un moteur 2T et d'un moteur 4T est plus ou moins comparable;
- l'émission de NO_x d'un moteur 4T est plus importante que celle d'un moteur 2T.

On comprend donc que le remplacement des vélomoteurs 2T par des vélomoteurs 4T devrait permettre de résoudre partiellement le problème des HC mais que cette même solution pourrait engendrer d'autres problèmes, notamment une concentration trop importante de NO_x. Rappelons ici que l'impact des HC sur la santé n'est pas du tout comparable à celui des NO_x.

- Autres mesures concernant les vélomoteurs 2T (2R)

Etant donné les avantages techniques propres au moteur 2T, les constructeurs de vélomoteurs 2T sont à la recherche depuis pas mal de temps de solutions techniques pour diminuer l'effet polluant de ces moteurs. Plusieurs de ces solutions ont été testées et ont prouvé leur efficacité dans les conditions de test.

Ci-après sont repris, pour information, de manière succincte, quelques solutions dont les résultats des tests étaient disponibles dans la littérature :

- retardement du rejet des fumées et utilisation d'un mélange combustible/air plus pauvre : cette solution permet, dans les conditions de test, de réduire l'émission d'HC d'environ 30 % et l'émission de CO d'environ 85 %;
- l'utilisation d'un catalyseur pour réduire l'émission de gaz polluants;
- ...

Ces solutions ne sont pas nécessairement applicables à Ouagadougou :

- ces solutions nécessitent parfois une adaptation des moteurs ce qui peut impliquer un coût trop important;
- les conditions météorologiques locales (température) pourraient rendre ces solutions inefficaces;
- ...

Ces solutions mériteraient toutefois d'être analysées et discutées avec les importateurs et constructeurs de vélomoteurs au Burkina Faso.

- Améliorer la qualité de l'huile pour les 2T et la qualité des mélanges essence/huile (2R)

Un des problèmes majeurs des 2-temps à Ouagadougou provient du mélange essence/huile pour les raisons suivantes :

- dans des conditions idéales, il faut mélanger l'huile à l'essence avec un rapport de 4% d'huile. Généralement à Ouagadougou un mélange de 8 % d'huile est utilisé et parfois même plus ;
- la lubrification des moteurs 2T se fait en mélangeant l'huile avec l'essence dans le réservoir ou en injectant l'huile dans l'essence au moment de la combustion. Dans les deux cas, l'huile ne reste pas dans le moteur mais elle est brûlée en même temps que l'essence et émise avec les fumées. Il est donc évident que, pour obtenir une bonne lubrification, les huiles 2T correspondent à d'autres critères techniques que les huiles de lubrification généralement utilisées pour les moteurs 4T. Il est donc très important d'utiliser une huile adaptée de bonne qualité afin de pouvoir réduire la quantité d'huile mélangée à l'essence. Plusieurs caractéristiques sont importantes à ce niveau : la lubrification, la possibilité de se mélanger à l'essence, ...
- très souvent une essence super est utilisée. L'utilisation de super, qui a un effet plus polluant (présence de plomb dans l'essence super), n'est pas du tout nécessaire pour les moteurs 2T.

Il serait donc important :

- d'informer les utilisateurs des 2T de l'impact de la qualité des mélanges sur la qualité de l'air;
- d'utiliser des mélanges huile/essence de meilleure qualité en limitant la quantité d'huile (par exemple à 6%) et en n'utilisant que l'essence normale;
- de passer, si possible, à des moteurs équipés de système d'injection d'huile;
- de mettre en place des normes de qualité pour l'huile, adaptées aux conditions de Ouagadougou, et contrôler ainsi la qualité des huiles vendues afin de pouvoir limiter la quantité d'huile dans le mélange essence/huile.

- Contrôle technique pour les 2-roues (2R)

La mise en place d'un contrôle technique pour les 2-roues permettrait d'identifier les 2-roues les plus polluants. Ceci nécessiterait évidemment l'élaboration d'une réglementation adaptée en ce qui concerne les émissions polluantes des 2-roues motorisés, la mise en place d'une structure de contrôle plus importante et un suivi de l'application de cette réglementation.

- Qualité des carburants (2R et 4R)

Les mesures s'appliquant aux véhicules peuvent s'accompagner d'une amélioration du secteur des carburants.

Cette amélioration pourrait porter sur la composition des carburants par l'intermédiaire de normes de qualité tels le plomb, la volatilité, le benzène, les éléments aromatiques, le soufre et l'indice de cétane ou d'une restriction de l'utilisation d'additifs.

De même, on peut imaginer un encouragement à une amélioration des performances des carburants (taxation différenciée entre les types de carburants super ou normaux) ou un développement de l'utilisation des carburants de substitution par une taxation différenciée.

- Mise en place d'un réseau de garagistes pour véhicules et vélomoteurs organisés et formés pour obtenir un meilleur entretien des vélomoteurs (2R et 4R)

L'entretien et le réglage des moteurs a une influence importante sur les émissions polluantes.

De plus, ce sont généralement les garagistes qui donnent les instructions d'utilisation aux chauffeurs (type d'huile, quantité d'huile, type d'essence, ...).

Il est donc très important de mettre en place un réseau de garagistes formés et équipés des outils et appareils nécessaires afin de pouvoir réaliser ces entretiens dans les meilleures conditions possibles.

3.1.2 Le fonctionnement opérationnel

Cet ensemble regroupe les actions qui ont pour effet de modifier l'offre de transport tant de manière directe (réorganisation du secteur des transports publics) qu'indirecte (amélioration des conditions de circulation).

- Réorganisation du secteur des transports publics

L'amélioration de l'offre de transport en commun à Ouagadougou est une solution évidente de réduction du nombre de véhicules en mouvement et donc de la pollution générée. On a vu en effet plus haut les valeurs comparées d'émission de polluants entre un bus (plusieurs dizaines de passagers) et un vélomoteur (2 passagers au maximum).

L'offre actuelle, monopole de la société SOTRAO, est réduite à quelques grands axes et est insignifiante en termes de parts de marché.

La demande insistante de permis d'exploiter de la part d'opérateurs privés montre que le besoin en augmentation de cette offre de transport existe.

Il faudra cependant bien prendre garde aux dérives d'une privatisation à outrance de ce secteur et à une multiplication des opérateurs qui risquent, la rentabilité l'exigeant, de concentrer sur quelques axes surchargés l'essentiel des services, délaissant ainsi des zones excentrées. Une charte sociale devrait donc être bien présente dans les réglementations des transporteurs privés.

- Amélioration des conditions de circulation

On peut regrouper sous ce titre toutes les actions visant à une meilleure fluidité du trafic. En effet, à demande de déplacement constante, une amélioration des conditions de trafic, moins d'artères saturées, vitesse de circulation plus élevée, permet une réduction des émissions de polluants.

Les diverses actions permettant d'améliorer les conditions de circulation peuvent comprendre :

- des investissements importants en infrastructures routières tels des liaisons nouvelles ou améliorées
- Un niveau d'entretien renforcé des voiries doit permettre théoriquement une circulation plus fluide et une diminution de l'impact de la pollution. Cependant, l'état actuel des routes principales à Ouagadougou paraît acceptable et aucune amélioration notable de la pollution ne devrait être attendue en conséquence d'une action de renforcement d'entretien des routes.
- La mise en application d'un plan de circulation permettant une bonne répartition des flux dans la ville et évitant les phénomènes de concentration des trajets sur les axes rayonnants principaux de la ville.
- La résorption des "points noirs" de la circulation par l'aménagement de certains carrefours permettant d'augmenter leur fluidité. Ce point ne peut cependant pas être indépendant du précédent car les actions à entreprendre sur ces points noirs doivent être cohérentes entre elles et participer à une gestion globale du trafic.
- Il est certain que des informations fiables et en temps réel sur les conditions de trafic à destination des usagers (conducteurs et passagers de transport en commun) permettent d'améliorer l'ensemble de la fluidité. On pense ici à des systèmes d'informations extérieures visuelles (panneaux à message variable) ou à la transmission d'information à domicile avant le voyage (radio, Internet) ou embarqués (autoradio, guidage par GPS, ...).
Cependant, la mise en place et l'exploitation de tels systèmes risque de s'avérer financièrement fort

lourde. De plus, ces méthodes font appel à une technicité importante. L'ampleur du seul problème de pollution de l'air à Ouagadougou ne permet certainement pas de tels investissements.

3.1.3 Planification urbaine et organisation sociale

Des actions peuvent également être menées pour réduire la demande de déplacement et principalement les déplacements entre les différents quartiers et le centre commercial et administratif de Ouagadougou.

- Planification urbaine

L'essentiel des déplacements s'effectue actuellement entre les quartiers périphériques de Ouagadougou et la zone centrale (arrondissement de Baskuy), qui concentre la toute grande majorité des équipements administratifs, commerciaux et scolaires.

On a vu que si cette situation perdure, l'augmentation de population et des déplacements induits conduira à un blocage généralisé des axes principaux. De plus, l'étalement de la ville, vu la densité faible d'habitants qui y est observée, sera à l'origine d'un allongement spectaculaire des déplacements et donc à une augmentation de la pollution générée et des heures consacrées au déplacement.

Pour répondre à cette situation, il est indispensable d'adopter une politique de planification urbaine basée sur une décentralisation des services à la population et sur une densification de l'habitat en centre ville.

- Organisation sociale

Une grande partie des problèmes de circulation à Ouagadougou provient du taux important de déplacements individuels (3.7 déplacements par jour et par personnes en 1992, soit près du double des capitales africaines voisines).

Toute mesure sociale visant à réduire ce taux de déplacement est donc la bienvenue pour diminuer la pollution de l'air. On peut penser ici à l'étalement des horaires de travail, à l'instauration de la journée continue, à la promotion de cantines scolaires ou d'entreprises permettant de diminuer les retours de midi, ...

3.2 Scénarios analysés

Deux types de mesures ont été évaluées. Les hypothèses retenues sont :

- Amélioration du parc

- Diminution de l'âge moyen du parc de véhicules personnels de 14 ans à 10 ans;
- Introduction du pot catalytique pour les voitures les plus récentes;
- Diminution du taux de soufre dans le diesel (0,2 % max. au lieu de 1 % max. actuellement);
- La moitié des vélomoteurs 2T d'une cylindrée de plus de 50cc sont remplacés par des vélomoteurs 4T. Cette solution devrait permettre de diminuer le problème des HC. Cependant, elle présente également le risque de créer un nouveau problème par augmentation du NO_x. Pour analyser ce risque plus en détail, un scénario hypothétique a également été évalué. Ce scénario hypothétique consiste à remplacer tous les 2-roues 2T par des 2-roues 4T.

- Mesures sur la répartition modale

- Mise en place d'un réseau urbain de transport en commun pour remplacer les vélomoteurs sur les axes principaux où la congestion est la plus importante.
- On considère que durant les pointes aller et retour, 50% des usagers de vélomoteurs utilisent un véhicule de TC (50 places) sur ces axes.
- Durant une heure normale de jour ce taux d'utilisation se réduit à 25%.

Pour évaluer l'effet de ces mesures, le scénario 2010 a été utilisé comme référence. Les résultats détaillés des calculs sont repris en annexe.

Les graphiques des pages suivantes montrent l'effet des mesures en présentant conjointement les émissions des divers polluants, leurs concentrations et les dépassements des normes OMS pour la situation actuelle, les situations 2005 et 2010 et les situations consécutives à l'application de ces mesures.

3.3 Conclusions des simulations

Les deux mesures montrent une diminution du niveau de pollution par rapport au scénario d'évolution naturelle.

Les résultats obtenus sont comparables pour les 2 scénarios tout en sachant que chaque scénario a ses avantages et inconvénients.

