

RAPPORT DE SYNTHÈSE

Version D00

*Étude sur les externalités négatives
du transport à Dakar*



Sommaire

ÉTUDE SUR EXTERNALITÉS NÉGATIVES DU TRANSPORT À DAKAR - RAPPORT DE SYNTHÈSE

1	OBJET DU RAPPORT	6
2	VALEURS UNITAIRES et RECUEIL DE DONNEES.....	6
2.1	Valeur de la vie humaine	6
2.2	Prix du carbone	7
2.3	Valeur du temps.....	7
2.4	Recueil de données.....	8
3	EXTERNALITÉS LIÉES À LA CONGESTION ROUTIÈRE.....	9
4	EXTERNALITÉS LIÉES AU BRUIT.....	12
4.1	Niveaux de bruit mesurés et modélisés	12
4.2	Valorisation des nuisances sonores.....	13
6	EXTERNALITÉS LIÉES AUX ACCIDENTS DE LA CIRCULATION	14
6.1	Les données d'accidentologie.....	14

6.2	Valorisation des externalités liées aux accidents de la circulation.....	14
-----	--	----

7	EXTERNALITÉS LIÉES AUX ÉMISSIONS ROUTIÈRES DE POLLUANTS.....	15
---	--	----

7.1	Analyse des mesures de qualité de l'air	15
-----	---	----

7.2	Calcul des émissions de polluants atmosphériques .	15
-----	--	----

7.3	Modélisation de la dispersion des polluants atmosphériques.....	17
-----	---	----

7.4	Effets sanitaires de la pollution atmosphérique	19
-----	---	----

8	SYNTHÈSE GLOBALE DES EXTERNALITÉS	21
---	---	----

9	LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES	22
---	--	----

Table des illustrations et tableaux

Figure 1 : Cartographie des sites de relevés de données routières	8
Figure 2 : Carte d'affectation routière du Modèle Multimodal de Dakar : Heure de Pointe du Matin 2019 – Taux de congestion.....	10
Figure 3 : Niveaux sonores extérieur (Lden) liés aux circulations routières reconstitués par CadNaA dans l'ensemble de la ville de Dakar.....	13
Figure 4 : Localisation des points de mesure de la campagne 2022 à Dakar, Sénégal.....	15
Figure 5 : Illustration de la démarche de modélisation de la qualité de l'air mise en œuvre	17
Figure 6 : Comparaison des concentrations moyennes annuelles de poussières modélisées (année 2021) avec les mesures aux stations du CGQA (période 2018-2020) (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	18
Figure 7 : Contribution du trafic routier aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 pour l'année 2021	18
Figure 8 : Contribution du trafic routier aux concentrations moyennes annuelles de PM_{10} pour l'année 2021	18

Tableau 1 : Valeur du temps proposée pour la valorisation de la congestion en FCFA/h	8
Tableau 2 : Méthodologie d'estimation de la congestion	9
Tableau 3 : Taux de congestion par heure modélisée – 2019 source Modèle Multimodal de Dakar	9
Tableau 4 : Décomposition du temps de déplacement en voiture (source : EMTASUD 2015 et estimations setec)	10
Tableau 5 : Heures perdues en congestion – situation 2021 hors COVID (source : estimations setec)	10
Tableau 6 : Échelle des bruits	12
Tableau 7 : Synthèse des résultats des mesures acoustiques	12
Tableau 8 : Répartition de la population dakaroise en fonction du niveau de bruit Lden de leur lieu de résidence	13
Tableau 9 : Nombre annuel d'accidents de la route Région de Dakar (Source sapeurs-pompiers)	14
Tableau 10 : Accidents de la route et distinction des victimes par type – Région de Dakar (Source sapeurs-pompiers et calcul setec)	14
Tableau 11 : Consommations de carburant, d'énergie et émissions totales émises par le secteur routier par type de véhicule	16
Tableau 12 : Valorisation des externalités du transport urbain à Dakar – Année 2021 hors COVID	21
Tableau 13 : Part des externalités en fonction du PIB dakarois - Année 2021 hors COVID	21

RAPPORT DE SYNTHÈSE

ÉTUDE SUR EXTERNALITÉS NÉGATIVES DU TRANSPORT À DAKAR



ÉTUDE SUR LES EXTERNALITÉS NÉGATIVES DU TRANSPORT À DAKAR

Révisions

Indice	Date	Libellé/nature des modifications	Etabli	Vérifié	Validé
A00	22/11/2022	Première version du rapport de synthèse	AW/DR/VN/FP/BD	DR	DR
B00	28/02/2023	Ajout référence DACCIWA	AW/DR/VN/FP/BD	DR	DR
C00	12/04/2023	Reprise après mise à jour du Rapport E00	AW/DR/VN/FP/BD	DR	DR
D00	12/06/2023	Synthèse avec scénario unique	AW/DR/VN/FP/BD	DR	DR

01250111	---	---	0_	-----	GEN	---	RAP	L4	D00
affaire	ident. gen	ident. part	niveau	type dossier	domaine	ouvrage	nature	libre	indice

I:\4-WORK\50111P_CETUD_EXTERNAL\1_TECH\3. LIVRABLES\4. LIVRABLE 4\50111_EXTERNALITES_DAKAR_L4_SYNTHÈSE_D00.DOCX

1 OBJET DU RAPPORT

Le rapport de synthèse a pour objet de présenter les points saillants de l'ensemble des travaux d'analyse qui ont été présentés dans le rapport L3 « Rapport d'Analyse Final ».

Il a pour objectifs :

- De présenter brièvement les méthodologies mises en œuvre pour traiter chacune des externalités étudiées,
- De présenter les indicateurs principaux mesurés et estimés qui découlent de la mise en œuvre de ces méthodologies,
- Et in fine de fournir une valorisation globale de ces externalités qui pourra être mise en perspective avec la richesse nationale ou encore avec ce qui est observé dans d'autres pays.

Cette synthèse traite successivement :

- Des valeurs unitaires utilisées par la suite pour l'estimation et la valorisation des différentes externalités,
- Des externalités liées à la congestion routière,
- Des externalités liées au bruit,
- Des externalités liées aux accidents de la circulation,
- Des externalités liées aux émissions routières de polluants et de gaz à effet de serre

Il en est fait ensuite la synthèse en intégrant également une valorisation des émissions de gaz à effet de serre.

2 VALEURS UNITAIRES ET RECUEIL DE DONNÉES

2.1 VALEUR DE LA VIE HUMAINE

La « valeur de la vie statistique » (VVS)

La théorie économique possède une méthode standard pour mesurer le coût de la mortalité au niveau de la société dans son ensemble : la « valeur de la vie statistique » (VVS)¹. Elle a été développée dans les années 60 et dérive de l'agrégation du consentement à payer des individus (CAP)² pour obtenir une réduction marginale du risque de décès prématuré. La VVS inclut les coûts privés et les coûts publics, représentant l'ensemble des coûts associés à la perte d'une vie humaine (approche conforme à la théorie économique standard, basée sur des enquêtes de consentement à payer pour éviter un risque). C'est une approche généralisée dans les pays occidentaux, permettant de comparer plus facilement les résultats pour Dakar à d'autres villes.

Si la meilleure façon d'établir cette valeur économique est de procéder à des enquêtes en population ce qui est impossible dans le cas de la présente étude (une méta-analyse³ de 92 études a permis d'établir une VVS de 1,5 à 4,5 millions de dollars US₂₀₀₅), depuis 2012, l'OCDE recommande d'utiliser la valeur centrale de 3 millions \$US₂₀₀₅ dans les évaluations des différentes externalités économiques du transport dans les pays de l'OCDE.

