CAMPAGNE DE MESURES DE LA QUALITE DE L'AIR AMBIANT EN PROXIMITE AUTOROUTIERE A31, A33, A330
Du 21/02/2008 au 17/04/2008
- ETAT DE REFERENCE -

A 330

Date de publication : novembre 2008

Réf : AIRLOR 08/08/0081

	AIRLOR 08/08/0081 Novembre 2008 **CAMPAGNE DE MESURE DE LA QUALITE DE L'AIR AMBIANT EN PROXIMITE AUTOROUTIERE A31, A33, A330** **- Etat de référence -**

	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom	S. BOURDET / E. LANGARD	N. MARQUIS	JP SCHMITT
Signature			
Date	13/11/2008	13/11/2008	13/11/2008

Rapport ❑ AIRLOR

Diffusion : ❑ libre
❑ contrôlée

❑ Contrat / DRE
Convention pour l'étude relative au suivi des polluants atmosphériques dans le cadre de la mesure de réduction des vitesses préconisée dans la Plan de Protection de l'Atmosphère de Nancy

Nombre d'exemplaires édités : 1

Diffusion initiale : DRE Meurthe et Moselle

AIRLOR :
- Archives (1 ex)
- Service Etudes (1 ex)
- Auteur (1 ex)

Nombre de volumes : 1

Nombre de pages du rapport hors annexes : 44

Nombre d'annexes : 7

RESUME

Une étude des concentrations en dioxyde d'azote et en benzène, polluants traceurs de la pollution atmosphérique générée par le trafic routier, a été réalisée du 21 février au 17 avril 2008 en secteurs autoroutiers de contournement de l'agglomération nancéienne. L'objet de cette étude est de disposer d'un état de référence de la qualité de l'air sur les autoroutes de contournement de l'agglomération nancéienne : A31, A33 et A330.

Des tubes à diffusion passive ont été utilisés pour la mesure du dioxyde d'azote et du benzène. Cette méthode permet de réaliser un grand nombre de mesures. Six transects (séries de points perpendiculaires à un axe routier et de part et d'autre de celui-ci à 5, 25, 50, 100 et 200 mètres de celui-ci) à raison de deux transects par axe autoroutier et un site de proximité autoroutière équipé d'analyseurs automatiques à Villers Clairlieu au niveau de l'A33 ont été instrumentés.

Les concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne en *dioxyde d'azote* au niveau de l'A31 et A330 sont supérieures à l'objectif de qualité (40 µg/m3 sur un an) et la valeur limite pour la protection de la santé humaine (fixé à 40 µg/m^3 sur un an à l'horizon 2010).
Celles en *benzène* sont inférieures à l'objectif de qualité annuel (2 µg/m^3) et aux valeurs limites annuelles pour la protection de la santé (7 µg/m3 en 2008 et 5 µg/m3 à l'horizon 2010) sur l'A31, l'A330 et l'A33.

L'étude des transects sur la période d'étude montre que le benzène est un marqueur assez peu sensible de la pollution générée par le trafic routier, et que le dioxyde d'azote décroît rapidement lorsque l'on s'éloigne de la voie (en fonction du secteur étudié). Une première étude de détermination de la largeur des bandes d'influence de la circulation routière au niveau des diverses autoroutes de contournement de l'agglomération nancéienne a été menée.

Cette campagne de mesures en saison « fin hiver et printemps » sera complétée par une campagne de mesures estivale en août et septembre 2008, ainsi que par une campagne de mesures hivernale du 15 décembre 2008 au 15 février 2009.