Par exemple :

- La modification de la répartition modale donne le meilleur résultat au point de vue émission du CO
- Ce même scénario génère des concentrations en CO plus importantes localisées aux axes principaux que celles de la référence 2010

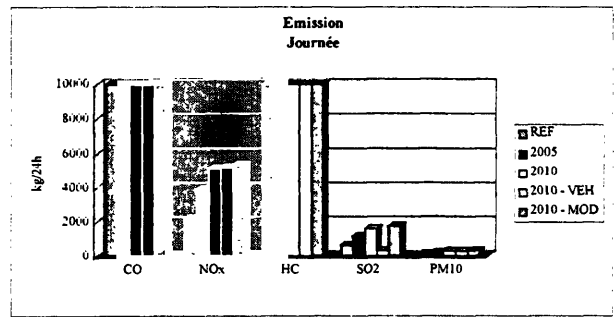
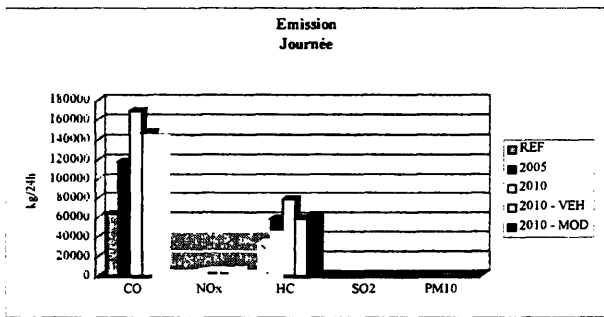
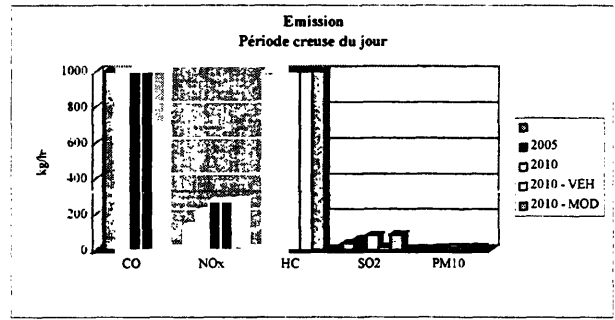
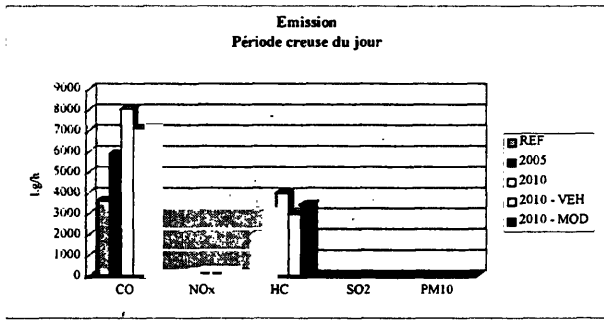
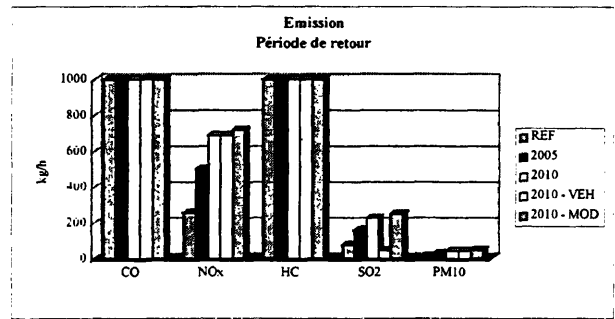
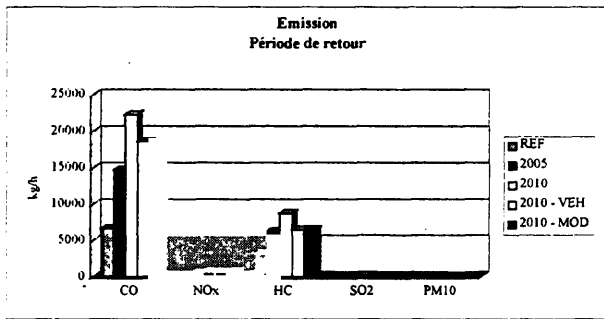
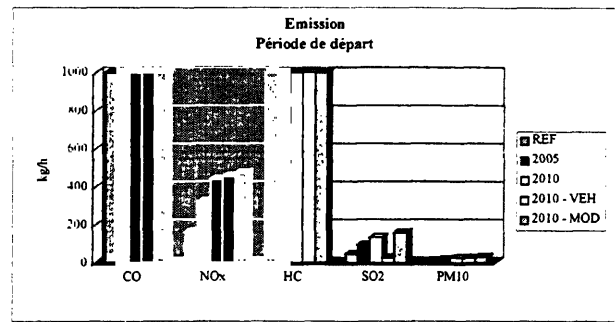
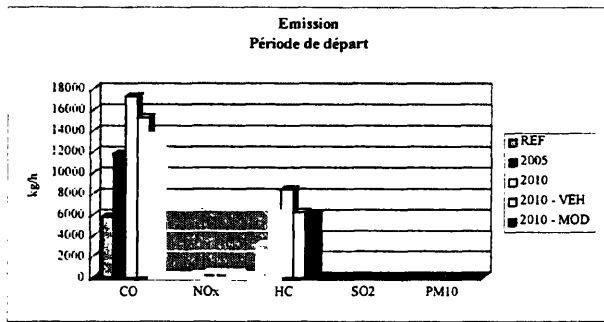
De plus, dans le scénario de mesures sur les véhicules, on constate une augmentation de l'impact des NOx (plus de problèmes de respect de la norme, principalement pour le respect des normes de longue durée). La cause doit en être trouvée dans l'émission plus importante de NOx par les moteurs 4T par rapport aux moteurs 2T (environ 10x plus). C'est la raison pour laquelle le scénario hypothétique a été ajouté. En effet, ce scénario devrait permettre de vérifier si le problème est réellement dû au remplacement des moteurs 2T par des moteurs 4T. Il considère que tous les véhicules 2-roues motorisés sont équipés d'un moteur 4T. Ce scénario met effectivement en évidence une augmentation importante des NOx émis par les vélomoteurs (plus 400%).

Les résultats montrent en plus qu'aucun des deux scénarios ne permet de réduire la pollution à un niveau acceptable et ne permet même pas d'empêcher une dégradation de la situation actuelle. Il est donc clair que les solutions à mettre en place devront être une combinaison de toutes les mesures techniques envisageables avec, absolument, l'analyse d'autres solutions techniques et une modification profonde de la mobilité et des habitudes de déplacement des habitants de la ville.

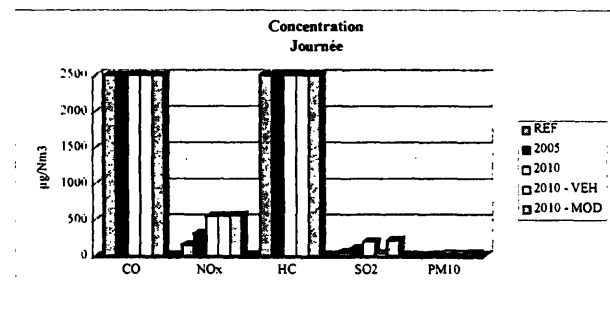
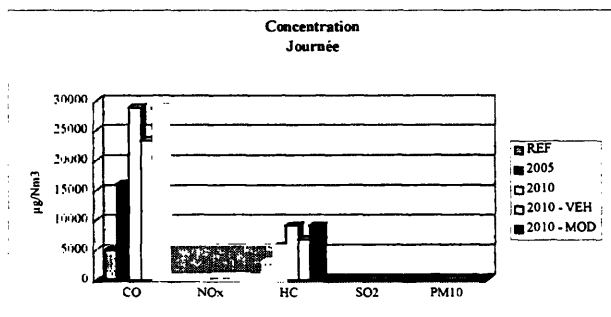
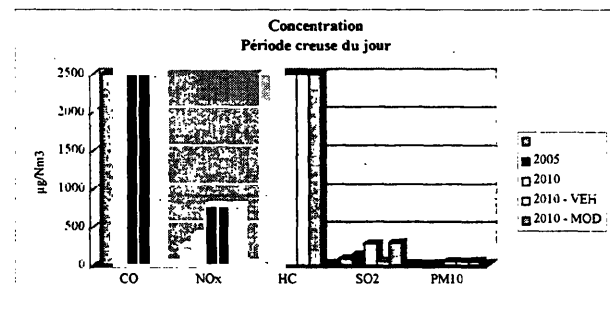
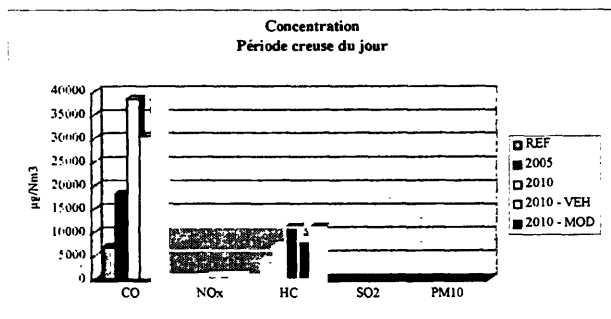
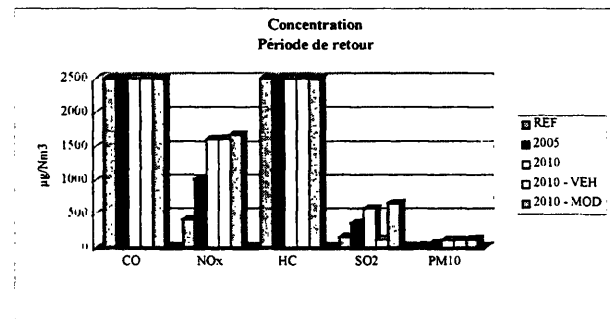
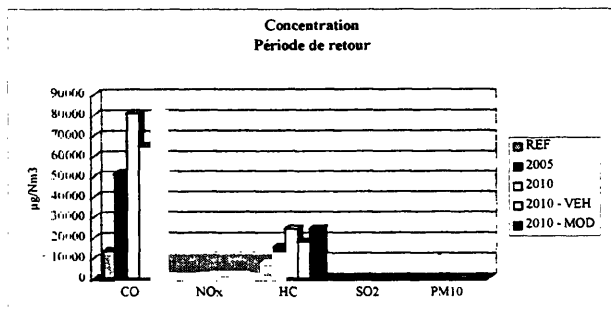
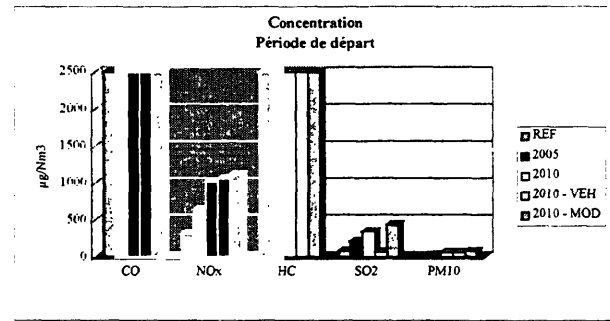
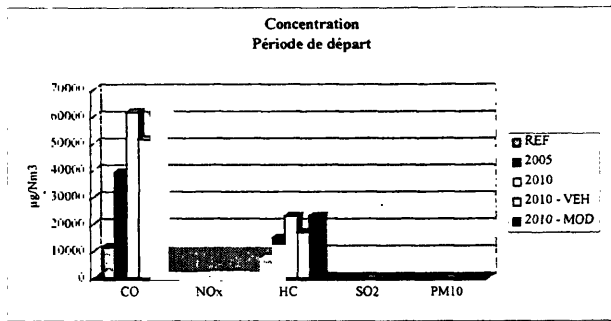
Comparaison des émissions pour les 5 scénarios