Les enquêtes sur le CAP ont aussi montré une variation de la VVS en fonction du Produit Intérieur Brut (PIB) par habitant. L'OCDE en 2014⁴ a enfin proposé une méthode permettant d'ajuster la VVS en fonction du PIB par habitant de chaque pays (méthode de la parité du pouvoir d'achat « purchasing power parity »). Un facteur d'ajustement pour l'élasticité des revenus de 0,4 à 1,0 est utilisé⁵ pour traduire le fait que plus les revenus augmentent, plus le consentement à payer pour une réduction du risque de mort augmentent, mais moins rapidement que les revenus.

¹ ou VSL Value of Statistical Life

² ou WTP willingness to pay

³ OECD, 2012. Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264130807-en>

⁴ OECD, 2014, The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264210448-en>

⁵ OECD, 2016. The cost of air pollution in Africa. Working Paper No. 333

Sur la base de la méthodologie préconisée par l'OCDE, il est donc possible d'estimer une valeur de la **VVS₂₀₂₁ pour le Sénégal** : cette valeur s'élève à 1,245 millions \$US₂₀₂₁, **soit près de 274 millions de FCFA₂₀₂₁**.

La Valeur d'une Année de Vie (VAV ou VOLY)

Une autre approche a été développée aux USA à partir des années 90 basée sur la Valeur d'une Année de Vie (VAV ou VOLY : Value of a Life Year). Dans ce cas on utilise pour l'estimation des impacts sanitaires le nombre d'année de vie perdue (AVP) en lieu et place du nombre de décès prématurés.

La VAV dérive directement de la VVS, plusieurs méthodes de calcul existent ; par cohérence avec la méthode, pour obtenir une valeur de VAV adaptée au cas du Sénégal on applique la même méthode d'ajustement que celle décrite pour la VVS.

Cela conduit à une VOLY 45 100 \$US₂₀₂₁, **soit près de 10 millions de FCFA₂₀₂₁**.

2.2 PRIX DU CARBONE

La méthode de valorisation du carbone que nous proposons de retenir correspond à la méthode « shadow price » utilisée pour évaluer les GES dans le cadre des analyses économiques des projets d'investissement et de financement de la IBRD (Banque internationale pour la reconstruction et le développement) et de l'IDA (Association internationale de développement).

La Commission de haut niveau sur le prix du carbone, a conclu, en se basant sur la base d'un examen approfondi, qu'une fourchette de 40 à 80 US\$ par tonne de CO₂ en 2020, passant à 50 à 100 US\$ par tonne de CO₂ en 2030, est compatible avec la réalisation de l'objectif principal de l'accord de Paris, à savoir maintenir l'augmentation de la température en dessous de 2 degrés.

La projection pour l'année 2050 est calculée en utilisant le même taux de croissance de 2.25% par an, en extrapolant les prix de carbone de 2030 à 2050, ce qui aboutit aux valeurs de 78US\$ à 158US\$ en 2050.

Sur la base de ces éléments et pour l'année 2021, le coût de la tonne de carbone correspond donc à

- Valeur basse : 41 US\$ par tonne de CO₂ soit 22 736 FCFA
- Valeur haute : 82 US\$ par tonne de CO₂ soit 45 472 FCFA

2.3 VALEUR DU TEMPS

Définition

La valeur du temps représente le montant qu'un usager des transports est prêt à payer pour réduire son temps de trajet. Elle intervient donc à la fois dans le processus de choix modal (arbitrage entre l'utilisation du TER ou le recours à un véhicule individuel), dans le processus de choix d'itinéraire (arbitrage entre l'utilisation de l'autoroute à péage ou de la route nationale) et bien sûr dans l'estimation des avantages d'un projet (monétarisation des gains de temps) ou des externalités du transport (valorisation de la congestion).

La valeur du temps des usagers des transports dépend de nombreux facteurs dont les plus fréquemment cités sont le motif de déplacement, la classe du revenu, la fréquence du déplacement ou encore le mode de transport utilisé. Pour les transports collectifs, temps d'attente, temps d'accès et de diffusion et temps à bord des véhicules sont généralement valorisés différemment. Le niveau de confort ou la possibilité de réaliser d'autres activités durant le déplacement influent également sur la valeur du temps.

Modes d'estimations de la valeur du temps

Il existe aujourd'hui trois grandes méthodes d'estimation de la valeur du temps :

- Le recours à des analyses économiques mettant en relation le salaire horaire et la valeur du temps : une partie du temps passée à se déplacer pourrait être employé à travailler et c'est sur cette base que l'on peut estimer la valeur du temps,
- L'analyse des comportements observés des usagers des transports pour des situations où ils doivent arbitrer entre coût et temps. On parle alors d'analyse de préférences révélées.
- L'analyse de résultats d'enquêtes où on propose à la personne interrogée différentes situations d'arbitrages en coût et temps et où on va lui demander ses choix / préférences entre les alternatives proposées. On parle alors d'analyse de préférences déclarées.

À Dakar, l'ensemble de ces techniques ont déjà été mises en œuvre ces dernières années.

Les toutes premières enquêtes de préférences déclarées qui ont été réalisées ont conduit à de premières estimations assez élevées de la valeur du temps moyenne des dakarois usagers des TC. Ces données ont ensuite été expertisées et revues à la baisse. De manière alternative, il a également été réalisé une estimation de la valeur du temps sur la base d'un pourcentage du salaire horaire. Une valeur de 500 FCFA/heure sera retenue comme valeur moyenne à l'issue de ces analyses économiques.

D'autres enquêtes de préférences déclarées ont par ailleurs été réalisées en 2017. Elles ont été réalisées par mode et conduisent à des valeurs de 2 000 FCFA pour les usagers de la voiture individuelle et des taxis et de l'ordre de 180 FCFA pour les usagers des TC. Pour ces usagers motorisés, une moyenne sur la base des parts modales de l'EMTASUD conduit à une valeur du temps de l'ordre de **900 FCFA**.

Le calage des formulations de choix modal du Modèle Multimodal de déplacements du CETUD fournit également des estimations de valeur du temps : la donnée de base correspond à l'EMTASUD et il s'agit donc de données de préférences révélées. La valeur moyenne correspond à **502 FCFA** pour l'année 2015. Cette valeur du temps concerne l'ensemble des dakarois (hors élèves non étudiants) quel que soit leur mode de déplacement.

Choix d'une valeur du temps pour la valorisation de la congestion

On propose pour la suite de retenir **la moyenne de deux dernières estimations présentées au paragraphe précédent**, qui ont chacune leurs avantages : l'estimation basée sur les enquêtes de préférences déclarées est bien centrée **sur les modes motorisés** tandis que l'estimation basée sur les préférences révélées a l'avantage d'être ajustée sur des **comportements observés** même s'ils ne concernent pas que modes motorisés.

Année	Base PD	Base PR	Valeur proposée
2015		502	
2017	900		
2021	1 038	639	838

PD : Préférences déclarées / PR : Préférences révélées

Tableau 1 : Valeur du temps proposée pour la valorisation de la congestion en FCFA/h

2.4 RECUEIL DE DONNÉES.

Afin d'alimenter les analyses, plusieurs recueils de données ont été effectués et notamment un recueil de données routières sur 20 sites d'enquêtes.

