



FINANCEMENT: Fonds Nordique de Développement	Rapport de projet	The logo for QA DAK consists of the letters 'QA' in yellow and 'DAK' in orange, with a stylized house icon integrated into the letter 'A'.
Projet:	ASSISTANCE TECHNIQUE A LA MISE EN PLACE DU LABORATOIRE CENTRAL ET DES STATIONS DE MESURES POUR L'AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'AIR EN MILIEU URBAIN DE DAKAR	
Contrat:	N°: 003/C/FND/05	

Echantillonnage Passif du SO₂ et du NO₂ dans l'air ambiant à Dakar

Etude préliminaire, Juin 2005

Cristina Guerreiro, Herdis Laupsa et Bjarne Sivertsen

RAPPORT N°:	2. b1
REFERENCE DU CONSULTANT:	O-105010 OR 39/2005
REV. N°:	Version 1 (31.08.2005)
NOM DE LA TÂCHE:	Evaluation des niveaux de qualité de l'air dans la ville de Dakar
ISBN:	82-425-1683-9

Table des matières

	Page
Table des matières.....	2
1 Introduction.....	3
2 Les échantillonneurs passifs.....	3
2.1 Le principe de base	4
2.2 Taux de prélèvement et analyses	5
3 Sites d'échantillonnage dans Dakar	6
4 Valeurs limites de la qualité de l'air.....	8
5 Concentrations mesurées	9
6 Discussion et conclusion	9
7 Références.....	10

1 Introduction

Le Conseil Exécutif des Transports Urbains de Dakar (CETUD) a demandé à NILU de l'assister dans la création d'un Laboratoire Central doté d'un système de gestion de la qualité de l'air pour Dakar. Ce projet fait partie de la composante "Amélioration de la qualité de l'air en milieu urbain" (QADAK) du "Programme d'Amélioration de la Mobilité Urbaine" (PAMU) mise en œuvre par le CETUD.

Une étude de l'état de la pollution à Dakar sera effectuée durant la seconde mission et servira de base à la conception d'un réseau de surveillance. Au cours de la première mission réalisée en mai-juin 2005, quelques échantillonneurs passifs ont été implantés à 5 endroits différents de la ville de Dakar et ont permis d'avoir une première indication sur les concentrations au niveau du sol.

Ce rapport est aussi disponible en anglais (NILU OR 46/2005).

2 Les échantillonneurs passifs

Un échantillonneur de diffusion directe du dioxyde de soufre (SO₂) et du dioxyde d'azote (NO₂) dans l'air ambiant a été utilisé sur plusieurs sites pour donner un aperçu de la distribution spatiale des concentrations.

L'échantillonneur a été conçu par l'Institut Suédois de Recherche Environnementale (IVL) et a été utilisé à plusieurs reprises par NILU. L'échantillonneur comprend un filtre imprégné placé à l'intérieur d'un petit tube en plastique. Pour éviter les turbulences à l'intérieur de l'échantillonneur, son entrée est recouverte d'un filtre formé d'une fine membrane poreuse. Les gaz sont transportés et collectés par diffusion moléculaire.

Les échantillonneurs sont très faciles à fabriquer. Par exemple, les échantillonneurs utilisés par NILU sont produits à partir de tubes de polypropylène de 25 mm de diamètre disponibles dans le commerce. Les tubes sont sectionnés à la longueur voulue, puis équipés d'un bouchon contenant le filtre imprégné à une extrémité, et un bouchon ouvert contenant la membrane (filet) anti-convection à l'extrémité d'admission (comme représenté en Figure 1).

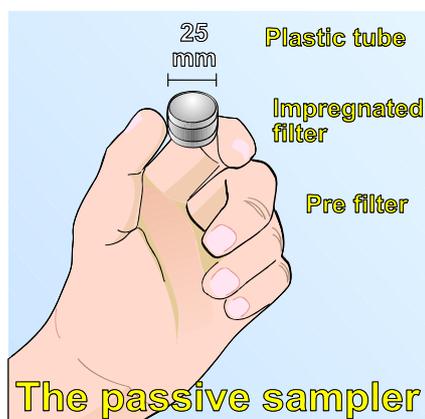


Figure 1: L'échantillonneur passif.

Tous les composants peuvent être réutilisés, sauf le filtre imprégné. Ils ont également plusieurs autres avantages pour une utilisation sur le terrain. Ainsi ils sont petits, légers (~2 g), et fonctionnent sans électricité.