Résultats globaux

Zoom sur NO_x, SO₂, PM₁₀

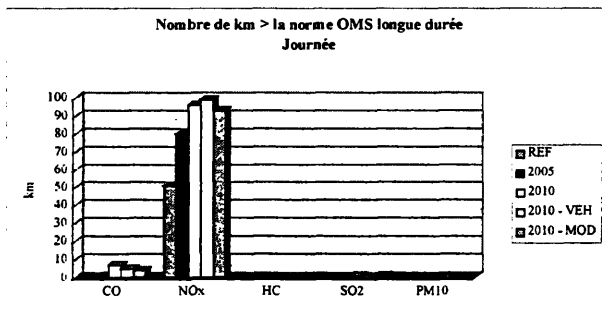
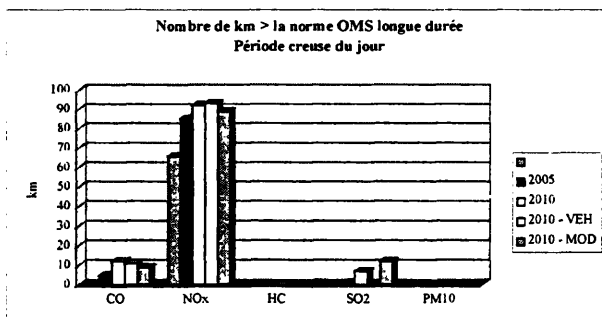
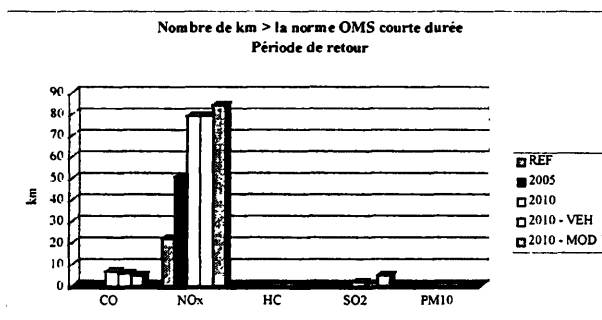
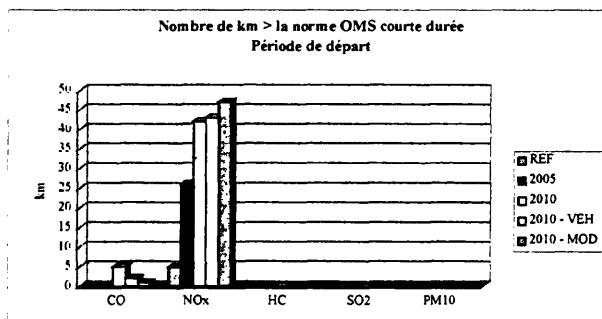


Comparaison de l'impact pour les cinq scénarios
Résultats globaux Concentration Zoom sur NO_x, SO₂, PM₁₀



Comparaison de l'impact pour les cinq scénarios

Nombre de km où la norme OMS est dépassée



Chapitre 4 : Méthode du suivi de la situation

En conclusion, on constate que pour arriver à réduire la pollution dans le futur, il faudra tenir compte des aspects suivants de la question.

- Une meilleure connaissance de la situation actuelle et future en besoins en déplacement, en trafic généré, en pollution, ... est indispensable. En effet, on a vu que l'acuité et la complexité du problème ainsi que la sensibilité des divers paramètres, agissant parfois en sens inverse, réclament une approche circonspécte des solutions à mettre en œuvre.
- Les mesures techniques (mesures sur les véhicules, les carburants, les entretiens, ...) et les mesures institutionnelles qui doivent les sous-tendre sont indispensables et peuvent fournir un début de réponse à la question.
- Cependant, on a également vu qu'elles ne sont pas suffisantes à moyen terme et que les problèmes liés au déplacement dépassent le simple cadre de la pollution. Toute la mobilité risque d'être mise en difficulté dans les années futures si rien ne change dans la structure des besoins de déplacement et les habitudes des personnes⁴.
- Les mesures de planification urbaine (décentralisation, répartition de l'offre d'emploi, des infrastructures et équipements socioculturels, densification du centre urbain, ...) devront donc être menées en parallèle avec des actions de sensibilisation et de formation de la population incitant les personnes à modifier leurs habitudes de déplacement. Ces modifications peuvent concerner aussi bien les règles sociales (journée continue, ...) que l'équipement et la façon de vivre des ménages (promotion du vélo comme moyen de déplacement).

En conséquence, il serait donc intéressant de mettre en place un CENTRE DE COORDINATION multidisciplinaire dont les tâches principales des intervenants issus des divers ministères ou organismes de contrôle impliqués dans le problème de la pollution de l'air seraient:

- *La gestion continue de la mobilité*: les divers aspects de cette tâche englobent l'analyse détaillée de la situation existante, la définition et la compréhension des paramètres explicatifs, la perception de l'évolution prévisible, la définition des orientations à promouvoir, la mise en place de mesures incitatives ou coercitives le suivi des résultats obtenus...
- *Mise en place, suivi et évaluation des mesures techniques*: En dehors des grandes orientations à donner à la mobilité, une autre cellule de ce centre de coordination serait en charge de la recherche et de l'évaluation théorique de solutions techniques à apporter au problème de la pollution, de la mise en place des éléments financiers et techniques nécessaires à l'application de cette mesure, du suivi et de l'analyse des résultats obtenus.

⁴ Rappelons cependant ici que les résultats de calcul de congestion sont basés sur des hypothèses simplificatrices. La population augmentant dans les quartiers périphériques et la structure des déplacements restant inchangée, le nombre de déplacements vers le centre ville augmente de façon importante et probablement plus que le nombre d'emplois nouveaux, par exemple, dans cette zone le nécessiterait. Cette remarque plaide encore pour une meilleure connaissance des besoins et de la structure des déplacements pour la situation actuelle et encore plus pour les années à venir.



BURKINA FASO

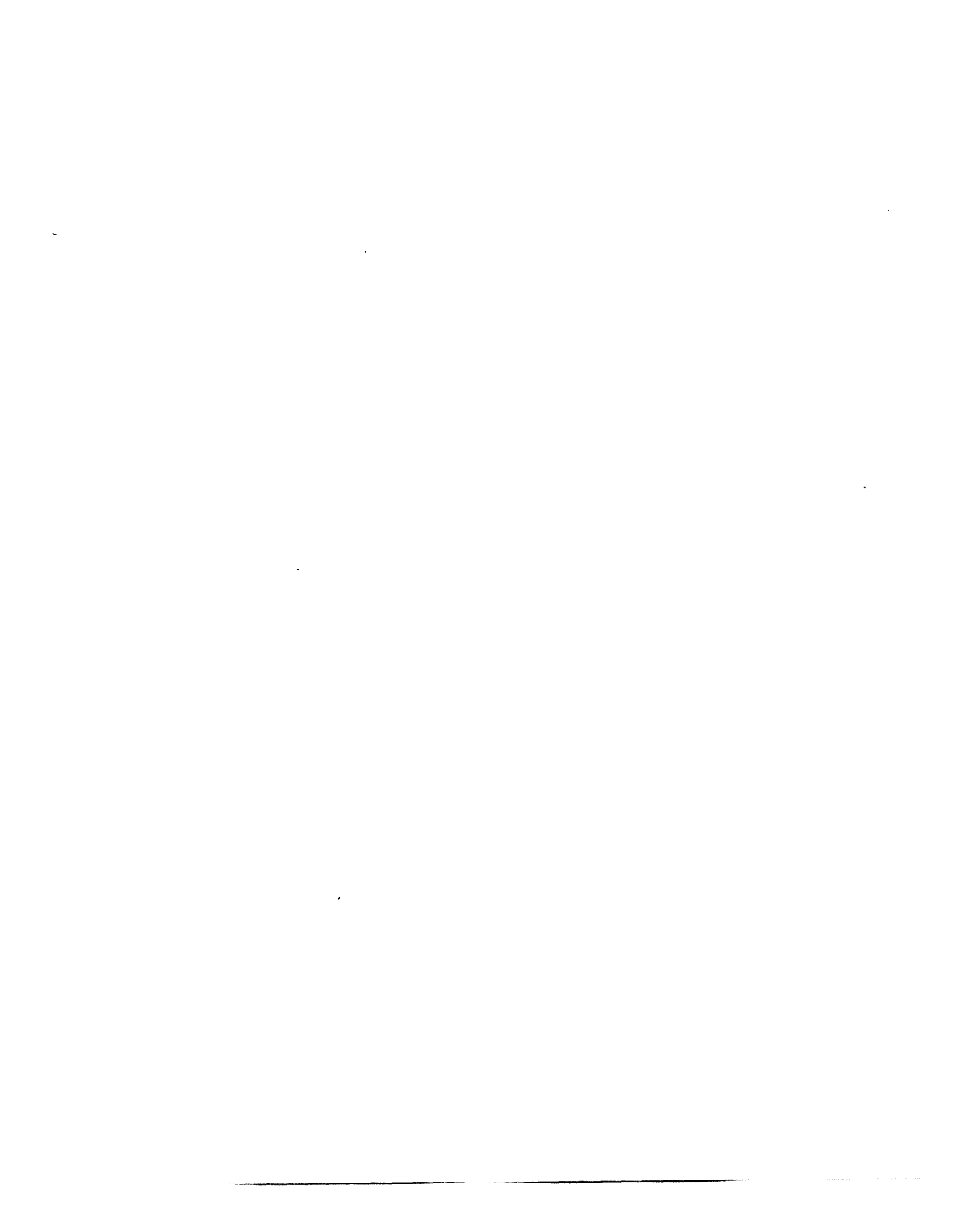
Ministère des Transports et du Tourisme

Direction des Transports Terrestres et Maritimes

**Etude sur la qualité de l'air
à Ouagadougou**



**Rapport Final
Annexes
Juin 1999**



Annexe. Etude sur la qualité de l' air en milieu urbain de Ouagadougou

Annexe1: Modèle de représentation du trafic

Annexe 2: Modélisation de l' émission et de la concentration de polluants

Annexe3: Résultats détaillés des calculs sur la qualité de l' air

Annexe 1 : Modèle de représentation du trafic

1 *Principe et sources des données*

La détermination de la pollution engendrée par la circulation automobile (véhicules privés et transports en commun), nécessite de connaître le trafic journalier dans la ville, les véhicules-km parcourus, les vitesses de déplacement et les caractéristiques du parc automobile.

De plus, la détermination des conséquences d'une modification des données actuelles, qui peut faire l'objet de l'évaluation de l'impact d'une mesure, nécessite la génération et l'analyse d'une nouvelle situation du trafic. Un nouveau scénario peut impliquer tant une modification de l'offre (amélioration du réseau, nouvelle stratégie d'exploitation des transports en commun), qu'une modification de la demande (évolution du nombre de déplacements lié à la planification urbaine).

Pour ces raisons, il a semblé nécessaire de développer un outil de simulation de trafic dans les rues de la ville. Celui-ci permettra de lier de manière mathématique le trafic actuellement observé aux données techniques et aux besoins de déplacement de la population.

Habituellement, le développement d'un tel outil est une étude en soi nécessitant des campagnes générales de comptage et enquêtes sur le terrain et dans les ménages. Le cadre de cette étude n'autorisant pas l'utilisation de tels moyens, on a exploité des données existantes actuelles.

Une modélisation même sommaire du trafic permet de garantir l'utilisation d'un ensemble cohérent de flux de trafic sur les liens dépendant d'hypothèses définies et réagissant globalement à toute modification même locale.

Par la suite, rien n'empêche de compléter et de réactualiser le modèle à l'aide de données plus récentes ou plus exhaustives dès qu'elles sont disponibles.