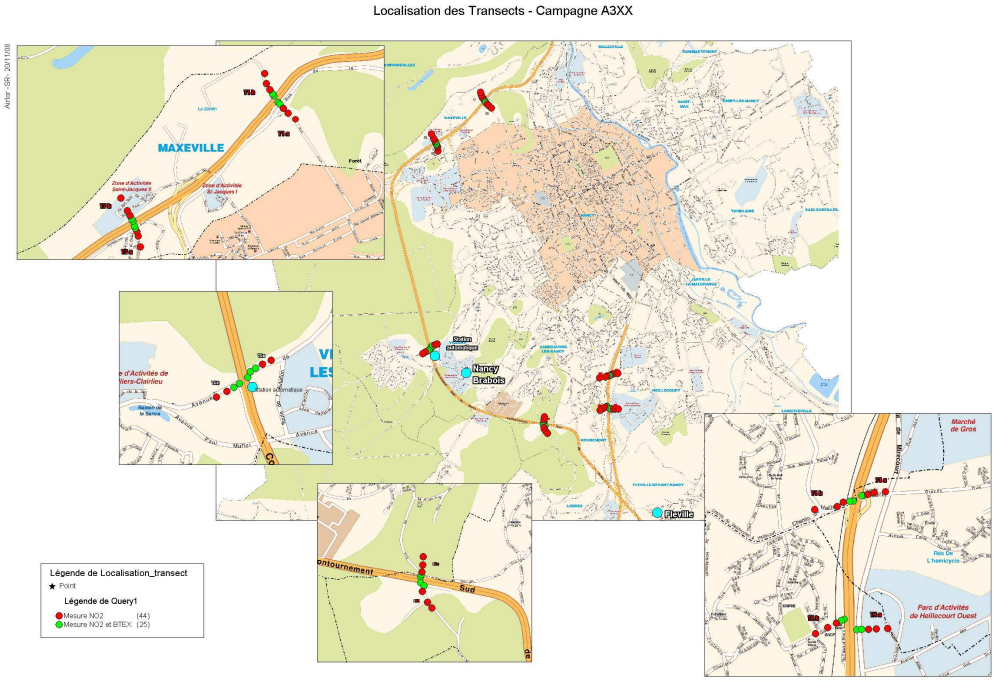
L'ensemble de ces trois campagnes servira à établir un état de référence de la qualité de l'air dans la situation actuelle de fréquentation des axes autoroutiers de contournement de l'agglomération nancéienne, ainsi que dans les conditions de circulation correspondant aux limites de vitesses actuelles (110 km/h).

FICHE RECAPITULATIVE DE L'ETUDE

Matériels et méthodes :

Site et typologie	Adresse	Période	Moyens utilisés et paramètres mesurés
Armoire fixe près de l'A33 (prox automobile)	Centre technique municipal à Villers les Nancy	Du 21/02/08 au 17/04/08	Armoire de mesures : NOx, PM10
Tubes passifs NO2 et benzène répartis sur une soixantaine de sites	Secteur de Nancy, en proximité autoroutière (A31, A33, A330)	Sites transects : C1 : 21/02/08 au 06/03/08 C2 : 06/03/08 au 20/03/08 C3 : 20/03/08 au 03/04/08 C4 : 03/04/08 au 17/04/08 Point de prox. automobile : C1 : 28/02/08 au 06/03/08 C2 : 06/03/08 au 13/03/08 C3 : 13/03/08 au 20/03/08 C4 : 20/03/08 au 27/03/08 C5 : 27/03/08 au 03/04/08 C6 : 03/04/08 au 10/04/08 C7 : 10/04/08 au 17/04/08	- *Tubes passifs NO2* placés sur 60 sites. (341 tubes NO2 utilisés pour les points des transects. Rajouter 36 tubes au total pour les doublons placés sur 7 sites : total de 377 tubes NO2). Les tubes passifs NO2 sont laissés en place 14 jours pour les points à 100 m et 200m, et 7 jours pour les points placés à 5, 25 et 50 mètres. - *Tubes passifs benzène* placés sur 25 sites (200 tubes benzène utilisés). Durée d'exposition : 7 jours.

Carte de localisation des tubes passifs NO2 (en rouge et vert), des tubes passifs benzène (en vert) et de la station mobile (en bleu)



Résultats :

- Concentrations en gaz polluants obtenues au niveau de l'armoire fixe de Villers les Nancy du 21/02/08 au 17/04/08 :

	Moy./max. horaire *armoire* (µg/m3)	**Seuils Réglementaires (à l'échelle du jour ou de l'année)**
NO_2	**125/1143**	-Valeur limite *annuelle* pour la protection de la santé hum. = **40 µg/m3** en 2010 - Objectif de qualité annuel : **40 µg/m3**
PM10	**30/90**	- Valeur limite *annuelle* = **40 µg/m3** en 2005 - Objectif de qualité *annuel* = **30 µg/m3**

Les mesures effectuées à proximité de l'A33 indiquent des teneurs en NO2 élevées, dépassant les seuils réglementaires fixés à l'échelle annuelle. Quant aux PM10, le niveau moyen global lors de la période d'étude atteint l'objectif de qualité (30 µg/m3 sur un an).