Il doit être souligné qu'ils fournissent des concentrations cumulées sur une période de temps continue, et les concentrations moyennes sont calculées en fonction de la durée de leur exposition à l'air ambiant. Cette durée peut être journalière, hebdomadaire, mensuelle etc. Ils ne sont évidemment pas adaptés au suivi des variations temporelles sur de courts intervalles de temps, ou pour la détection de pics de valeurs ponctuels, ou lorsque des mesures en temps réel sont nécessaires.

2.1 Le principe de base

La technique d'échantillonnage est basée sur la propriété de diffusion moléculaire des gaz, d'où le terme d'échantillonnage 'passif' (aussi appelé échantillonnage par diffusion). Les molécules de gaz se diffusent dans l'échantillonneur où elles sont quantitativement collectées sur un filtre imprégné ou sur un matériau absorbant. Ainsi on mesure une concentration qui est fonction du temps d'exposition (ou concentration moyenne). Il n'y a pas besoin d'électricité, de pompes ou d'aucun autre appareil.

Si l'efficacité de l'échantillonnage est suffisamment élevée alors le taux d'échantillonnage peut être calculé à partir de la section transversale perpendiculaire à la direction de propagation et de la distance sur laquelle le gaz doit diffuser selon la première loi de diffusion de Fick.

Pour travailler correctement (et quantitativement) il est essentiel que le transport se fasse seulement par diffusion moléculaire et qu'il n'y ait pas de perte de gaz sur les parois de l'échantillonneur. Dans ces conditions le taux d'échantillonnage et par conséquent la plage de fonctionnement de l'échantillonneur sont directement proportionnels à sa section et inversement proportionnelle à sa longueur.

Les gaz inorganiques sont absorbés par réaction chimique sur un filtre imprégné d'une solution à spécifique chaque polluant mesuré. Le produit de la réaction, qui est lavé hors du filtre avant d'être analysé, est spécifique du gaz étudié. Quand il n'existe pas de produits chimiques (par exemple, produits organiques) avec lesquels les gaz ne réagissent pas suffisamment vite ils sont alors piégés sur un matériau absorbant. De tels gaz sont ensuite récupérés de l'absorbant pendant l'analyse.

2.2 Taux de prélèvement et analyses

Le taux de prélèvement dépend seulement du taux de diffusion du gaz. Le taux de collecte est de 31 l/24h pour le SO₂ et 36 l/24h pour le NO₂.

Pour le SO₂ l'intervalle des valeurs mesurées est approximativement 0.1-80 ppb pour une période de prélèvement d'un mois. L'intervalle pour le NO₂ est 0.02-40 ppb.

Les échantillonneurs passifs sont assemblés à NILU et prêts à l'emploi. Après exposition les échantillonneurs sont habituellement retournés à NILU où les concentrations de SO₂ sont déterminées sous forme de sulfates par chromatographie ionique. Le NO₂ est déterminé par spectrophotométrie.

La concentration moyenne sur le site de mesure sur la période de temps pendant laquelle l'échantillonneur a été exposé aux conditions ambiantes est déterminée par l'analyse chimique du filtre. L'analyse consiste à enlever le filtre imbibé et à lessiver le produit de réaction, en employant généralement de l'eau distillée. Le produit de lixiviation est alors analysé en utilisant une technique analytique appropriée. La concentration la plus élevée qui peut être mesurée dépend de la quantité d'absorbant ou d'adsorbant sur le filtre imprégné. Ceci est généralement estimé par la quantité stoechiométrique du produit imprégné, réduite par un facteur de sécurité (généralement un facteur de 2).

La limite inférieure de détection des échantillonneurs est déterminée par l'utilisation d'échantillon de référence, 'blanc'. Dès qu'un filtre est imprégné il commence à mesurer les niveaux ambiants. Un filtre maintenu au laboratoire mesurera les niveaux du laboratoire, alors que les échantillons de référence mesureront l'exposition cumulée pendant les temps de transport et de stockage.