2 *Description du modèle et données introduites*

Le modèle de représentation du trafic est réalisé à l'aide du logiciel EMME/2. Dans ce type de modèle, les caractéristiques principales sont :

- l'offre de transport représentée par le réseau routier (ou ferroviaire) et ses caractéristiques ainsi que par les données d'exploitation des lignes de transport en commun (itinéraire, fréquence, ...);
- la demande de déplacements par mode (véhicules privés, déplacements en transports en commun, ...) représentée sous forme de matrices Origine-Destination (matrice OD). Ces matrices sont en fait des tableaux donnant, pour une période donnée de la journée, le nombre de déplacements prévus, par le mode concerné, entre chaque petite zone de la ville (appelée "centroïde") et toutes les autres zones.

Le modèle permet d'affecter ces demandes de déplacement sur le réseau concerné, de calculer les trajets utilisés et d'en déduire les flux, vitesses et autres caractéristiques sur toutes les branches.

2.1. L'offre

- Le réseau

Le réseau routier représenté couvre les voies principales urbaines. Une répartition en quatre types a été adoptée : Boulevards (avec 2 ou 3 bandes de circulation dans chaque sens), voiries primaires revêtues, voiries secondaires revêtues, principales voiries non revêtues.

Le total ainsi représenté atteint environ 440 km de voiries divisés en près de 4000 liens unidirectionnels repris directement à partir de la carte d'adressage de Ouagadougou.

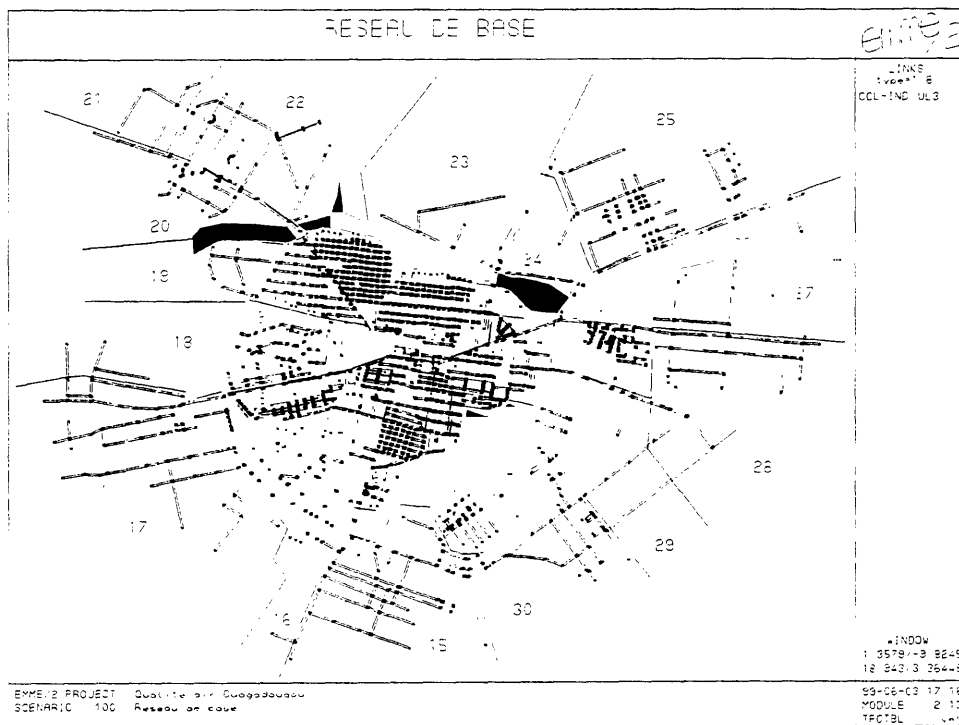
Les voiries internes aux quartiers, essentiellement non revêtues, ne jouent qu'un rôle très limité dans le trafic général de transit (de zone à zone) et ne sont utilisées en général que pour les déplacements lents de pénétration. En dehors du fait qu'il ne sera jamais possible de détailler suffisamment la demande de déplacements pour simuler ce trafic local, on peut considérer que les effets de ce type de déplacement sur le niveau général de pollution ou de congestion de la ville reste négligeable.

Sur base de leur importance présumée, les voiries représentées ont été classées en quatre catégories principales.

Un certain nombre de caractéristiques y ont été associées :

- la vitesse libre, c'est à dire la vitesse maximale à flux nul;
- la capacité (le nombre de véhicules/heure à partir duquel la réduction de vitesse observée dépasse 50% de la vitesse libre);
- et le nombre de voies disponibles.

Le graphique ci-après montre le réseau et la répartition en types de voies.



- Les modes

Sur chacun de ces liens, ont été permis la circulation d'un ou de plusieurs modes de transport de personnes qui sont:

- véhicules à 4 roues;
- véhicules à 2 roues motorisés.

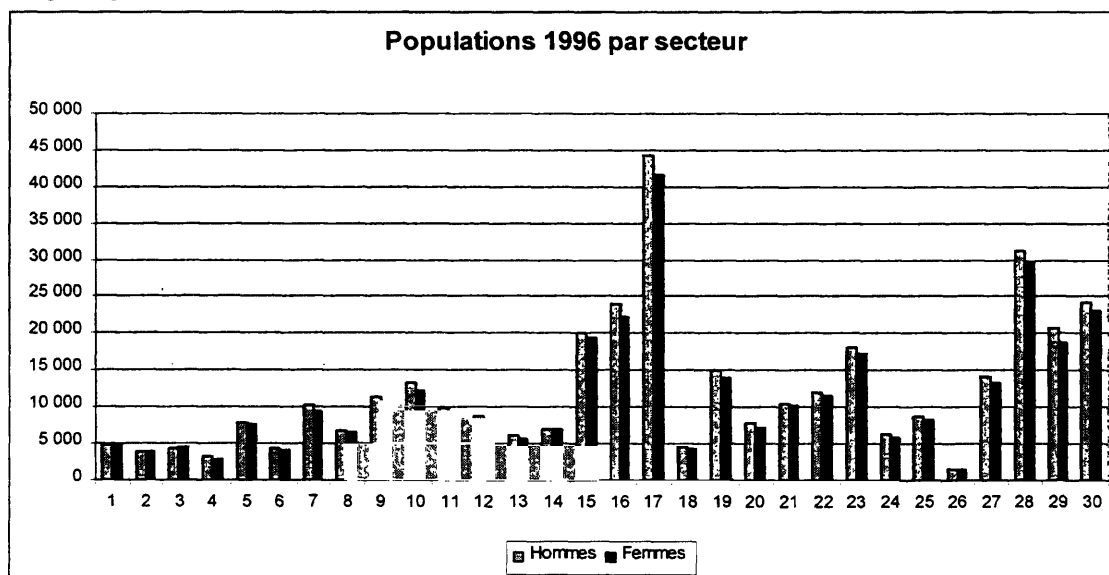
2.2 La demande de déplacements

- Les données de base disponibles

Les seules données de base disponibles pour la détermination de la demande de déplacement sont :

- Les populations du recensement 1996 par secteur (30 secteurs) et la répartition entre les sexes
- L'étude de mobilité de 1992¹

Le graphique ci-après représente le résultat du recensement de 1996 en terme de population par secteur urbain de Ouagadougou.



¹ Analyse du système de déplacement à Ouagadougou – CEDRES – INRETS – LET mars 1993

De l'étude de mobilité, on peut retirer :

1. Les caractéristiques de déplacement par jour par type de personne (permettant ainsi la génération du nombre total de déplacements)

Déplacements élémentaires en fonction du sexe et de l'âge

	Déplacements élémentaires		
	Hommes	Femmes	Moyenne
0-14 ans	4,31	3,21	3,78
15-64 ans	4,41	3,31	3,88
>65 ans	1,75	1,75	1,75
Moyenne	4,32	3,24	3,79

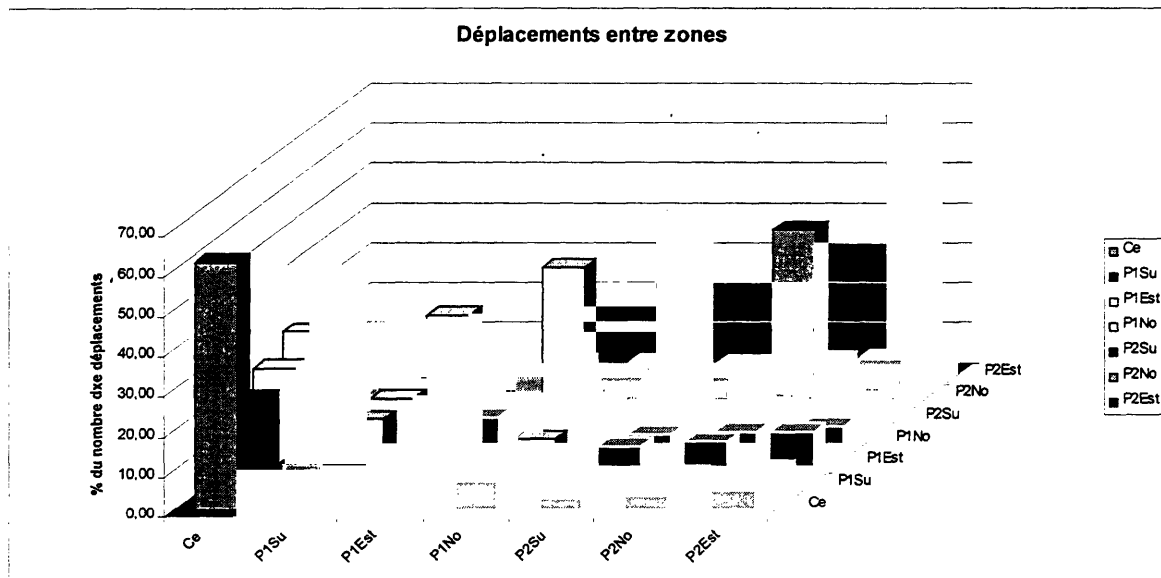
2. Les flux de déplacement entre 5 secteurs de la ville

L'étude fournit, pour un certain nombre de zones représentatives, le pourcentage des déplacements restant dans la zone et ceux se dirigeant vers es autres groupes de zones.

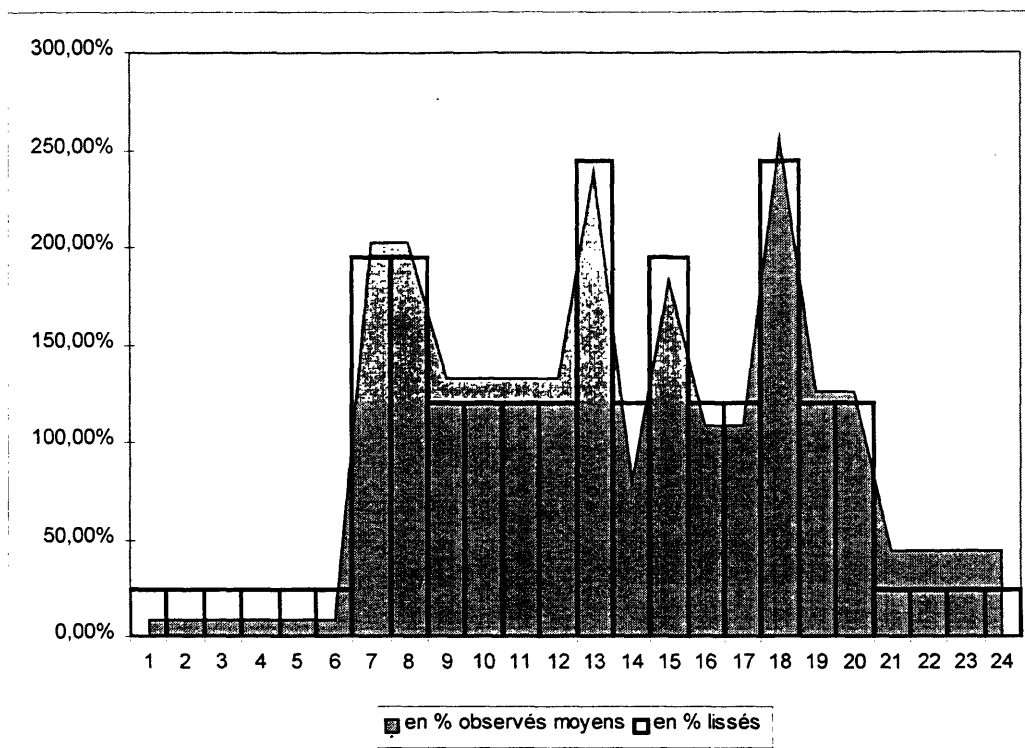
Pour ce faire, une répartition des 30 secteurs en 7 groupes a été effectuée :

Groupe	Nom	Secteurs
Ce	Centre	1 3 4
P1Su	Première couronne Sud	2 6 7 8 9
P1Est	Première couronne Est	5 13 14
P1No	Première couronne Nord	10 11 12
P2Su	Seconde couronne Sud	15 16 17 18
P2Est	Seconde couronne Est	24 25 26 27 28 29 30
P2No	Seconde couronne Nord	19 20 21 22

En fonction de ces informations, une première matrice de répartition des couples de déplacements peut être élaborée exprimée en pourcentage des déplacements.