- Comparaisons entre les taux moyens de NO2 provenant des tubes passifs et ceux issus de l'analyseur au niveau de l'armoire fixe de mesures à Villers les Nancy :

µg/m3	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Tube passif VIL-a	81	98	213	104	112	84	82
Tube passif VIL-b	76	101	91	nd	123	81	78
Moyenne tubes passifs	79	100	91	104	118	83	80
Moyenne armoire	90	110	89		82	67	65
ER(%) tubes/armoire	-12.2	-9.1	2.2		43.9	23.9	23.1
ER tubes passifs	3.8	2.0			4.2	2.3	3.1
		mesure invalidée					

C1 : du 28 février au 6 mars ; C2 : du 6 mars au 13 mars ; C3 : du 13 mars au 20 mars ; C4 : du 20 mars au 27 mars ; C5 : 27 mars au 3 avril ; C6 : 3 avril au 10 avril et C7 : du 10 avril au 17 avril nd : résultat non disponible

Cette comparaison a pour but de positionner les tubes passifs en NO2 largement utilisés dans la campagne de mesures par rapport à la référence méthodologique que sont les analyseurs automatiques. Les écarts relatifs (ER) des tubes passifs, compris entre 2% et 4% indiquent une bonne répétabilité des mesures. En comparant les deux méthodes, on observe que les teneurs issues des tubes sont majoritairement supérieures à celles de l'analyseur (ER de +2% à +44%) pour les campagnes C3, C5, C6 et C7 et légèrement inférieures (9 à 12%) lors des campagnes C1 et C2.

- Teneurs globales en NO2 et benzène par transect en fonction de la distance à la voie :*

Moyenne par transect	Transect 1	Transect 2	Transect 3	Transect 4	Transect 5	Transect 6
Moyenne à 5 mètres	64/0,82	68/0,8	51/1,04	57/1,07	55/0,75	64/0,79
Moyenne à 25 mètres	52/0,8	58/0,6	51/1,06	45/1,06	45/0,72	40/0,71
Moyenne à 50 mètres	46/	38/	38/	39/	40/	39/0,7
Moyenne à 100 mètres	34/	31/	39/	41/	23/	33/
Moyenne à 200 mètres	27/	28/	31/	39/	16/	29/

* pas de mesure en benzène pour les points à 100 et 200 mètres

Les niveaux relevés en NO2 baissent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'autoroute, excepté pour les tubes placés à 100 mètres au niveau de l'A330 (transects 3 et 4) ou les taux remontent : l'environnement local de ces points explique cette observation (zone d'activités, sortie d'autoroute et présence de route annexe…). Pour le benzène, on n'observe pas d'effet transect. A noter que les niveaux sont compris dans une fourchette plus fine que pour le NO2 (inférieurs à 1µg/m3), et que seules les distances de 5 et 25 mètres ont été instrumentées.

Sommaire

Introduction 6
I) Les polluants étudiés 7
I.1 Le dioxyde d'azote : 7
I.1.1 Origines et propriétés de dioxyde d'azote : 7
I.1.2 Sources du dioxyde d'azote : 7
I.1.3 Législation pour le dioxyde d'azote : 8
I.2 Le benzène : 8
I.2.1 Origines et propriétés du benzène : 8
I.2.2 Sources du benzène : 8
I.2.3 Législation pour le benzène : 9
I.3. Paramètres qui interviennent dans la variation de la teneur en NO_2 et en benzène dans l'atmosphère. 9
II) Matériel et méthode 11
II.1 Principe de l'échantillonnage passif 11
II.2 Mesure du NO_2 par tubes à diffusion passive : 11
II.2.1 Fonctionnement du tube passif : 11
II.2.2 Principe d'analyse des tubes exposés : 12
II.2 Mesure du benzène par tubes à diffusion passive : 13
II.2.1 Principe de fonctionnement : 13
II.2.2 Principe d'analyse des tubes exposés : 14
II.3 Analyse en continu des divers polluants : 15
II.4 Principe d'une campagne de mesure : 15
II.5 Plan d'échantillonnage : 16
II.5.1 Tubes passifs : 16
II.5.2. L'armoire mobile : 17
III) Résultats et discussions : 18
III.1 Conditions climatiques lors de la campagne de mesure : 18
III.1.1 Etude du vent : 18
III.1.2 Etude des températures : 19
III.2 Campagnes menées au niveau de l'armoire mobile de Villers-Lès Nancy : 20
III.3 Comparaison des résultats issus des tubes passifs et de l'analyseur : 21
III.4 Campagnes menées avec les tubes à diffusion passive NO_2 : 22
III.4.1 Etude des doublons : 22
III.4.2 Résultats et commentaires : A31 22
III.4.3 Résultats et commentaires : A33 27
III.4.4 Résultats et commentaires : A330 30
III.4.5 Bilan sur les concentrations globales obtenues par transect 34
III.5 Campagnes menées avec les tubes passifs benzène : 35
III.5.1 Résultats et commentaires : A31 36
III.5.2 Résultats et commentaires : A33 38
III.5.3 Résultats et commentaires : A330 39
IV) Conclusion : 42