Les échantillonneurs sont imprégnés peu de temps avant d'être envoyés sur le terrain. Ils sont marqués d'un numéro de lot, quelques filtres sont immédiatement examinés, et certains filtres sont identifiés pour servir de 'blancs de laboratoire' et de 'blancs de terrain'. Les 'blancs de laboratoire' sont stockés dans le laboratoire et périodiquement testés. Les 'blancs de terrain' sont gardés dans leurs conteneurs, accompagnent les échantillonneurs sur le terrain et sont retournés après l'exposition des filtres. Les 'blancs de terrain' sont analysés en même temps que les échantillons exposés. Les concentrations déterminées à partir des filtres exposés sont alors corrigées en utilisant les 'blancs'. La limite de détection inférieure est généralement définie comme étant 2

à 3 fois l'écart type empirique des 'blancs'. La reproductibilité des résultats est mesurée et vérifiée au moyen d'échantillons dédoublés.

3 Sites d'échantillonnage dans Dakar

Des échantillonneurs passifs ont été utilisés pour mesurer les concentrations de NO₂ et de SO₂ sur une sélection de sites dans Dakar. Le but avec cette étude était d'identifier les niveaux de NO₂ et de SO₂ dans différents microenvironnements de la ville (par exemple abords de route, environnement urbain de fond, zone industrielle etc..).

Les différents sites et leurs environnements sont décrits dans le tableau 1, et la carte de la figure 2 donne une image de la distribution spatiale des sites d'échantillonnage choisis pour Dakar.

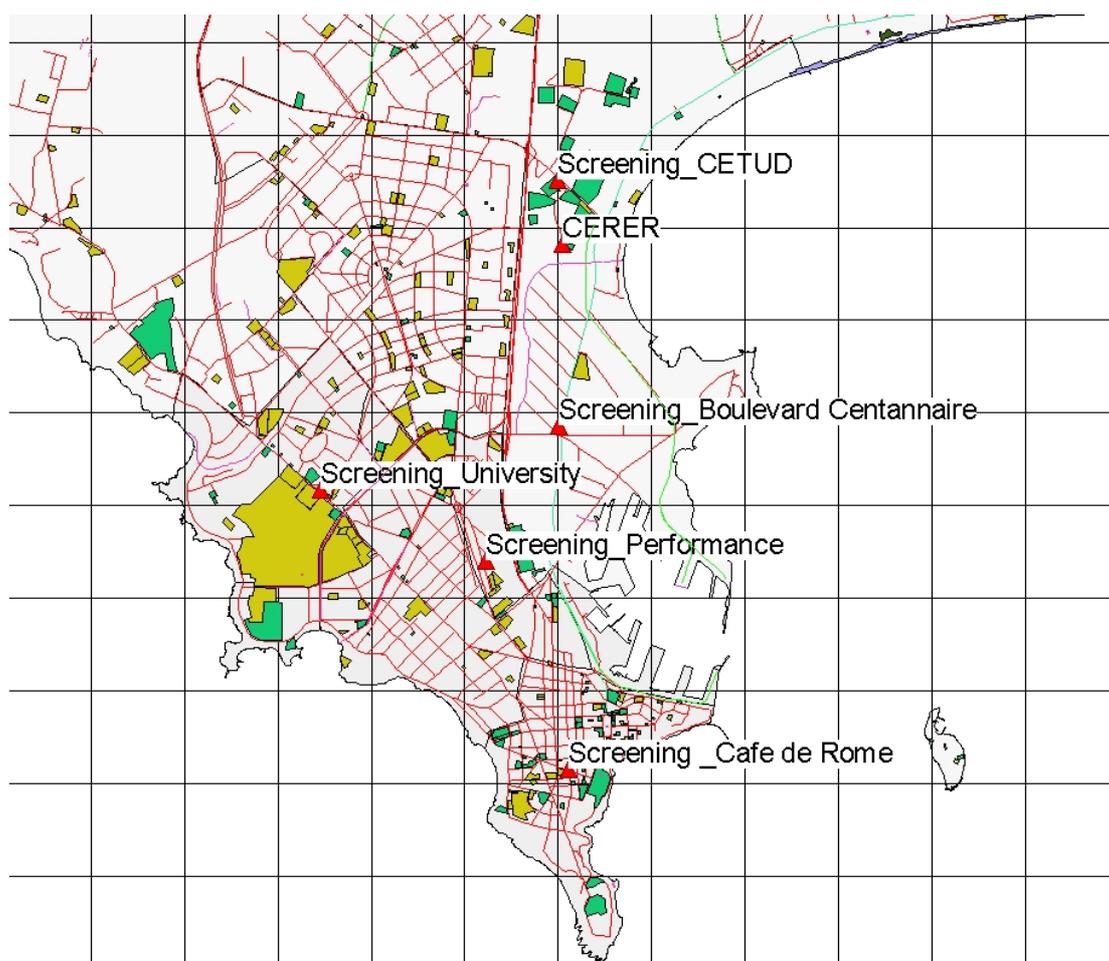


Figure 2: Emplacement des sites d'échantillonnage.