3. L'évolution journalière du volume des flux de déplacement



Un examen du graphique d'évolution des déplacements totaux journaliers sur la ville, heure par heure, permet de constater que les différentes situations horaires de trafic peuvent se regrouper en quatre catégories :

- les deux heures de pointe du matin (entre 7h et 9h) et l'heure de début d'après-midi (Déplacements « aller » du domicile vers les lieux d'occupation);
- l'heure de pointe de midi et celle du soir (Déplacements « retour » du lieu d'occupation vers le domicile);
- le reste des déplacements de jour qui se concentrent principalement entre 9h du matin et 20h soit sur une période de 9h, périodes de pointe non comprises;
- la période de nuit où les déplacements sont négligeables.

- La génération des matrices :

A partir des informations décrites ci-dessus, il est possible de créer les 3 matrices horaires Origine – Destination (OD) principales de 30 x 30, chaque matrice représentant les déplacements d'une heure des trois période caractéristiques de la journée : Pointe « aller », pointe « retour » et heure normale de jour. Les déplacements de nuit sont donc négligés.

Ces matrices s'obtiennent de la façon suivante :

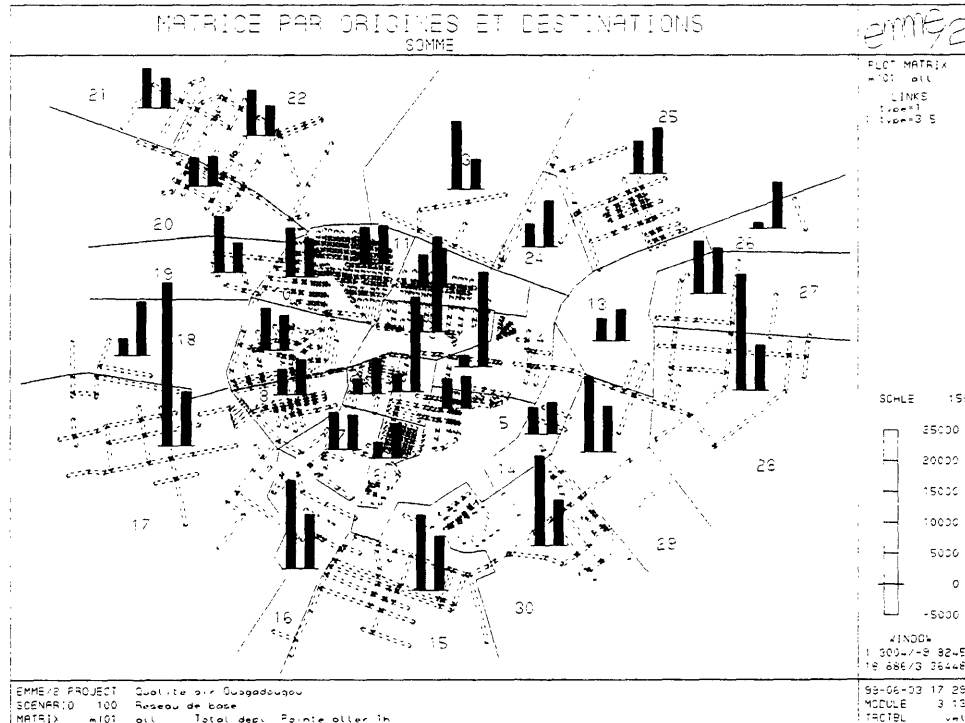
Heure de pointe aller : Les valeurs des populations par zone réparties en enfants, adultes, hommes et femmes sont multipliées par les taux de déplacement individuel et par le rapport entre le volume des déplacements d'une heure « aller » et le total des déplacements journaliers. Ceci fournit le nombre de déplacements générés par les diverses zones. Il suffit de multiplier alors ce vecteur de valeur par la matrice de répartition des déplacements en fonction des couples pour obtenir la matrice d'une heure de pointe « aller ».

Heure de pointe retour : On obtient cette matrice en transposant la matrice « aller » et en modifiant le résultat obtenu par le rapport entre le volume des déplacements d'une heure « aller » et celui d'une heure « retour ».

Heure normale de jour : Cette matrice est une moyenne des deux matrices précédentes pondérée par le volume global d'une heure normale de déplacement sur celui des heures de pointe.

Le schéma ci-après donne un aperçu de la matrice initiale de pointe aller (matin). Les colonnes rouges indiquent la valeur de la génération de déplacements et les colonnes vertes l'attraction

de déplacements. On peut y observer la prédominance des générations de déplacement dans les quartiers périphériques et l'importance de l'attraction des quartiers du centre. Les déplacements internes aux zones apparaissent dans les deux colonnes simultanément.



- **La répartition modale**

L'étape suivante consiste à répartir ces déplacements horaires moyens sur les différents modes de déplacement (répartition modale).

Les répartitions observées entre les différents moyens de transport (voir étude de 1992 citée ci-dessus) sont :

Répartition modale observée

	Moyenne journée	Pointes Matin	Pointe Midi (aller)	Pointe Midi (retour)	Pointe soir	Moyenne Pondérée
Marche à pied	42%	42%	31%	29%	42%	37%
Vélos	10%	11%	12%	10%	11%	11%
Total	52%	53%	43%	39%	53%	48%
2-roues motor.	39%	37%	45%	50%	39%	42%
Voitures	6%	6%	8%	9%	5%	7%
TC	3%	4%	4%	2%	3%	3%
	9%	10%	12%	11%	8%	10%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Les répartitions modales considérées sont alors appliquées sur les matrices, à chaque période, pour créer des matrices par mode :

- matrice de marche à pied et vélo : Il paraît évident que les déplacements à pied (ou en vélo) concernent principalement les déplacements les plus courts. Pour obtenir la matrice contenant en moyenne les 50% de déplacements à pied et à bicyclette, il suffit de ne tenir compte seulement que de 90% de tous les déplacements de moins de 4km et de 70% des déplacements entre 4 et 6 km.
- matrice des déplacements motorisés : Tous les autres déplacements sont considérés comme des déplacements motorisés. Pour faire la distinction entre les voitures et les vélomoteurs on utilise de manière générale les pourcentages du tableau suivant.

Répartition modale des déplacements motorisés

	Vélomoteurs	Voitures
Aller	85%	15%
Jour	80%	20%
Retour	77%	23%

L'utilisation uniforme des mêmes pourcentages pour tous les déplacements se justifie par le fait qu'il n'y a, expérimentalement, aucune distinction de mode en fonction de la longueur du déplacement (les vélomoteurs permettent les mêmes déplacements que les voitures).

- La détermination du nombre de véhicules

Pour transformer ces déplacements en véhicules, on divise les matrices par une occupation standard de 1.2 personnes par véhicule (vélomoteur ou voiture).

2.3. Affectation sur réseau

- Principe

Pour chaque situation retenue (aller, retour et jour), on affecte sur le réseau :

1. Les vélomoteurs en calculant le chemin le plus court et en utilisant une vitesse libre de 40 km/h sur voirie revêtue et de 25 *km/h sur voirie en terre.
2. Les véhicules sur le réseau déjà chargé des vélomoteurs. Cette affectation se fait à l'équilibre : Le modèle recherche pour chaque déplacement OD le chemin le plus court en temps tout en tenant compte des ralentissements engendrés sur les liens par le flot global des véhicules du même type et des vélomoteurs transformés en véhicules équivalents (UVP).

Ces ralentissements sont fonction du volume de trafic et des caractéristiques des liens (nombre de voies, vitesse libre, capacité par voie, etc.). Le processus d'affectation est donc itératif et le modèle recherche le coût généralisé² total minimal de déplacements en répartissant les flux élémentaires entre deux zones sur plusieurs chemins parallèles de manière à ce que les coûts généralisés des trajets deviennent équivalents (affectation à l'équilibre).

- Calibrages sur les heures de pointe

Pour valider la démarche utilisée, il convient de comparer le trafic obtenu par EMME2 à des résultats de comptage.

Nous disposons pour ce faire :

- de résultats de comptages de mouvements pour l'heure de pointe du matin et pour celle du soir sur les carrefours principaux de la ville réalisés par la Mairie en avril 1999;
- de résultats de comptage journaliers réalisés en 1996 sur les points principaux d'entrée et de sortie de la ville (enquête cordon).

Une procédure mathématique permet d'ajuster certaines paires Origine - Destination de la matrice affectée au réseau pour se rapprocher le plus possible des comptages observés. Cette procédure itérative, basée sur une méthode de gradient de correction minimum, permet de minimiser la somme des écarts au carré entre les comptages et les flux mesurés en modifiant le moins possible la matrice originale.

² Ce coût généralisé est une combinaison du temps de déplacement et du coût effectif de ce déplacement lié à la longueur du trajet effectué.

Cette calibration est faite séparément sur la matrice du matin et celle du soir.
Les coefficients de calibration calculés sont utilisés pour corriger la matrice de jour.

3. Résultats

Le modèle permet d'obtenir pour chaque lien et pour chaque sens :

- des informations de base sur le lien (longueur en km, nombre de bandes, type, zone, ...);
- le temps de parcours (et donc la vitesse moyenne des véhicules);
- les volumes de véhicules de chacune des 2 catégories.

Chaque affectation d'une des trois situations de base produit donc un fichier contenant 4000 lignes d'information d'environ 10 valeurs. Ces informations provenant de EMME2 peuvent être importées dans tout autre programme pour traitement postérieur.

Annexe 2 : Modélisation de l'émission et de la concentration des polluants

2.1 Emissions : Le programme CORINAIR

Le programme CORINAIR fait partie du programme CORINE (COOrdination d'INformation Environnementale) destiné à rassembler, coordonner et assurer une cohérence des informations relatives à l'état de l'environnement dans la Communauté Européenne. CORINAIR est l'inventaire des émissions dans l'air du programme CORINE³. Le programme CORINAIR est un recensement des émissions de polluants atmosphériques dues aux différents secteurs d'activité économiques. Parmi les secteurs pris en compte dans ce programme, on retrouve le secteur des transports par route.

Le programme CORINAIR définit :

- pour les différentes catégories de véhicules; et
- pour chacune d'elle, une formule permettant de calculer le facteur d'émission en fonction de la vitesse du véhicule.