Introduction

Cette étude est réalisée dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère de Nancy dont l'une des fiches d'actions intitulée «Emettre moins en réduisant la vitesse sur les autoroutes», prévoit d'étudier les incidences sur la qualité de l'air d'une mise à 90km/h des autoroutes de contournement de l'agglomération nancéienne A31, A33 et A330.
L'objet de la présente étude est de disposer d'un état de référence de la qualité de l'air.

Pour ce faire, plusieurs méthodes ont été utilisées par Airlor pour mener à bien cette étude :

→ des campagnes de mesures par tubes à diffusion passive permettant la détermination de la concentration dans l'air ambiant en NO_2 et en benzène, qui sont de bons indicateurs de la pollution automobile.
Le concept de transects a été utilisé pour l'établissement du plan de campagne. Le transect consiste à mettre en place des points de mesure (quatre ou cinq) situés de chaque coté dans la mesure du possible perpendiculairement (en fonction des conditions du terrain) à un axe routier à des distances définies selon le niveau de circulation de l'axe étudié. Ce type de mesure permet la détermination de la bande d'influence de l'axe routier c'est-à-dire la bande pour laquelle les niveaux de concentration en polluants sont supérieurs aux niveaux de fond.

→ parallèlement à ces campagnes, des mesures en continu par des moyens mobiles ont été menées avec une armoire mobile équipée d'analyseurs de NO_2 et de poussières fines.

Ce rapport met en évidence les niveaux de pollution sur la zone de l'étude en NO_2, benzène et poussières fines.

I) Les polluants étudiés

Cette partie récapitule quelques éléments concernant les substances chimiques qui font l'objet de cette étude, le dioxyde d'azote et le benzène principalement. Les effets sur l'Homme et l'Environnement sont présentés en annexe 1.

Les seuils fixés pour chaque polluant, dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air sont issus de la Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE) du 30 décembre 1996 qui a été intégrée depuis au code de l'environnement au niveau de l'article L221-1.

I.1 Le dioxyde d'azote :

I.1.1 Origines et propriétés de dioxyde d'azote :

Le dioxyde d'azote (NO_2) est issu de l'oxydation du monoxyde d'azote (NO) ; il est considéré comme un polluant secondaire car il n'est pas émis directement à la source. Ces gaz sont le résultat de combinaisons entre l'oxygène (O_2) et l'azote (N_2) de l'air sous l'effet des hautes températures lors des processus de combustion. L'azote est alors soumis à une oxydation qui dépend de la température. La quantité de monoxyde d'azote NO générée augmente avec la température de combustion. Au contact de l'air ambiant, le NO est assez rapidement oxydé en NO_2. La concentration en NO est importante par rapport à celle en NO_2 lorsqu'on se trouve à proximité de la source d'émission.