Tableau 1: Sites d'échantillonnage pour les échantillonneurs passifs de SO₂ et de NO₂.

Nom du Site	Coordonnées UTM		Type de Station	Principale source d'émission	Échantillonneurs		Commentaires
	X	Y			SO ₂	NO ₂	
Café de Rome	237606	1622665	Trafic Urbain	Circulation	1	1	Echantillonneurs situés à environ 3m au-dessus de niveau de la route et à 3-4 m du trottoir. Circulation/station sur rue 'canyon'
CETUD	237496	1629018	Trafic SubUrbain	Circulation	1	1	Echantillonneurs situés à environ 3 m au-dessus du sol, au bord de la chaussée. La circulation est intense
Université	234956	1625670	Bord de la route	Circulation	1	1	Echantillonneurs situés à environ 3 m au-dessus du sol au coin d'un magasin, à coté de la chaussée.
Boulevard Centenaire (rond-point SCOA)	237503	1626358	Industrie/ Circulation	Industrie/ trafic	1	1	Echantillonneur implanté à approximativement 3m au-dessus du sol et 4m du bord de la route, à coté d'une barrière d'accès à une entreprise.
Performances	236722	1624905	Environnement urbain de fond	Circulation	1		Echantillonneurs situés près du trottoir à 2 m au-dessus du niveau du sol, sur une barrière. Zone résidentielle.
TRAFFIC			En Circulation	Circulation		1	L'échantillonnage est fait en conduisant ou en marchant dans la circulation

4 Valeurs limites de la qualité de l'air

Les valeurs limites de la qualité de l'air pour le SO₂ et le NO₂ définies par la Commission Européenne (EU, 1999) et les normes établies par Organisation Mondiale de la Santé (OMS,2000) sont données dans le Tableau 2 et le Tableau 3.

Tableau 2: Valeurs limites de la qualité de l'air et directives pour le SO₂.

Effet	Période moyenne	UE	OMS
	10 min		500 µg/m ³
Santé	1 heure	350µg/m ³⁽¹⁾	
Santé	24 heures	125 µg/m ³⁽²⁾	125µg/m ³
Ecosystèmes	Année Civile et hiver	20µg/m ³	50µg/m ³

Tableau 3: Valeurs limites de la qualité de l'air et directives pour le NO₂.

Effet	Période moyenne	UE	OMS
Santé	1 heure	200µg/ m ³⁽³⁾	200µg/m ³
Santé	Année Civile	40µg/m ³⁽⁴⁾	40 µg/m ²

¹ Ne doit pas être dépassé plus de 24 fois par année civile.

² Ne doit pas être dépassé plus de 3 fois par année civile.

³ Ne doit pas être dépassé plus de 18 fois par année civile. Entrée en vigueur le 1^{er} Janvier 2010

⁴ Entrée en vigueur le 1^{er} Janvier 2010

5 Concentrations mesurées

Les échantillonneurs passifs ont été analysés à NILU et les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4: Concentrations mesurées au niveau du sol, ramenées à une moyenne au cours de la période de prélèvement.

Période d'échantillonnage				Période de mesure	Nom du site	Moyenne des Concentrations	
De:		A		Jours	Emplacement	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
date	Hr.	date	Hr.			SO ₂	NO ₂
31.5.05	0800	7.6.05	0830	7.0	Café de Rome	60	68
31.5.05	0830	7.6.05	1405	7.2	CETUD	30	40
1.6.05	0907	7.6.05	1745	6.4	Université	19	28
1.6.05	0930	7.6.05	1725	6.3	Boulev Centenaire	14	21
1.6.05	1400	6.6.05	1500	5.0	Performances	5	
1.6.05	1200	1.6.05	1430	0.1	En circulation		344

6 Discussion et conclusion

La période de prélèvement a varié entre 5 et 7 jours. Si le temps et les conditions de dispersion durant la période de test sur le terrain sont représentatifs de la moyenne des conditions météorologiques, les concentrations mesurées donnent aussi une indication de la moyenne à long terme des concentrations dans Dakar.