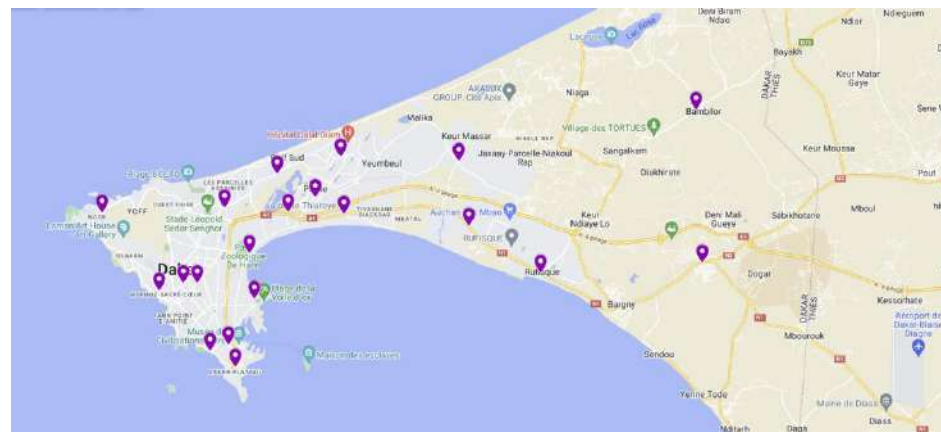


Figure 1 : Cartographie des sites de relevés de données routières

Ce recueil a consisté en des comptages par type de véhicule, un relevé des occupations véhiculaires, un relevé de plaques minéralogiques.

En parallèle, des mesures de pollution et de bruit ont été effectués au droit d'un certain nombre de ces sites. Des mesures de pollution à l'échappement ont aussi été effectuées ainsi que des mesures de temps de parcours sur une sélection d'itinéraires.

3 EXTERNALITÉS LIÉES À LA CONGESTION ROUTIÈRE

Préambule

La notion d'externalité traduit une situation économique dans laquelle l'action d'une personne ou d'une chose a une influence directe, positive ou négative, sur une autre personne sans que cette dernière n'ait un lien avec l'action d'origine.

Lorsque l'on traite de la congestion en tant qu'externalité, il y a donc un abus de langage car les premiers acteurs impactés par la congestion sont aussi ceux qui la génèrent, c'est-à-dire les usagers du système de transport.

On peut cependant parler d'externalité pour la congestion dans le sens où ses effets s'étendent largement au-delà du seul système de transport à l'ensemble de l'économie urbaine.

Le mode d'évaluation du coût de la congestion retenu dans le cadre de la présente étude repose sur **l'estimation et la valorisation des temps perdus en congestion** lors des déplacements des dakarois. C'est une approche classique mais qui **minimise** les effets de la congestion notamment sur la productivité des entreprises, beaucoup plus difficile à évaluer.

Méthodologie

Comme on l'a indiqué, on a réalisé des mesures de temps de parcours routiers sur une sélection d'itinéraires représentatifs et sur lesquels on a pu mesurer **le taux de congestion**, c'est-à-dire le **temps perdu dans les encombrements rapporté au temps total de déplacement**. Mais les données issues des mesures de temps de parcours sur une sélection d'itinéraire ne sont pas suffisantes.

On dispose cependant d'éléments couvrant l'ensemble de l'agglomération de Dakar par le biais du Modèle Multimodal de Dakar du CETUD et en particulier de la partie routière de celui-ci.

La méthodologie mise en œuvre dans la suite pour l'évaluation de la congestion repose sur une démarche en 6 étapes récapitulée dans le tableau ci-contre.

Méthodologie d'estimation de la congestion

- **Analyse des résultats du Modèle Multimodal pour l'année de calage 2019** aux trois heures modélisées (HPM / HM / HPS) et **calcul du taux de congestion moyen sur toute l'agglomération** pour chacune de ces heures,
- **Estimation du taux de congestion pour les autres heures** non traitées par le Modèle Multimodal et calcul d'un **taux de congestion moyen pour l'ensemble d'un jour de semaine**,
- **Estimation du temps perdu par déplacement motorisé** sur la base des données de l'EMTASUD et du **taux de congestion journalier**,
- **Calcul du nombre d'heures perdues par jour** en fonction du nombre de déplacements motorisés journaliers
- **Passage à l'année** et valorisation

Tableau 2 : Méthodologie d'estimation de la congestion

Résultats

L'analyse des résultats du Modèle Multimodal pour les 3 heures modélisée pour la situation 2019 nous permet d'estimer par heure **le taux de congestion**. Ce taux est pondéré de tous les flux calculés sur tous les tronçons du réseau. Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous.

Heure modélisée		Taux de congestion
HPM	7h-8h	37%
HM	12h-13h	36%
HPS	17h -18h	40%

Tableau 3 : Taux de congestion par heure modélisée – 2019
source Modèle Multimodal de Dakar

La carte page suivante présente les taux de congestion par tronçon calculés à l'heure de pointe du matin ainsi que le volume des flux de véhicules légers.



Figure 2 : Carte d'affectation routière du Modèle Multimodal de Dakar : Heure de Pointe du Matin 2019 – Taux de congestion

L'extension des taux de congestion aux autres heures non modélisées est ensuite effectuée sur la base des profils horaires de la demande de déplacements motorisés (source EMTASUS). **En moyenne journalière, ce taux est 27% pour un jour de semaine 2019.**

Pour estimer le nombre d'heures perdues en congestion, on utilise l'EMTASUD qui donne une estimation de la durée moyenne de déplacement pour l'année 2015. Les analyses conduisent à la décomposition suivante des temps de parcours :

	Temps de déplacement moyen en voiture (minutes)				
	Taux de congestion	Accès / stationnement	Temps en Congestion	Temps hors congestion	Temps total
2015	19%	5,0	4,7	20,3	30,0
2019	27%	5,0	7,4	20,3	32,7
2021	34%	5,0	10,3	20,3	35,6

Tableau 4 : Décomposition du temps de déplacement en voiture (source : EMTASUD 2015 et estimations setec)

Il en résulte que l'on estime pour les usagers de la voiture que le temps perdu en congestion par déplacement est passé de 4,7 minutes en 2015 à **10,3** minutes en 2021 dans une situation hors COVID.

Dans la suite, on fait l'hypothèse que ce temps perdu (8,8 minutes par déplacement) est le même pour tous les déplacements motorisés qui subissent aujourd'hui la même congestion routière (ce sera différent pour les usagers du TER et du BRT qui disposent d'infrastructures dédiées). C'est sans doute un peu pessimiste pour les usagers de la moto qui ne représentent qu'une faible part des déplacements motorisés mais assez juste pour tous les autres modes.

L'appréciation du temps perdu en congestion est éminemment subjective : des usagers se déplaçant principalement en période de pointe auront l'impression que ce temps perdu est bien plus important. On rappellera ici que les 10,3 minutes estimées correspondent à une moyenne tous déplacements motorisés et toutes heures de la journée confondues.

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'heures perdues en congestion sur l'ensemble de l'agglomération de Dakar en 2021 dans une situation hors COVID.