2.1.1 Les catégories de véhicules du programme CORINAIR

Les catégories et sous-catégories prises en compte sont les suivantes :

- catégories principales :
 - les voitures personnelles;
 - les véhicules légers à usage commercial < 3,5 T (type camionnette);
 - les véhicules lourds à usage commercial > 3,5 T (type camions);
 - les bus;
 - les 2-roues.
- sous-catégories définies pour les voitures personnelles, en fonction :
 - de la cylindrée (< 1,4 litre; compris entre 1,4 et 2 litres; > 2 litres);
 - de la norme suivant laquelle la voiture a été homologuée;
 - du type de carburant (essence ou diesel);
- sous-catégories définies pour les 2-roues :
 - cylindrée < 50 cc;
 - cylindrée > 50 cc – 2 temps;
 - cylindrée > 50 cc – 4 temps;
- sous-catégories définies pour les véhicules légers à usage commercial, en fonction du type de carburant essence ou diesel.
- sous-catégories définies pour les véhicules lourds à usage commercial en fonction du carburant et du poids : véhicule essence > 3,5 T; véhicule diesel 3,5 - 16 T; véhicule diesel > 16 T.

Il est donc clair que l'émission totale due à la circulation est fonction du parc de véhicules. Pour ce qui concerne la répartition entre les 4-roues et les 2-roues, les résultats du modèle EMME2 ont été repris lien par lien. Pour ce qui concerne la répartition des 4-roues en fonction des différents types de voitures (voiture personnelle, camion, bus, ...) et en fonction de leurs caractéristiques (carburant et âge), les données du parc de Ouagadougou ont été utilisées. Les 2-roues ont également été répartis suivant les données du parc.

Paramètres concernant le parc de véhicules

³ European Commission's CORINAIR Programme. Working Group On Emission Factors for Calculating 1990 Emissions from Road Transport, 1993, Volume 1 : Methodology and Emission Factors

Paramètre		Répartition
Voitures personnelles : âge	> 20 ans	14,5 %
	10 à 20 ans	67,8 %
	< 10 ans	17,7 %
Total		100 %
Voitures personnelles : carburant	essence - sans pot catalytique	84 %
	essence - pot catalytique	0 %
	diesel	16 %
Total		100 %
Minibus carburant :	essence	51 %
	diesel	49 %
Total		100 %
Poids lourds/bus : carburant	essence	0 %
	diesel	100 %
Total		100 %
2-roues	<50 cc	58 %
	> 50 cc	42 %
Total		100 %

2.1.2. Les polluants du programme CORINAIR

Les formules de calcul du programme CORINAIR sont disponibles pour le CO, les composés organiques volatiles (COV), les oxydes d'azote (NO_x) et la consommation de carburant. Pour les véhicules diesel, il y a également une formule disponible pour l'émission de particules.

En ce qui concerne l'émission des particules, il convient de remarquer que les particules d'une taille supérieure à 10 µm tombent rapidement au voisinage de la source et sédimentent. Par contre, les particules inférieures à 10 µm de diamètre (PM₁₀) ont une vitesse de chute négligeable par rapport aux mouvements de convection de l'air et peuvent rester en suspension dans l'air (particules en suspension). Ils sont donc assimilables aux produits gazeux et se comportent comme eux.

Ceci signifie également que ces particules peuvent être inhalées et que c'est, du point de vue impact sur la santé humaine, cette fraction qui doit être prise en compte. Toutes ces particules émises par les véhicules sont en général considérées comme des particules du type PM₁₀.

Pour ce qui concerne l'émission de SO₂, la consommation et le taux de soufre permettent d'évaluer la quantité émise. La teneur en soufre retenue pour les calculs est 1%. Ceci correspond à la valeur maximale suivant les spécifications pour le gas-oil au Sénégal.

Ainsi, sur base des informations données par CORINAIR et les résultats des calculs en EMME2, on a pu estimer les quantités de rejets pour 5 types de polluants :

- Monoxyde de carbone (CO);
- Oxydes d'azote (NO_x);
- Hydrocarbures (HC);
- Dioxyde de soufre (SO₂);
- Les particules en suspension d'un diamètre inférieur à 10 µm.

2.2 Modélisation de la dispersion ou pollution de l'air

Le modèle utilisé a été développé par Tractebel Environnement et est du type 'Gaussien'. Il représente la dispersion des polluants émis par les véhicules circulant dans une rue dégagée.

Les données les plus importantes prises en compte sont :

- la largeur de la rue;
- les données météorologiques : vitesse du vent et direction du vent par rapport à la rue;
- la stabilité de l'atmosphère;
- l'émission calculée suivant la méthode exposée au point 2.1. de la présente annexe.

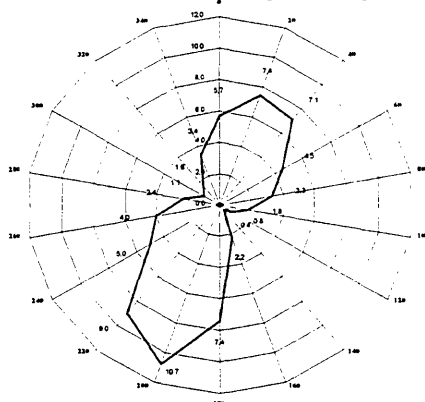
Le modèle rend le niveau de pollution en bordure de la rue à une hauteur de 1,5 m.

Les calculs de dispersion ont été réalisés sur tous les axes du réseau tel que défini en EMME/2. Cette façon de travailler permet d'abord d'identifier les problèmes et ensuite de les localiser.

Pour calculer la concentration des différents polluants dans l'atmosphère, les hypothèses suivantes ont été reprises :

- la largeur de route est fonction du type de route :
 - boulevard : largeur = 25 m;
 - voirie primaire revêtue : largeur = 20 m;
 - voirie secondaire revêtue : largeur = 15 m;
 - principales voiries non-revêtues : largeur = 10 m.
- la direction du vent est constante (vent dominant du Sud-Sud-Ouest – voir rose des vents ci-dessous) :

Rose des vents annuelle Station de Ouagadougou



- pour la vitesse du vent, 3 classes ont été considérées :

- < 5 m/s : 96,5 % du temps;
- 5 à 10 m/s : 3,25 % du temps;
- > à 10 m/s : 0,25 % du temps.

Etant donné que le niveau de pollution est fonction de la position du récepteur, le niveau de pollution pour une hauteur de 1,50 m en bordure de la rue a été retenu dans les évaluations ci-après. Ceci correspond plus ou moins à l'air qui est respiré par les personnes se trouvant dans la rue.

Le niveau de pollution ainsi obtenu est ensuite comparé aux normes telles que décrites dans le chapitre 1 et 2.

Finalement, le modèle donne, par polluant, les résultats suivants :

- la concentration du polluant dans l'atmosphère;
- le nombre de km de rue avec un niveau de pollution dépassant la norme OMS.

Annexe 3 : Résultats détaillés des calculs de qualité de l'air

Scénario de référence					
Emission de CO					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
periode de départ (kg/h)	5832	4719	81%	1113	19%
periode de retour (kg/h)	6728	4640	69%	2087	31%
periode creuse du jour (kg/h)	3645	2846	78%	799	22%
total de la journée (kg/24h)	63755	49046	77%	14709	23%

Scénario de référence	
Concentration maximale de CO dans la zone concernée (µg/Nm3)	
periode de départ	11623
periode de retour	13542
periode creuse du jour	6874
moyenne pondérée pour la journée	5034

Scénario de référence	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO	
periode de départ	0
periode de pointe de soir	0
periode creuse du jour	0
journée	0

Scénario de référence					
Emission de NOx					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de départ (kg/h)	164	20	12%	144	88%
période de retour (kg/h)	258	19	7%	239	93%
période creuse du jour (kg/h)	135	12	9%	123	91%
total de la journée (kg/24h)	2218	204	9%	2014	91%

Scénario de référence	
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	320
période de retour	416
période creuse du jour	255
moyenne pondérée pour la journée	159

Scénario de référence	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le NOx	
période de départ	5
période de pointe de soir	22
période creuse du jour	66
journée	51

Scénario de référence					
Emission de HC					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de départ (kg/h)	3188	3068	96%	120	4%
période de retour (kg/h)	3238	3017	93%	221	7%
période creuse du jour (kg/h)	1939	1850	95%	88	5%
total de la journée (kg/24h)	33488	31893	95%	1595	5%

Scénario de référence	
Concentration maximale de HC dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	7095
période de retour	7399
période creuse du jour	4052
moyenne pondérée pour la journée	3020

Scénario de référence	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le HC	
période de départ	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	-
journée	-

Scénario de référence				
Emission de SO2				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
période de départ (kg/h)	47	-	-	47 100%
période de retour (kg/h)	79	-	-	79 100%
période creuse du jour (kg/h)	39	-	-	39 100%
total de la journée (kg/24h)	650	-	-	650 100%

Scénario de référence	
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	89
période de retour	156
période creuse du jour	90
moyenne pondérée pour la journée	57

Scénario de référence	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2	
période de départ	0
période de pointe de soir	0
période creuse du jour	0
journée	0

Scénario de référence				
Emission de PM10				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
période de départ (kg/h)	9	-	-	9 100%
période de retour (kg/h)	15	-	-	15 100%
période creuse du jour (kg/h)	7	-	-	7 100%
total de la journée (kg/24h)	120	-	-	120 100%

Scénario de référence	
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	17
période de retour	29
période creuse du jour	17
moyenne pondérée pour la journée	11

Scénario de référence	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le PM10	
période de départ	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	0
journée	0

Scénario 2005					
Emission de CO					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de départ (kg/h)	11830	8961	76%	2870	24%
période de retour (kg/h)	14724	8809	60%	5915	40%
période creuse du jour (kg/h)	5883	4535	77%	1348	23%
total de la journée (kg/24h)	117887	85315	72%	32572	28%

Scénario 2005	
Concentration maximale de CO dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	39235
période de retour	51498
période creuse du jour	18247
moyenne pondérée pour la journée	16038

Scénario 2005	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO	
période de départ	0
période de pointe de soir	1
période creuse du jour	5
journée	1

Scénario 2005			
Augmentation de l'émission de CO par rapport au scénario de référence			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	103%	90%	158%
heure de pointe de soir (kg/h)	119%	90%	183%
le creux du jour (kg/h)	61%	59%	69%
journée (kg/24h)	85%	74%	121%

Scénario 2005	
Augmentation de la concentration maximale de CO dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	238%
heure de pointe de soir	280%
le creux du jour	165%
journée	219%

Scénario 2005	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	0%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	0%
journée	0%

Scénario 2005					
Emission de NOx					
	Total	2-roues		4-roues	
période de départ (kg/h)	322	37	11%	285	89%
période de retour (kg/h)	504	37	7%	467	93%
période creuse du jour (kg/h)	216	19	9%	197	91%
total de la journée (kg/24h)	3921	355	9%	3566	91%

Scénario 2005	
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	651
période de retour	1021
période creuse du jour	403
moyenne pondérée pour la journée	518

Scénario 2005	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le NOx	
période de départ	26
période de pointe de soir	51
période creuse du jour	85
journée	80

Scénario 2005			
Augmentation de l'émission de NOx par rapport au scénario de référence			
	Total	2-roues	4-roues
heure de pointe du matin (kg/h)	96%	85%	98%
heure de pointe de soir (kg/h)	95%	95%	95%
le creux du jour (kg/h)	60%	58%	60%
journée (kg/24h)	77%	74%	77%

Scénario 2005	
Augmentation de la concentration maximale de NOx dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	103%
heure de pointe de soir	145%
le creux du jour	58%
journée	100%

Scénario 2005	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	420%
heure de pointe de soir	132%
le creux du jour	29%
journée	57%

Scénario 2005 Emission de HC					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de départ (kg/h)	6125	5827	95%	298	5%
période de retour (kg/h)	6326	5728	91%	598	9%
période creuse du jour (kg/h)	3097	2949	95%	148	5%
total de la journée (kg/24h)	58895	55477	94%	3418	6%