Les données météorologiques pour la période de mesure n'étaient pas disponibles. Des observations manuelles ont cependant été effectuées chaque jour. Généralement, les conditions de dispersion étaient bonnes avec des vitesses de vent relativement fortes.

Les concentrations hebdomadaires se situaient entre 5 et 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le SO₂ et entre 21 et 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le NO₂. Des niveaux de concentration similaires ont été mesurés durant une campagne de mesures réalisée en 2004 (Ndiaye S.A., 2005, communication personnelle). Les niveaux de pollution atmosphérique sont comparables aux niveaux mesurés dans d'autres villes polluées dans le monde, comme la ville d'Ho Chi Min au Vietnam (Sivertsen et al., 2005).

Les concentrations en SO₂ sont proches de la valeur limite fixée par l'UE pour les concentrations moyennes à long terme, ou la dépassent, pour trois des cinq stations. C'est seulement au Café de Rome que la concentration de SO₂ est au-dessus des normes de l'OMS.

S'agissant du NO₂ la moyenne à long terme fixé par l'OMS a été dépassée sur deux des quatre stations. Le niveau des concentrations mesurées en étant dans la circulation était approximativement de 75% plus élevé que les valeurs limites par heure fixées par l'UE.

Les niveaux de concentration étaient les plus élevés au Café De Rome. Ceci indique que les zones les plus polluées pourraient se situer dans les rues de type 'canyons' avec un trafic intense. Il y a probablement d'autres rues 'canyons' qui sont plus polluées. Comme prévu c'est au niveau de la station urbaine de fond que l'on trouve les plus basses concentrations.

L'étude préalable indique que la ville de Dakar est fortement polluée puisque des concentrations relativement élevées y sont mesurées sous de bonnes conditions de dispersion.

7 Références

EU (1999) Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogens, particulate matter and lead in ambient air. *Official Journal of the European Communities*, L163, 29.6.1999, pp.41-60.

World Health Organization (2000) Air quality guidelines for Europe. 2nd. ed. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe (WHO Regional Publ., European Series, 91).

Sivertsen, B., Thanh, T.N and Willoch, H. (2005) Ho Chi Minh City Environmental Improvement Project. Air Quality Monitoring Component. Mission 6, Status report (MR1-2), Station audits, design reference laboratory and training. Kjeller (NILU OR 38/2005).

Guerreiro, C., Sivertsen, B. et Laupsa, H. (2005) QADAK Mission 1, Mai-Juen 2005. Kjeller (NILU OR 40/2005).



Norwegian Institute for Air Research (NILU)

P.O. Box 100, N-2027 Kjeller, Norway

REPORT SERIES SCIENTIFIC REPORT	REPORT NO. OR 39/2005	ISBN 82-425-1683-9 ISSN 0807-7207	
DATE	SIGN.	NO. OF PAGES 10	PRICE NOK 150,-
TITLE Echantillonnage Passif du SO ₂ et du NO ₂ dans l'air ambiant à Dakar Etude préliminaire, Juin 2005		PROJECT LEADER Cristina Guerreiro	
		NILU PROJECT NO. O-105010 OR 39/2005	
AUTHOR(S) Cristina Guerreiro, Herdis Laupsa et Bjarne Sivertsen		CLASSIFICATION * A	
		CONTRACT REF. N°: 003/C/FND/05	
REPORT PREPARED FOR CETUD Route de Front de Terre, B.P. 17 265 Dakar-Libert			
ABSTRACT L'Institut Norvégien de Recherche sur l'Air (NILU) assiste le Conseil Exécutif des Transports Urbains de Dakar (CETUD) dans la création d'un Laboratoire Central équipé d'un Système de Gestion de la Qualité de l'Air pour Dakar. Au cours de la première mission réalisée en mai-juin 2005, quelques échantillonneurs passifs ont été implantés à 5 endroits différents de la ville de Dakar et ont permis d'identifier les niveaux de NO ₂ et de SO ₂ dans différents microenvironnements de la ville (par exemple abords de route, environnement urbain, zone industrielle etc.). Cette étude préalable indique que la ville de Dakar est fortement polluée puisque des concentrations relativement élevées y sont mesurées sous de bonnes conditions de dispersion.			
NORWEGIAN TITLE			
KEYWORDS Air quality monitoring	Air quality assessment	Senegal	
ABSTRACT (in Norwegian)			

* Classification A Unclassified (can be ordered from NILU)
 B Restricted distribution
 C Classified (not to be distributed)