	Heures perdues par jour	Nombre de jours dans l'année	Heures perdues annuellement (en millions)
Jour de semaine	472 742	260	122,9
Samedi	330 920	52	17,2
Dimanche	47 274	52	2,5
Total congestion récurrente			142,6
Congestion non récurrente (incidents, intempéries...) : 10%			14,3
Total			156,8

Tableau 5 : Heures perdues en congestion – situation 2021 hors COVID (source : estimations setec)

Au total, ce sont donc près de **156 millions d'heures** qui sont perdues annuellement par les dakarois du fait de la congestion routière.

En multipliant le nombre d'heures perdues estimé ci-dessus par la valeur du temps, on obtient une perte pour la collectivité liée à la congestion de **131 Mds de FCFA** pour l'année 2021 dans une situation hors COVID.

Cette estimation est prudente car elle ne prend pas en compte le transport de marchandises et n'intègre pas les effets directs de l'accessibilité sur la productivité des entreprises. Ces effets, en particulier ceux relatifs aux impacts sur la productivité pourraient être très importants mais sont impossibles à estimer sans des investigations qui dépassent le cadre de la présente étude.

Il est cependant possible de donner une estimation simplifiée d'une autre conséquence de la congestion routière : le coût relatif au carburant perdu en période de congestion. Sur la base des consommations annuelles de véhicules à moteur à Dakar et en faisant l'hypothèse simplificatrice que la consommation passée en congestion est analogue à la consommation moyenne, on estime également à environ 104 Mds de FCFA le coût pour les dakarois de cette dépense supplémentaire de carburant.

Au total, la valorisation des nuisances liées à la congestion routière est estimée à **235 Mds de FCFA** pour l'année 2021 hors COVID.

4 EXTERNALITÉS LIÉES AU BRUIT

4.1 NIVEAUX DE BRUIT MESURES ET MODELISES

La gêne vis-à-vis du bruit est un phénomène subjectif, donc forcément complexe. Une même source de bruit peut engendrer des réactions assez différentes suivant les individus, les situations, les lieux ou la période de l'année. Différents types de bruit (continu, intermittent, impulsif, à tonalité marquée) peuvent également occasionner une gêne à des niveaux de puissance très différents.

Source de bruit	dB(A)	Sensation	Conversation
Décollage d'un avion à réaction	130	Dépassement du seuil de douleur	Impossible
Marteau piqueur à 1 m	110	Supportable un court instant	
Moto à 2 m	90	Bruits très pénibles	En criant
Boulevard périphérique de Paris	80	Très bruyant	Difficile
Habitation proche d'une autoroute	70	Bruyant	En parlant fort
Niveau de bruit derrière un écran	60	Supportable	À voix normale
Bruit ambiant en ville de jour	50	Calme, bruit de fond d'origine mécanique	
Bruit ambiant à la campagne de jour	40	Ambiance calme	À voix basse
Campagne la nuit sans vent / chambre calme	30	Ambiance très calme	
Montagne enneigée / studio enregistrement	15	Silence	

Tableau 6 : Échelle des bruits

Des mesures de bruit ont été effectuées sur 10 sites en parallèle de comptages de trafic. Les résultats qui figurent ci-contre montrent que les niveaux sonores mesurés sont assez importants puisqu'ils sont non modérés (> 65dB(A)) sur 6 points sur 10 et seulement modérés de nuit (< 60dB(A)) pour deux autres points.

Mais pour avoir une idée des nuisances sonores sur l'ensemble de l'agglomération et des populations impactées, il est nécessaire de mettre en œuvre un outil de modélisation acoustiques dont les résultats seront couplés avec la localisation des populations.

Le logiciel utilisé pour la modélisation du niveau de bruit dû à la circulation sur les différents axes routiers est « CadnaA 2022 MR1 ». Ce logiciel permet de calculer le niveau de bruit généré par la circulation ainsi que sa propagation dans l'environnement sur la base du nombre de véhicules circulant en moyenne par heure, de la part de poids lourd ainsi que des vitesses de circulation.

Numéro du point de mesure	Date	Localisation	LAeq (6h-22h) mesuré en dB(A)*	LAeq (22h-6h) mesuré en dB(A)*	Ambiance sonore
PF1	10/05/2022-11/05/2022	Stade de Ngor DAKAR	71.5	68.5	Non modérée
PF2	10/05/2022-11/05/2022	ENEA DAKAR	67.0	59.5	Modérée de nuit
PF3	10/05/2022-11/05/2022	Mairie du Grand DAKAR	63.5	56.5	Modérée
PF4	10/05/2022-11/05/2022	Centre de santé de HANN	70.0	66.0	Non modérée
PF5	10/05/2022-11/05/2022	Maison de la presse DAKAR	73.5	-	Non modérée
PF6	10/05/2022-11/05/2022	Eglise Saint François d'Assise KEUR MASSAR	76.0	68.0	Non modérée
PF7	10/05/2022-11/05/2022	Supeco Golf DAKAR	65.5	55.5	Modérée de nuit
PF8	10/05/2022-11/05/2022	Mairie grand MBAO	64.0	59.0	Modérée
PF9	10/05/2022-11/05/2022	Mairie de DIAMNIADO	65.0	64.5	Non modérée
PF10	10/05/2022-11/05/2022	Mairie de BAMBILOR	70.5	64.0	Non modérée

(*) : Les résultats obtenus sont arrondis au ½ dB(A) près

Tableau 7 : Synthèse des résultats des mesures acoustiques

La méthode appliquée dans le cas présent consiste donc à réaliser un calcul de courbes isophones en champ libre (c'est-à-dire sans prendre en compte les bâtiments) à partir des données de trafic disponibles (matrice de trafic en situation actuelle). L'objectif est ensuite d'identifier les différents bâtiments présents dans ces isophones et d'évaluer leur exposition au bruit par plage de dB(A).

Comme on peut le voir sur la carte page suivante, on observe des niveaux sonores importants tout au long du réseau routier principal de l'agglomération. Grâce aux isophones fournies par CadnaA sous forme de couche SIG, il est ensuite possible d'estimer comment les lieux de résidence des dakarois sont exposés à ces niveaux de bruit. Différentes méthodes de calcul sont alors possibles : en faisant l'intersection entre le zonage du modèle multimodal qui contient des données démographiques sur près de 300 zones et les isophones ou en comptant les bâtiments de chaque zone à l'intérieur des isophones. Si la méthode utilisant le bâti peut sembler plus séduisante car plus précise, la donnée utilisée n'est pas forcément exhaustive et certaines informations pas nécessairement disponibles (taille des bâtiments notamment).

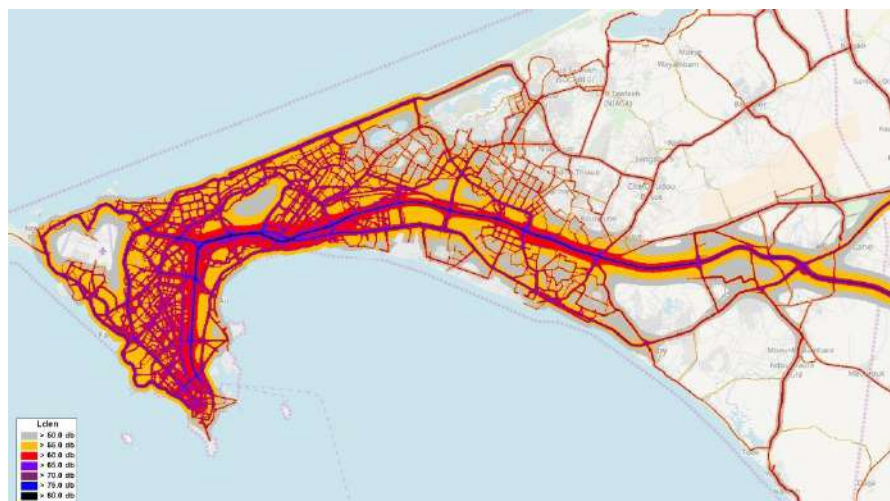


Figure 3 : Niveaux sonores extérieur (Lden) liés aux circulations routières reconstitués par CadNaA dans l'ensemble de la ville de Dakar

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus avec les deux méthodes qui sont assez homogènes même si la méthode d'intersection a tendance à placer une plus grande partie de la population dakaroise dans des zones où le niveau sonore extérieur lié à la circulation routière est le plus élevé.