Scénario 2005 Concentration maximale de HC dans la zone concernée ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	
période de départ	14937
période de retour	15547
période creuse du jour	7089
moyenne pondérée pour la journée	5645

Scénario 2005 Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le HC	
période de départ	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	-
journée	-

Scénario 2005 Augmentation de l'émission de HC par rapport au scénario de référence			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	92%	90%	148%
heure de pointe de soir (kg/h)	95%	90%	171%
le creux du jour (kg/h)	60%	59%	68%
journée (kg/24h)	76%	74%	114%

Scénario 2005 Augmentation de la concentration maximale de HC dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	111%
heure de pointe de soir	110%
le creux du jour	75%
journée	87%

Scénario 2005 Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	-
journée	-

Scénario 2005				
Emission de SO2				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
période de départ (kg/h)	96	-	-	96 100%
période de retour (kg/h)	162	-	-	162 100%
période creuse du jour (kg/h)	63	-	-	63 100%
total de la journée (kg/24h)	1180	-	-	1180 100%

Scénario 2005	
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	221
période de retour	366
période creuse du jour	141
moyenne pondérée pour la journée	111

Scénario 2005	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2	
période de départ	0
période de pointe de soir	0
période creuse du jour	1
journée	0

Scénario 2005			
Augmentation de l'émission de SO2 par rapport au scénario de référence			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	
heure de pointe du matin (kg/h)	104%	-	104%
heure de pointe de soir (kg/h)	105%	-	105%
le creux du jour (kg/h)	62%	-	62%
journée (kg/24h)	82%	-	82%

Scénario 2005	
Augmentation de la concentration maximale de SO2 dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	148%
heure de pointe de soir	135%
le creux du jour	57%
journée	95%

Scénario 2005	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2 par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	0%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	0%
journée	0%

Scénario 2005 Emission de PM10				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
période de départ (kg/h)	18	-	-	18 100%
période de retour (kg/h)	30	-	-	30 100%
période creuse du jour (kg/h)	12	-	-	12 100%
total de la journée (kg/24h)	219	-	-	219 100%

Scénario 2005 Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	41
période de retour	69
période creuse du jour	26
moyenne pondérée pour la journée	21

Scénario 2005 Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le PM10	
période de départ	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	0
journée	0

Scénario 2005 Augmentation de l'émission de PM10 par rapport au scénario de référence				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	100%	-	-	100%
heure de pointe de soir (kg/h)	100%	-	-	100%
le creux du jour (kg/h)	71%	-	-	71%
journée (kg/24h)	83%	-	-	83%

Scénario 2005 Augmentation de la concentration maximale de PM10 dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	141%
heure de pointe de soir	138%
le creux du jour	53%
journée	91%

Scénario 2005 Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10 par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	0%
journée	0%

Scénario 2010					
Emission de CO					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de départ (kg/h)	17267	12182	71%	5084	29%
période de retour (kg/h)	22283	11939	54%	10344	46%
période creuse du jour (kg/h)	8022	5795	72%	2227	28%
total de la journée (kg/24h)	168568	112584	67%	55984	33%

Scénario 2010	
Concentration maximale de CO dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	61614
période de retour	80872
période creuse du jour	38380
moyenne pondérée pour la journée	28834

Scénario 2010	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO	
période de départ	5
période de pointe de soir	7
période creuse du jour	12
journée	7

Scénario 2010			
Augmentation de l'émission de CO par rapport au scénario de référence			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	196%	158%	357%
heure de pointe de soir (kg/h)	231%	157%	396%
le creux du jour (kg/h)	120%	104%	179%
journée (kg/24h)	164%	130%	281%

Scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de CO dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	430%
heure de pointe de soir	497%
le creux du jour	458%
journée	473%

Scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	0%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	0%
journée	0%

Scénario 2010					
Emission de NOx					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de départ (kg/h)	442	51	12%	391	88%
période de retour (kg/h)	691	50	7%	641	93%
période creuse du jour (kg/h)	272	24	9%	248	91%
total de la journée (kg/24h)	5155	469	9%	4686	91%

Scénario 2010	
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	1023
période de retour	1604
période creuse du jour	783
moyenne pondérée pour la journée	555

Scénario 2010	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le NOx	
période de départ	42
période de pointe de soir	79
période creuse du jour	92
journée	96

Scénario 2010			
Augmentation de l'émission de NOx par rapport au scénario de référence			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	170%	155%	172%
heure de pointe de soir (kg/h)	168%	163%	168%
le creux du jour (kg/h)	101%	100%	102%
journée (kg/24h)	132%	130%	133%

Scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de NOx dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	220%
heure de pointe de soir	286%
le creux du jour	207%
journée	249%

Scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	740%
heure de pointe de soir	259%
le creux du jour	39%
journée	88%

Scénario 2010					
Emission de HC					
	Total	2-roues		4-roues	
période de départ (kg/h)	8433	7922	94%	511	6%
période de retour (kg/h)	8781	7764	88%	1017	12%
période creuse du jour (kg/h)	4002	3769	94%	234	6%
total de la journée (kg/24h)	78883	73210	93%	5673	7%

Scénario 2010	
Concentration maximale de HC dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	23026
période de retour	24415
période creuse du jour	11111
moyenne pondérée pour la journée	9080

Scénario 2010	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le HC	
période de départ	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	-
journée	-

Scénario 2010			
Augmentation de l'émission de HC par rapport au scénario de référence			
	Total	2-roues	4-roues
heure de pointe du matin (kg/h)	165%	158%	326%
heure de pointe de soir (kg/h)	171%	157%	360%
le creux du jour (kg/h)	106%	104%	166%
journée (kg/24h)	136%	130%	256%

Scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de HC dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	225%
heure de pointe de soir	230%
le creux du jour	174%
journée	201%

Scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	-
journée	-

Scénario 2010				
Emission de SO2				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
période de départ (kg/h)	135	-	-	135 100%
période de retour (kg/h)	228	-	-	228 100%
période creuse du jour (kg/h)	82	-	-	82 100%
total de la journée (kg/24h)	1595	-	-	1595 100%

Scénario 2010	
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	347
période de retour	574
période creuse du jour	282
moyenne pondérée pour la journée	197

Scénario 2010	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2	
période de départ	0
période de pointe de soir	2
période creuse du jour	7
journée	1

Scénario 2010				
Augmentation de l'émission de SO2 par rapport au scénario de référence				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	187%	-	-	187%
heure de pointe de soir (kg/h)	189%	-	-	189%
le creux du jour (kg/h)	110%	-	-	110%
journée (kg/24h)	145%	-	-	145%

Scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de SO2 dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	290%
heure de pointe de soir	268%
le creux du jour	213%
journée	246%

Scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2 par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	0%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	0%
journée	0%

Scénario 2010				
Emission de PM10				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
période de départ (kg/h)	25	-	-	25 100%
période de retour (kg/h)	42	-	-	42 100%
période creuse du jour (kg/h)	15	-	-	15 100%
total de la journée (kg/24h)	296	-	-	296 100%

Scénario 2010	
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée (µg/Nm ³)	
période de départ	65
période de retour	108
période creuse du jour	53
moyenne pondérée pour la journée	37

Scénario 2010	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le PM10	
période de départ	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	0
journée	0

Scénario 2010			
Augmentation de l'émission de PM10 par rapport au scénario de référence			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	178%	-	178%
heure de pointe de soir (kg/h)	180%	-	180%
le creux du jour (kg/h)	114%	-	114%
journée (kg/24h)	147%	-	147%

Scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de PM10 dans la zone concernée par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	282%
heure de pointe de soir	272%
le creux du jour	212%
journée	236%

Scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10 par rapport au scénario de référence	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	0%
journée	0%

Scénario 2010 - véhicules					
Emission de CO					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de départ (kg/h)	15270	11842	78%	3428	22%
période de retour (kg/h)	18635	11606	62%	7029	38%
période creuse du jour (kg/h)	7123	5634	79%	1490	21%
total de la journée (kg/24h)	147190	109440	74%	37750	26%

Scénario 2010 - véhicules	
Concentration maximale de CO dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	51587
période de retour	64878
période creuse du jour	30558
moyenne pondérée pour la journée	23314

Scénario 2010 - véhicules	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO	
période de départ	2
période de pointe de soir	6
période creuse du jour	11
journée	5

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de CO par rapport au scénario 2010			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-12%	-3%	-33%
heure de pointe de soir (kg/h)	-16%	-3%	-32%
le creux du jour (kg/h)	-11%	-3%	-33%
journée (kg/24h)	-13%	-3%	-33%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de CO dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-16%
heure de pointe de soir	-20%
le creux du jour	-20%
journée	-19%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-60%
heure de pointe de soir	-14%
le creux du jour	-8%
journée	-29%

Scénario 2010 - véhicules					
Emission de NOx					
	Total	2-roues		4-roues	
période de départ (kg/h)	457	88	19%	369	81%
période de retour (kg/h)	691	86	12%	605	88%
période creuse du jour (kg/h)	275	42	15%	233	85%
total de la journée (kg/24h)	5230	814	16%	4415	84%

Scénario 2010 - véhicules	
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	1063
période de retour	1606
période creuse du jour	779
moyenne pondérée pour la journée	559

Scénario 2010 - véhicules	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le NOx	
période de départ	43
période de pointe de soir	79
période creuse du jour	93
journée	99

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de NOx par rapport au scénario 2010			
	Total	2-roues	4-roues
heure de pointe du matin (kg/h)	3%	73%	-6%
heure de pointe de soir (kg/h)	0%	72%	-6%
le creux du jour (kg/h)	1%	75%	-6%
journée (kg/24h)	1%	74%	-6%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de NOx dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	4%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	-1%
journée	1%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	2%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	1%
journée	3%

Scénario 2010 - véhicules					
Emission de HC					
	Total	2-roues		4-roues	
période de départ (kg/h)	6277	5881	94%	397	6%
période de retour (kg/h)	6542	5763	88%	779	12%
période creuse du jour (kg/h)	2984	2797	94%	187	6%
total de la journée (kg/24h)	58775	54346	92%	4430	8%

Scénario 2010 - véhicules	
Concentration maximale de HC dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	17089
période de retour	18116
période creuse du jour	8244
moyenne pondérée pour la journée	6737

Scénario 2010 - véhicules	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le HC	
période de départ	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	-
journée	-

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de HC par rapport au scénario 2010			
	Total	2-roues	4-roues
heure de pointe du matin (kg/h)	-26%	-26%	-22%
heure de pointe de soir (kg/h)	-25%	-26%	-23%
le creux du jour (kg/h)	-25%	-26%	-20%
journée (kg/24h)	-25%	-26%	-22%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de HC dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-26%
heure de pointe de soir	-26%
le creux du jour	-26%
journée	-26%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	-
journée	-

Scénario 2010 - véhicules				
Emission de SO2				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
période de départ (kg/h)	27	-	-	27 100%
période de retour (kg/h)	46	-	-	46 100%
période creuse du jour (kg/h)	16	-	-	16 100%
total de la journée (kg/24h)	319	-	-	319 100%

Scénario 2010 - véhicules	
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	69
période de retour	115
période creuse du jour	56
moyenne pondérée pour la journée	39

Scénario 2010 - véhicules	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2	
période de départ	0
période de pointe de soir	0
période creuse du jour	0
journée	0

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de SO2 par rapport au scénario 2010			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-80%	-	-80%
heure de pointe de soir (kg/h)	-80%	-	-80%
le creux du jour (kg/h)	-80%	-	-80%
journée (kg/24h)	-80%	-	-80%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de SO2 dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-80%
heure de pointe de soir	-80%
le creux du jour	-80%
journée	-80%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2 par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	#DIV/0!
heure de pointe de soir	-100%
le creux du jour	-100%
journée	-100%

Scénario 2010 - véhicules				
Emission de PM10				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
période de départ (kg/h)	25	-	-	25 100%
période de retour (kg/h)	42	-	-	42 100%
période creuse du jour (kg/h)	15	-	-	15 100%
total de la journée (kg/24h)	296	-	-	296 100%

Scénario 2010 - véhicules	
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	
période de départ	65
période de retour	108
période creuse du jour	53
moyenne pondérée pour la journée	37

Scénario 2010 - véhicules	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le PM10	
période de départ	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	0
journée	0

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de PM10 par rapport au scénario 2010			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	0%	-	0%
heure de pointe de soir (kg/h)	0%	-	0%
le creux du jour (kg/h)	0%	-	0%
journée (kg/24h)	0%	-	0%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de PM10 dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	0%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	0%
journée	0%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10 par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	#DIV/0!
journée	#DIV/0!