Lden	Décompte du bâti	Intersection zonage
< 55 db	17,7%	16,2%
compris entre 55 db et 60 db	41,6%	37,5%
compris entre 60 db et 65 db	30,5%	26,9%
compris entre 65 db et 70 db	9,3%	13,0%
compris entre 70 db et 75 db	0,8%	5,0%
compris entre 75 db et 80 db	0,0%	1,2%
> 80 db	0,0%	0,2%

Tableau 8 : Répartition de la population dakaroise en fonction du niveau de bruit Lden de leur lieu de résidence

On constate donc qu'environ **40 à 45% de la population dakaroise** réside dans des zones où la valeur Lden du bruit routier extérieur est supérieur à **60 db, valeur à partir de laquelle une gêne liée au bruit existe.**

4.2 VALORISATION DES NUISANCES SONORES

Après avoir déterminé les niveaux sonores et les populations impactées sur l'ensemble de l'agglomération, on souhaite monétariser le coût de ces nuisances.

La valorisation des nuisances sonores fait généralement intervenir deux facteurs :

- la valorisation de la gêne liée au bruit qui peut être approchée soit par des enquêtes de préférences déclarées soit par l'analyse des valeurs foncières des logements en fonction de leur niveau d'exposition au bruit,
- le deuxième facteur et qui peut d'ailleurs être très important correspond à la valorisation des effets sur la santé humaine que provoquent les nuisances sonores et notamment le coût pour la collectivité d'un certain nombre de pathologies cardiovasculaires dont le lien avec le bruit a été établi.

Le mode de valorisation mis en œuvre fait intervenir des valeurs unitaires de coûts annuels utilisés en France que l'on a adapté au contexte sénégalais.

Sur la base de l'ensemble des analyses précédentes, l'estimation du coût des nuisances sonores liées au trafic routier dans l'agglomération de Dakar peut être estimée dans une fourchette comprise entre **0,6 et 2,3 Mds de FCFA** pour l'année 2021 (hors effet lié au COVID). C'est la fourchette haute que l'on retiendra pour la synthèse générale.

6 EXTERNALITÉS LIÉES AUX ACCIDENTS DE LA CIRCULATION

6.1 LES DONNÉES D'ACCIDENTOLOGIE

L'analyse des données d'accidentologie à disposition issues des statistiques des sapeurs-pompiers, l'analyse de leur évolution dans le temps et de la typologie permet d'effectuer un diagnostic synthétique de l'accidentologie dans la région de Dakar.

De 6036 cas d'accidents en 2015 à 8400 cas en 2021, le nombre d'accidents de la route dans la région de Dakar a connu une hausse de 5% en 6 ans avec un pic en 2021 pour le nombre d'accidents sur l'année et un pic en 2018 sur le nombre de décès qui est passé à 173 personnes sur l'année.

Globalement sur les 7 dernières années **46 890 accidents** ont été recensés par les sapeurs-pompiers de la région ayant fait **65 289 victimes** sur les routes et ayant causé le **décès de 1 033 individus**.

Cette évolution constante des cas d'accident montre qu'il est nécessaire de renforcer les mesures en faveur de la sécurité routière notamment en faveur des piétons et des usagers des 2 roues motorisés qui représentent la majorité des tués.

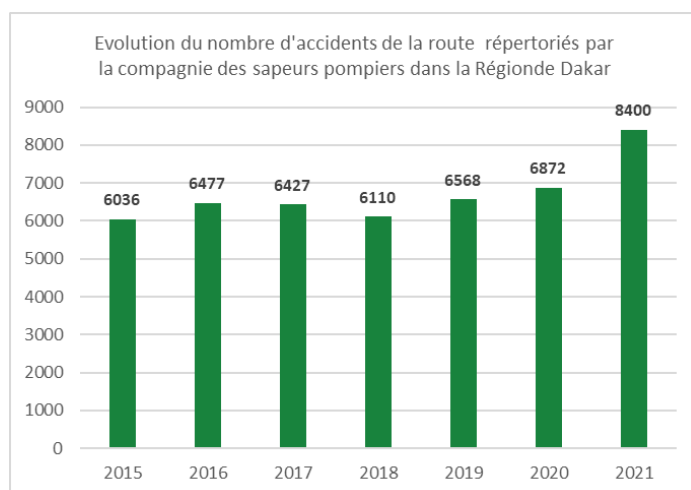


Tableau 9 : Nombre annuel d'accidents de la route Région de Dakar (Source sapeurs-pompiers)

6.2 VALORISATION DES EXTERNALITÉS LIÉES AUX ACCIDENTS DE LA CIRCULATION

La principale composante de la valorisation de la sécurité routière est constituée par le coût des tués pour la collectivité : cette composante s'estime simplement en multipliant le nombre de personnes tuées chaque année par la valeur statistique de la vie humaine. Elle est sous-estimée car les statistiques d'accident transmises par les sapeurs-pompiers n'intègrent pas les décès survenus quelques temps après un accident (après évacuation des victimes à l'hôpital par exemple).

Mais ce n'est pas le seul impact à valoriser : il faut tenir compte du coût pour la collectivité des blessés légers non hospitalisés, des blessés graves hospitalisés et des dommages matériels.

Sur la base des éléments présentés ci-dessus, le coût de l'insécurité routière pour la région de Dakar et l'année 2021 peut être estimé à près de **93 Mds de FCFA**. Ce coup très important est détaillé dans le tableau ci-dessous. Un peu moins de la moitié correspond au nombre de tués.

	Valorisation unitaire (FCFA)	Nombre	Valorisation totale (Mds de FCFA)
Tués	273 766 024 XOF	159	43,5
Blessés graves	34 220 753 XOF	622	21,3
Blessés légers	1 368 830 XOF	9 240	12,6
Dommages matériels	1 800 703 XOF	8 400	15,1
Total			92,6

Tableau 10 : Accidents de la route et distinction des victimes par type – Région de Dakar (Source sapeurs-pompiers et calcul setec)

7 EXTERNALITÉS LIÉES AUX ÉMISSIONS ROUTIÈRES DE POLLUANTS

7.1 ANALYSE DES MESURES DE QUALITÉ DE L'AIR

Une campagne a été réalisée du 9 au 25 mai 2022 afin de mesurer le dioxyde d'azote NO_2 , le dioxyde de soufre SO_2 , le benzène C_6H_6 et les particules ($\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$), soient les principaux polluants traceurs de la pollution atmosphérique en proximité du trafic routier.

La cartographie suivante présente l'ensemble des 20 sites de mesures instrumentés pendant la campagne. Elle indique la typologie des sites de mesure en fonction des polluants mesurés. À noter que ces données ont été complétées dans la suite du rapport par les données d'observation réalisées par le Centre de Gestion de la Qualité de l'air (CGQA) sur son réseau de stations fixes.



Figure 4 : Localisation des points de mesure de la campagne 2022 à Dakar, Sénégal

Les résultats des mesures, ont été comparés aux valeurs limites (normes NS 05-062) proposées par la loi n°2001-01 du 15 janvier du code de l'environnement du Sénégal, ainsi qu'aux valeurs guides de l'OMS 2021.

Cette comparaison montre que pour le dioxyde d'azote, La valeur guide annuelle sénégalaise est respectée sur 10 des 20 points mesurés, alors que les valeurs guides annuelles de l'OMS sont dépassées sur la quasi-totalité des points.

Pour le dioxyde de soufre, seul un point présente un dépassement de la valeur réglementaire annuelle sénégalaise et journalière de l'OMS. L'ensemble des valeurs réglementaires sont respectées sur les autres points de mesures.

Pour les particules PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$, les concentrations les plus élevées sont mesurées à proximité des voies de circulation les plus fréquentées (route de la corniche et avenue Cheikh Anta Diop). L'ensemble des valeurs mesurées (sur 8h) durant la campagne dépasse les valeurs guides sénégalaises et de l'OMS en moyennes journalières et annuelles.

Ces concentrations élevées en particules peuvent en partie être expliquées par la remise en suspension des poussières au passage des véhicules sur des chaussées souvent empoussiérées durant la période de la campagne.

Ces résultats ont été complétés par d'autres mesures disponibles auprès du CGQA et utilisés pour assurer le calage du modèle de dispersion des polluants atmosphériques.

7.2 CALCUL DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Rappel méthodologique

La méthodologie générale mise en œuvre pour évaluer les externalités associées à la pollution de l'air liée aux transports repose sur les trois piliers suivants :

- Réalisation d'un inventaire spatialisé des émissions routières et ferroviaires sur la zone d'étude ;
- Modélisation de la qualité de l'air sur la zone afin d'évaluer l'exposition de la population ;
- Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution de l'air et calcul des externalités.

Composition du parc

Pour le trafic routier, secteur dont la contribution aux émissions de polluants atmosphériques est de loin la plus importante, la détermination des facteurs d'émissions a été réalisée selon l'approche suivante : analyse de la composition du parc automobile, calcul des facteurs d'émissions pour chaque type de véhicule du parc d'après la méthodologie européenne EMEP et ajustement de ces facteurs grâce aux mesures en air ambiant réalisées en mai 2022 et aux observations du CGQA, et aux contrôles à l'échappement réalisés par le CCTVA.

Selon les données du CETUD, en 2021, le parc automobile immatriculé à Dakar est composé de 421 377 véhicules dont les deux tiers sont des véhicules particuliers (50% gazole, 50% essence).

Toujours d'après les données du CETUD, un âge moyen de 20 ans pour les véhicules particuliers et les poids lourds a été retenu. Les véhicules de type autocar/minibus ont un âge moyen de 28 ans, alors que les deux-roues de type motocyclette sont en moyenne plus récentes.

Les données sur la consommation totale du parc roulant immatriculé ont pu être utilisées pour évaluer une consommation annuelle de gazole et d'essence.

Les informations collectées ont également permis d'évaluer le trafic des locomotives diesel-électrique utilisées pour le fret entre Dakar et les points kilométriques PK10 et PK5, et les locomotives électriques de la nouvelle ligne de TER circulant depuis 2021 entre Dakar et Diamniadio.

Evaluation des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions utilisés dans le cadre de cette présente étude sont issus du guide européen EMEP/EEA⁶. Les polluants dont les émissions ont été étudiés sont les oxydes d'azotes (NOx), les particules en suspension (PM10), les particules fines (PM2,5), le monoxyde de carbone (CO), les Hydrocarbures (HC) / Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM), le benzène (C₆H₆) et le benzo [a]pyrène (BaP). Pour ces polluants, différents processus d'émissions ont été considérés : les émissions liées à l'échappement des véhicules, à l'usure des pneus/freins et l'abrasion de la route lors du roulage des véhicules, la remise en suspension des particules du fait de la particularité des dépôts de poussières désertiques dans la région, et enfin l'évaporation de certains polluants gazeux (réservoirs de carburant, fuites, ...).

Pour le trafic ferroviaire, les émissions liées à l'échappement (locomotives diesel de fret uniquement) et à l'usure des roues et des freins ont été considérées. Les facteurs d'émission de l'EMEP spécifiques au transport ferroviaire ont été utilisés pour le calcul des émissions associés à ce secteur.

A noter que pour les secteurs routier et ferroviaire, les émissions de gaz à effet de serre (GES) ont également été calculées sur la base du guide européen EMEP/EEA.

Le réseau d'étude pris en compte pour le calcul des émissions et la modélisation de leur dispersion dans l'air ambiant provient du modèle de trafic exploité actuellement par le CETUD. L'ensemble des axes routiers constituant ce réseau a été considéré.

Résultats : inventaire des émissions relatives au transport

Le tableau suivant compile les émissions calculées pour le transport routier (très majoritaire par comparaison au transport ferroviaire) sur la zone d'étude pour l'ensemble des composés étudiés, à partir des hypothèses et facteurs d'émissions recensés précédemment.

Tableau 11 : Consommations de carburant, d'énergie et émissions totales émises par le secteur routier par type de véhicule

		VL	PL	Car/Minibus	2R	Total
Carburant	Tonnes	270 610	100 997	67 164	11 394	450 164
Energie	10⁶ MJ	8 784 586	2 346 693	1 558 895	551 973	13 242 147
NOx	Tonnes	1 631	1 950	1 218	107	4 905
PM10	Tonnes	4 221	3 792	1 344	776	10 133
PM2.5	Tonnes	2 294	955	372	198	3 819
CO	Tonnes	3 193	475	263	1 131	5 061
HC / COVNM	Tonnes	2 545	222	129	4 659	7 555
Benzène	Tonnes	254	22	13	466	755
SO2	Tonnes	191	101	67	2	361
BaP	g	3.5	0.3	0.1	0.0	3.9
CO₂ eq	MT	882.1	321.8	214.1	38.0	1 456.0

⁶ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

La répartition des émissions en particules PM10 et PM2.5 par origine montre clairement la prédominance de la remise en suspension des particules au passage des véhicules sur la chaussée. Sur l'ensemble du secteur routier, cette remise en suspension compte pour 97% des émissions totales de particules PM10 et 89% des émissions totales de particules PM2.5.

En comparant les émissions liées au trafic ferroviaire par rapport à celles liées au trafic routier, on constate que celles-ci peuvent être considérées comme négligeables. Elles représentent en effet 0,05% pour les NO_x, 0,14% pour les particules PM10 / PM2.5 et 0,01% pour les gaz à effet de serre.

7.3 MODELISATION DE LA DISPERSION DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Méthodologie adoptée

Afin d'évaluer correctement les impacts sanitaires de la pollution liée au transport, il faut déterminer la distribution spatiale des concentrations en NO₂, poussières et benzène sur la zone d'étude, polluants intervenant dans le calcul des risques sanitaires. Pour ce faire, des modélisations de dispersion des émissions en polluants ont été réalisées avec le logiciel ADMS-Urban développé par le CERC (UK). Ces modélisations prennent en compte les éléments suivants :

- Les émissions liées aux transports précédemment déterminées (NO_x, PM10, PM2.5 et benzène) ;
- La configuration de la zone (topographie, rugosité) ;
- La hauteur des bâtiments afin de prendre en compte les « effets canyons » (accumulation des concentrations entre les bâtiments) ;
- La météorologie ;
- Les résultats des mesures disponibles sur l'aire d'étude.