Scénario 2010 - véhicules (Variante)					
Emission de CO					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de départ (kg/h)	19628	16200	83%	3428	17%
période de retour (kg/h)	22906	15877	69%	7029	31%
période creuse du jour (kg/h)	9196	7707	84%	1490	16%
total de la journée (kg/24h)	187463	149713	80%	37750	20%

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Concentration maximale de CO dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	62692
période de retour	75726
période creuse du jour	35401
moyenne pondérée pour la journée	27422

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO	
période de départ	7
période de pointe de soir	7
période creuse du jour	14
journée	10

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de CO par rapport au scénario 2010			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	14%	33%	-33%
heure de pointe de soir (kg/h)	3%	33%	-32%
le creux du jour (kg/h)	15%	33%	-33%
journée (kg/24h)	11%	33%	-33%

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de CO dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	2%
heure de pointe de soir	-6%
le creux du jour	-8%
journée	-5%

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	40%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	17%
journée	43%

Scénario 2010 - véhicules (Variante)					
Emission de NOx					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de départ (kg/h)	612	243	40%	369	60%
période de retour (kg/h)	843	238	28%	605	72%
période creuse du jour (kg/h)	349	116	33%	233	67%
total de la journée (kg/24h)	6661	2246	34%	4415	66%

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	1458
période de retour	1992
période creuse du jour	952
moyenne pondérée pour la journée	705

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le NOx	
période de départ	69
période de pointe de soir	102
période creuse du jour	115
journée	116

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de NOx par rapport au scénario 2010			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	38%	376%	-6%
heure de pointe de soir (kg/h)	22%	376%	-6%
le creux du jour (kg/h)	28%	383%	-6%
journée (kg/24h)	29%	379%	-6%

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de NOx dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	43%
heure de pointe de soir	24%
le creux du jour	22%
journée	27%

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	64%
heure de pointe de soir	29%
le creux du jour	25%
journée	21%

Scénario 2010 - véhicules (Variante)					
Emission de HC					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
periode de depart (kg/h)	2827	2430	86%	397	14%
periode de retour (kg/h)	3161	2382	75%	779	25%
période creuse du jour (kg/h)	1343	1156	86%	187	14%
total de la journée (kg/24h)	26887	22457	84%	4430	16%

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Concentration maximale de HC dans la zone concernée ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	
periode de depart	8295
periode de retour	9526
période creuse du jour	4410
moyenne pondérée pour la journée	3484

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le HC	
periode de depart	-
periode de pointe de soir	-
période creuse du jour	-
journée	-

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de HC par rapport au scénario 2010			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-66%	-69%	-22%
heure de pointe de soir (kg/h)	-64%	-69%	-23%
le creux du jour (kg/h)	-66%	-69%	-20%
journée (kg/24h)	-66%	-69%	-22%

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de HC dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-64%
heure de pointe de soir	-61%
le creux du jour	-60%
journée	-62%

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	-
journée	-

Scénario 2010 - véhicules (Variante)				
Emission de SO2				
	Total	2-roues		4-roues
période de départ (kg/h)	27	-	-	27 100%
période de retour (kg/h)	46	-	-	46 100%
période creuse du jour (kg/h)	16	-	-	16 100%
total de la journée (kg/24h)	319	-	-	319 100%

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de départ	69
période de retour	115
période creuse du jour	56
moyenne pondérée pour la journée	39

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2	
période de départ	0
période de pointe de soir	0
période creuse du jour	0
journée	0

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de SO2 par rapport au scénario 2010			
	Total	2-roues	4-roues
heure de pointe du matin (kg/h)	-80%	-	-80%
heure de pointe de soir (kg/h)	-80%	-	-80%
le creux du jour (kg/h)	-80%	-	-80%
journée (kg/24h)	-80%	-	-80%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de SO2 dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-80%
heure de pointe de soir	-80%
le creux du jour	-80%
journée	-80%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2 par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	#DIV/0!
heure de pointe de soir	-100%
le creux du jour	-100%
journée	-100%

Scénario 2010 - véhicules (Variante)				
Emission de PM10				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
periode de depart (kg/h)	25	-	-	25 100%
periode de retour (kg/h)	42	-	-	42 100%
periode creuse du jour (kg/h)	15	-	-	15 100%
total de la journée (kg/24h)	296	-	-	296 100%

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
periode de depart	65
periode de retour	108
periode creuse du jour	53
moyenne pondérée pour la journée	37

Scénario 2010 - véhicules (Variante)	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le PM10	
periode de depart	-
periode de pointe de soir	-
periode creuse du jour	0
journée	0

Mesures sur les véhicules (Variante) par rapport au scénario 2010				
Augmentation de l'émission de PM10 par rapport au scénario 2010				
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	0%	-	-	0%
heure de pointe de soir (kg/h)	0%	-	-	0%
le creux du jour (kg/h)	0%	-	-	0%
journée (kg/24h)	0%	-	-	0%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de PM10 dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	0%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	0%
journée	0%

Mesures sur les véhicules par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10 par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	#DIV/0!
journée	#DIV/0!

Scénario 2010 - modes					
Emission de CO					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de pointe du matin (kg/h)	13538	8602	64%	4936	36%
période de retour (kg/h)	18559	8544	46%	10014	54%
période creuse du jour (kg/h)	7137	4955	69%	2182	31%
total de la journée (kg/24h)	141963	87486	62%	54476	38%

Scénario 2010 - modes	
Concentration maximale de CO dans la zone concernée ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	
période de pointe du matin	61616
période de retour	80875
période creuse du jour	38382
moyenne pondérée pour la journée	28835

Scénario 2010 - modes	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO	
période de pointe du matin	1
période de pointe de soir	5
période creuse du jour	9
journée	4

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de CO par rapport au scénario 2010			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	-22%	-29%	-3%
heure de pointe de soir (kg/h)	-17%	-28%	-3%
le creux du jour (kg/h)	-11%	-14%	-2%
journée (kg/24h)	-16%	-22%	-3%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
2010	
Augmentation de la concentration maximale de CO dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	0%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	0%
journée	0%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le CO par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-80%
heure de pointe de soir	-29%
le creux du jour	-25%
journée	-43%

Scénario 2010 - modes					
Emission de NOx					
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>		<i>4-roues</i>	
période de pointe du matin (kg/h)	475	36	8%	439	92%
période de retour (kg/h)	722	36	5%	686	95%
période creuse du jour (kg/h)	279	21	8%	258	92%
total de la journée (kg/24h)	5380	364	7%	5016	93%

Scénario 2010 - modes	
Concentration maximale de NOx dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de pointe du matin	1122
période de retour	1675
période creuse du jour	783
moyenne pondérée pour la journée	572

Scénario 2010 - modes	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le NOx	
période de pointe du matin	47
période de pointe de soir	84
période creuse du jour	89
journée	93

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de NOx par rapport au scénario 2010			
	<i>Total</i>	<i>2-roues</i>	<i>4-roues</i>
heure de pointe du matin (kg/h)	7%	-29%	12%
heure de pointe de soir (kg/h)	4%	-28%	7%
le creux du jour (kg/h)	3%	-13%	4%
journée (kg/24h)	4%	-22%	7%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de NOx dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	10%
heure de pointe de soir	4%
le creux du jour	0%
journée	3%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les NOx par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	12%
heure de pointe de soir	6%
le creux du jour	-3%
journée	-3%

Scénario 2010 - modes					
Emission de HC					
	Total	2-roues		4-roues	
période de pointe du matin (kg/h)	6098	5594	92%	504	8%
période de retour (kg/h)	6550	5556	85%	994	15%
période creuse du jour (kg/h)	3453	3222	93%	231	7%
total de la journée (kg/24h)	62468	56889	91%	5579	9%

Scénario 2010 - modes	
Concentration maximale de HC dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de pointe du matin	23027
période de retour	24415
période creuse du jour	11111
moyenne pondérée pour la journée	9080

Scénario 2010 - modes	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le HC	
période de pointe du matin	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	-
journée	-

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de HC par rapport au scénario 2010			
	Total	2-roues	4-roues
heure de pointe du matin (kg/h)	-28%	-29%	-1%
heure de pointe de soir (kg/h)	-25%	-28%	-2%
le creux du jour (kg/h)	-14%	-15%	-1%
journée (kg/24h)	-21%	-22%	-2%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de HC dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	0%
heure de pointe de soir	0%
le creux du jour	0%
journée	0%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les HC par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	-
journée	-

Scénario 2010 - modes				
Emission de SO2				
	Total	2-roues		4-roues
période de pointe du matin (kg/h)	160	-	-	160 100%
période de retour (kg/h)	251	-	-	251 100%
période creuse du jour (kg/h)	87	-	-	87 100%
total de la journée (kg/24h)	1763	-	-	1763 100%

Scénario 2010 - modes	
Concentration maximale de SO2 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de pointe du matin	440
période de retour	654
période creuse du jour	293
moyenne pondérée pour la journée	219

Scénario 2010 - modes	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2	
période de pointe du matin	0
période de pointe de soir	5
période creuse du jour	12
journée	1

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de SO2 par rapport au scénario 2010			
	Total	2-roues	4-roues
heure de pointe du matin (kg/h)	19%	-	19%
heure de pointe de soir (kg/h)	10%	-	10%
le creux du jour (kg/h)	6%	-	6%
journée (kg/24h)	11%	-	11%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de SO2 dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	27%
heure de pointe de soir	14%
le creux du jour	4%
journée	11%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le SO2 par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	#DIV/0!
heure de pointe de soir	150%
le creux du jour	71%
journée	0%

Scénario 2010 - modes				
Emission de PM10				
	Total	2-roues		4-roues
période de pointe du matin (kg/h)	30	-	-	30 100%
période de retour (kg/h)	47	-	-	47 100%
période creuse du jour (kg/h)	16	-	-	16 100%
total de la journée (kg/24h)	332	-	-	332 100%

Scénario 2010 - modes	
Concentration maximale de PM10 dans la zone concernée (µg/Nm3)	
période de pointe du matin	85
période de retour	125
période creuse du jour	56
moyenne pondérée pour la journée	42

Scénario 2010 - modes	
Nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour le PM10	
période de pointe du matin	-
période de pointe de soir	-
période creuse du jour	0
journée	0

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010			
Augmentation de l'émission de PM10 par rapport au scénario 2010			
	Total	2-roues	4-roues
heure de pointe du matin (kg/h)	20%	-	20%
heure de pointe de soir (kg/h)	12%	-	12%
le creux du jour (kg/h)	7%	-	7%
journée (kg/24h)	12%	-	12%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
Augmentation de la concentration maximale de PM10 dans la zone concernée par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	31%
heure de pointe de soir	16%
le creux du jour	6%
journée	14%

Mesures sur les modes par rapport au scénario 2010	
Augmentation du nombre de km de route où la norme n'est pas respectée pour les PM10 par rapport au scénario 2010	
heure de pointe du matin	-
heure de pointe de soir	-
le creux du jour	#DIV/0!
journée	#DIV/0!