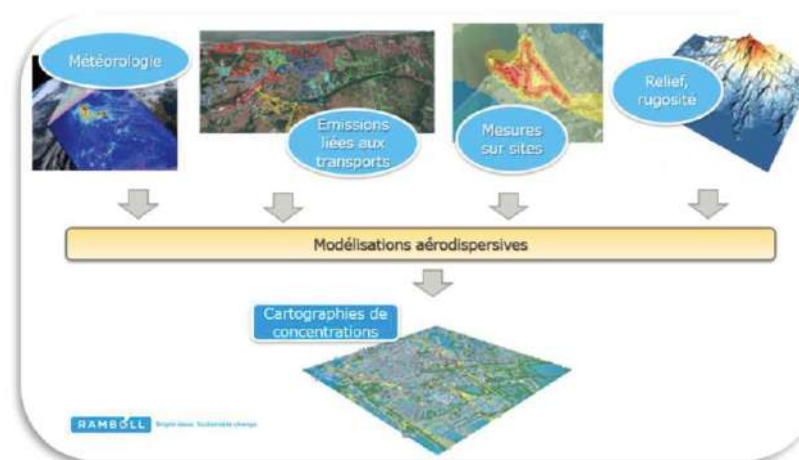


Figure 5 : Illustration de la démarche de modélisation de la qualité de l'air mise en œuvre

Calibration et validation du modèle de dispersion des polluants

Afin de s'assurer de la qualité du modèle, c'est-à-dire que les sorties du modèle sont en accord avec les différentes mesures réalisées, deux étapes de validation ont été conduites :

- comparaison des facteurs d'émission utilisés pour les calculs d'émission du trafic routier avec des mesures réalisées directement à l'échappement par le CCTVA, sur une base représentative de 317 véhicules ;
- mise en perspective avec les données disponibles du projet de recherche DACCIWA ;
- comparaison des sorties du modèle de dispersion avec les mesures réalisées dans l'air ambiant, comprenant les résultats de la campagne conduite en mai 2022 et les données historiques du CGQA. Cette dernière étape nécessite l'intégration d'une pollution de fond (pour les poussières) sur la zone de Dakar, afin d'intégrer la contribution des différentes sources de pollution pour une comparaison avec les mesures réalisées.

Globalement, on peut conclure à une bonne cohérence entre les facteurs d'émission retenus pour les calculs d'émission de NO_x et particules et ceux mesurés à l'échappement par le CCTVA.

Les résultats du modèle de dispersion montre qu'il reproduit bien les résultats de NO_2 obtenus durant la campagne de mesure. Le modèle a été lancé sur une année complète (météorologie de 2021), et les résultats comparés avec les concentrations moyennes annuelles mesurées durant les années précédentes (2018-2020) par le réseau de stations de mesure du CGQA. Là aussi, les ordres de grandeurs sont bien représentés (voir comparaison pour les PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$ ci-dessous). Ces résultats confortent la bonne cohérence des émissions calculées et soulignent la robustesse du modèle utilisé pour évaluer l'exposition des populations.

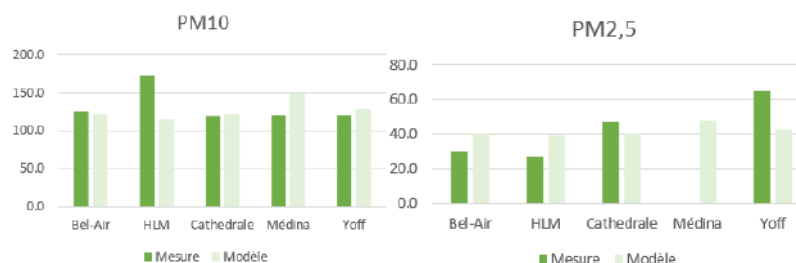


Figure 6 : Comparaison des concentrations moyennes annuelles de poussières modélisées (année 2021) avec les mesures aux stations du CGQA (période 2018-2020) (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Cartographie à haute résolution des concentrations de polluant

A partir de l'intégration de l'ensemble des données d'entrée citées précédemment (émissions spatialisées, météorologie locale et topographie) le modèle a été utilisé pour cartographier l'état de la qualité de l'air sur l'ensemble du domaine d'étude.

Les résultats sont présentés sur les cartographies ci-dessous. Ils correspondent à la contribution du trafic routier (le trafic ferroviaire pouvant être négligé).

Pour les zones situées à proximité des axes routiers, on note pour le pour le dioxyde d'azote NO_2 et les poussières PM_{10} (voir figures ci-dessous), une contribution moyenne liée à la circulation routière qui atteint à elle seule les valeurs limites annuelles fixées par la réglementation sénégalaise. Plus globalement, on retiendra que la seule contribution du trafic routier conduit à des dépassements significatifs des valeurs recommandées par l'OMS, sur toutes les zones urbaines du domaine d'étude.



Figure 7 : Contribution du trafic routier aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 pour l'année 2021



Figure 8 : Contribution du trafic routier aux concentrations moyennes annuelles de PM_{10} pour l'année 2021

7.4 EFFETS SANITAIRES DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Cadre général

Afin d'évaluer les impacts sanitaires et les coûts associés dus à la pollution atmosphérique générée par les transports routiers, on a utilisé la **méthode générale** développée par l'OMS avec des **données** d'entrées les plus **locales** possibles. Cette combinaison donne des résultats spécifiques à la situation de Dakar et comparables à d'autres évaluations utilisant la même méthode.

Les effets sur la santé sont consécutifs des expositions à **long terme** car les données de concentrations ambiantes sont des moyennes annuelles.

Les impacts sont étudiés à la fois pour la pollution de l'air ambiant et pour la seule pollution due aux émissions du trafic routier.

Indicateurs

Pour les effets de la pollution atmosphériques en termes de **mortalité**, les impacts peuvent être estimés selon trois approches différentes :

- Estimation du nombre de décès
- Estimation des années de vies perdues (YLL)
- Estimations des années de vie perdues en bonne santé (DALY)

La **morbidity** dont les impacts sont très largement inférieurs à ceux estimés en termes de mortalité n'est pas intégrée à la présente étude.

Méthodologie

Les impacts en nombre de décès sont estimés selon la méthode dite évaluation des impacts sanitaires (EIS, en anglais : HIA pour Health Impacts Assessment). Elle est fondée sur les résultats d'études épidémiologiques, produites depuis de nombreuses années, desquels ont dérivé des **Fonctions Expositions Risques (FER)**. Ces FER sont les risques relatifs divisés par la concentration d'exposition. Pour les calculs, on utilise le logiciel AirQ+⁷, mis à disposition par l'OMS avec comme donnée d'entrées le nombre de personnes exposées aux différents polluants estimés grâce à la

modélisation de dispersion présentée au paragraphe précédent. Approche « années de vies perdues »

L'approche année de vie perdue a été mise au point pour palier une incertitude de l'approche en nombre de cas. Si l'on considère que le décès d'une personne de 30 ans n'a pas la même valeur « économique » que celui d'une personne de 80 ans, ce qui reste très discuté, alors il ne suffit plus de compter le nombre de décès dans une catégorie d'âge mais il faut dénombrer le nombre d'année de vie perdue au moment du décès. Pour cela, on utilise l'espérance de vie des personnes décédant l'année de son décès.

L'OMS a estimé un nombre d'année de vie perdue en bonne santé pour chaque cause de décès. Ce sont les DALYs (Disability Adjusted Life Year), années de vies perdues sans incapacité.

En l'absence de Fonction Exposition Risque pour le benzène, on utilise une approche spécifique basée sur des valeurs toxicologiques de références (VTR) qui sont dans le cas des effets cancérogènes des excès de risques unitaires (généralement désigné en anglais sous le terme "slope factor" ou "unit risk").

Résultats

L'analyse menée sur la base de la méthodologie précédente montre que la pollution de l'air et la pollution de l'air liée au trafic routier ont des **effets considérables** sur la santé des dakarois.

Ainsi les résultats obtenus montrent que la pollution de l'air ambiant contribue à environ 3 400 [de 2 200 à 4 400] décès prématurés par an (toutes causes hors accidents chez les plus de 30 ans + IRB chez les moins de 5 ans + mortalité post néonatal) soit environ 19 % [de 14 % à 20 %] des décès totaux à Dakar correspondant aux mêmes causes (environ 18 000 décès par an [de 15 500 à 22 000]).

La pollution due aux émissions du **trafic routier** est responsable d'environ **1 260 [600 à 2 000] décès prématurés par an, soit environ 7 % [de 4 % à 9 %] des décès totaux à Dakar** correspondant aux mêmes causes. Cela correspond à respectivement 135 700 [91 000-177 000] années de vie perdues sans incapacité par an attribuable à la pollution de l'air ambiant et 50 000 [23 000-80 300] années de vie perdues sans incapacité par an attribuable aux émissions du trafic routier.

⁷ <https://www.who.int/europe/tools-and-toolkits/airq---software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>

Les coûts monétaires correspondants sont élevés avec :

- 926 milliards de FCFA₂₀₂₁ [611 à 1 222] dus à la mortalité prématurée attribuable à la pollution de l'air ambiante,
- **346 milliards de FCFA₂₀₂₁ [164 à 541] dus à la mortalité prématurée attribuable aux émissions du trafic routier.**

Ces résultats sont encore plus élevés lorsqu'on utilise le nombre d'années de vie perdue sans incapacité avec respectivement 1 345 milliards de FCFA₂₀₂₁ [903 à 1 754] dus à la pollution de l'air ambiante et **501 milliards de FCFA₂₀₂₁ [230 à 800] dus aux émissions du trafic routier.** La mortalité post néonatal compte pour plus de 30% des coûts basés sur les années de vie perdues sans incapacité alors qu'elle ne représente qu'environ 15 % des coûts basés sur la mortalité prématurée.

C'est cette fourchette haute basée sur l'estimation en nombre d'années de vie perdue sans incapacité que l'on retiendra pour la synthèse générale. Elle tient en effet mieux compte de la jeunesse de la population sénégalaise impactée par les effets à long terme de la pollution de l'air.

8 SYNTHÈSE GLOBALE DES EXTERNALITÉS

Coût global des externalités liées au transport urbain à Dakar

Le tableau ci-dessous récapitule la valorisation des différentes externalités telle qu'elle résulte des analyses qui ont été présentées dans les chapitres précédents.

Externalité	En Mds de FCFA	En %
Congestion	235,5	26%
Sécurité routière	92,6	10%
Bruit	2,3	1%
Emissions GES	66,2	7%
Pollution atmosphérique	501,0	56%
Total	897,6	100%

Tableau 12 : Valorisation des externalités du transport urbain à Dakar – Année 2021 hors COVID

Ces résultats appellent les commentaires suivants :

- **L'externalité qui coûte le plus à la population dakaroise correspond aux effets de la pollution atmosphérique du transport routier sur la santé** ; les impacts de la pollution, liée aux caractéristiques du parc automobile, privé comme public, sur une population jeune sont en effet majeurs en termes sanitaires et la valorisation qui en découle en est la traduction directe. L'intérêt du développement de transports collectifs massifs (TER et BRT) et propres ne peut que s'en trouver renforcé.
- **La seconde externalité la plus coûteuse pour les dakarois correspond à la congestion**. Si son estimation paraît élevée, elle ne prend cependant pas en compte les effets sur la productivité des entreprises, délicate à estimer. Elle risque également d'augmenter de manière exponentielle dans les années à venir, beaucoup plus vite que la croissance du nombre de déplacements. Pour lutter contre le développement de la congestion, différentes actions sont possibles (limitation de la place du véhicule individuelle, développement massif des

transports collectif...) et déjà esquissées dans les actions du Plan de Mobilité Urbain Soutenable de Dakar mené par le CETUD.

- **La troisième externalité par ordre d'importance correspond à la sécurité routière**. Comme on a pu le voir, la moitié des tués dans les accidents de la circulation de la région de Dakar sont des piétons. Si le renforcement des contrôles est bien sûr à promouvoir, le développement d'aménagements urbains permettant aux 70% des déplacements quotidiens qui se font à pied de se faire en toute sécurité permettrait certainement de limiter le nombre des décès.
- **La quatrième externalité par ordre d'importance correspond aux émissions de gaz à effet de serre**. La valorisation qui en est faite dépend bien sûr du prix du carbone qui est retenu mais comme pour la pollution le développement de transport collectif et dont les émissions de GES sont réduites permettra de limiter ce poste.
- **Les nuisances sonores figurent en toute fin de classement avec des montants très inférieurs à ceux des autres externalités**. C'est souvent le cas même si la différence est généralement moins marquée. C'est sans doute lié à la difficulté de l'estimation des niveaux sonores mais aussi à la valorisation elle-même qui s'appuie sur l'adaptation d'une méthode française.

Coût des externalités liées au transport urbain à Dakar rapporté au PIB

Le coût des externalités du transport urbain représente donc près de **11% du PIB de la région de Dakar**⁸.

Externalité	En % du PIB Dakarois
Congestion	2,8%
Sécurité routière	1,1%
Bruit⁹	0,0%
Emissions GES	0,8%
Pollution atmosphérique	5,9%
Total	10,7%

Tableau 13 : Part des externalités en fonction du PIB dakarois - Année 2021 hors COVID

⁸ Il représentait déjà 8,2% du PIB dans l'étude menée par la Banque mondiale en 1998 même si celle-ci a été réalisée sur des méthodologies différentes.

⁹ Le bruit représente 0,03% du PIB de la région de Dakar

9 LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES

CCTVA	Centre de Contrôle Technique des Véhicules Automobiles
CETUD	Conseil Exécutif des Transports Urbains Durables
CGQA	Centre de Gestion de la Qualité de l'Air
CUREM	Centre Universitaire de Recherche et d'Etude de la Mobilité
DTR	Direction des Transports Routiers
GES	Gaz à effet de serre
N02	dioxyde d'azote
PDUD	Plan de Déplacements Urbains de Dakar
PM10	<i>Particulate Matter</i> / Matière Particulaire inférieure à 10 micromètres
PM2.5	<i>Particulate Matter</i> / Matière Particulaire inférieure à 2.5 micromètres
S02	dioxyde de soufre
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
EMTASUD	Enquête ménages sur la mobilité, le transport et l'accès aux services urbains dans l'agglomération de Dakar - 2015
PIB	Produit Intérieur Brut
HPM	Heure de Pointe du Matin
HM	Heure du Midi
HPS	Heure de Pointe du Soir