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$$
$$NO + ½\ O_2 \rightarrow NO_2$$

Le monoxyde d'azote est un gaz incolore, ininflammable et très peu soluble dans l'eau et le dioxyde d'azote est un gaz de teinte rousse et d'une odeur suffocante à forte concentration.
Cette réaction se poursuit lentement dans l'atmosphère et explique dans le cas des villes à forte circulation la couleur brunâtre des couches d'air pollué situées à quelques centaines de mètres d'altitude (action conjointe des poussières). [2]

D'autre part, le temps de demi-vie de NO_2 dans l'atmosphère est de 0,5 à 3 jours, ce qui est court. Le NO_2 contribue à la pollution photochimique par la formation d'oxydants photochimiques (ozone, peroxyde d'hydrogène, aldéhydes) par combinaison avec des composés organiques volatils et d'énergie apportée par le rayonnement ultraviolet solaire. De plus, le NO_2 peut s'oxyder pour donner de l'acide nitrique ou peut se lier aux hydrocarbures qui proviennent de combustions incomplètes, pour former les péroxyacylnitrates ($C_2H_3O_5N$)(PANs). [3]

I.1.2 Sources du dioxyde d'azote :

Les données sont issues du *rapport SECTEN* du CITEPA – février 2008.
La principale source d'oxydes d'azote provient de la combustion des combustibles fossiles (véhicules à moteur, centrales thermiques, …) ; on distingue aussi les sources fixes (industries, chauffages, incinérateurs, …) qui sont minoritaires. En 2006, 1351 kT de NOx ont été émis en France Métropolitaine, soit une réduction de 27% entre 1990 et 2006. Le secteur du transport routier contribue à 53% des émissions totales de la France Métropolitaine. Les autres secteurs contribuent à 5% pour les transports autres que routiers, et 12% pour les secteurs de l'industrie manufacturière, 8% résidentiel tertiaire et 12% de l'agriculture et sylviculture.

I.1.3 Législation pour le dioxyde d'azote :

L'OMS propose comme valeur guide pour une exposition de courte durée (1 heure) la valeur de 200 µg NO_2/m^3. Cette valeur est basée sur des tests cliniques réalisés auprès de personnes asthmatiques. L'OMS propose comme valeur guide pour une exposition de longue durée (1 an) la valeur de 40 µg NO_2/m^3. [2]

Le décret N° 2002-213 du 15 février 2002 impose un objectif de qualité de 40 µg/m^3 en moyenne annuelle et une valeur limite de 40 µg/m3 sur un an à partir de 2010. Alors que les seuils d'alerte sont de 400 µg/m^3 en moyenne horaire ou de 200 µg/m^3 en moyenne horaire si la procédure d'information et de recommandation pour le dioxyde d'azote a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.

Enfin, concernant la protection des végétaux, le décret du 15 février 2002 impose une valeur limite en oxydes d'azote (NOx) de 30 µg/m^3 en moyenne annuelle.

I.2 Le benzène :

I.2.1 Origines et propriétés du benzène :

Le benzène est un composé appartenant à la famille des Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques (HAM), dont il est l'un des plus connu. C'est un composé organique volatil (COV), sa pression de vapeur est de 10032 Pa à 20°C ainsi c'est un composé facilement volatilisable et mobile dans l'atmosphère. Le benzène est associé au toluène, au xylène, et à l'éthylbenzène sous l'acronyme BTEX. [5]
Dans les conditions ambiantes habituelles, le benzène est un liquide limpide et incolore qui a une odeur caractéristique d'hydrocarbure aromatique. Le seuil d'olfaction se situe à une concentration dans l'air d'environ 12 ppm, soit 38,4 mg/m^3. Le benzène est un solvant inflammable qui se décompose à haute température en produisant des gaz toxiques.

I.2.2 Sources du benzène :

Les données sont issues du *rapport SECTEN* du CITEPA – février 2008.
L'origine du benzène atmosphérique est essentiellement anthropique. Les émissions annuelles en 2006 à l'échelle française sont de l'ordre de 54 933 tonnes. Le principal secteur émetteur est le résidentiel tertiaire (76%, en particulier du fait de la combustion du bois), suivi des transports routiers avec 14,6% des émissions. Etant très volatil, il est facilement émis dans l'atmosphère à partir des différentes sources d'émission : échappement des véhicules, combustion, évaporation des réservoirs automobiles, machines et véhicules hors route, distribution d'essence, cokerie, raffinage du pétrole, pétrochimie, feux de forêt, incinération de déchets agricoles.

Le benzène est l'un des composants des mélanges complexes issus du craquage ou du reformage catalytique d'hydrocarbures pétroliers. La distillation de ces mélanges permet d'obtenir les composants pratiquement purs et en particulier le benzène. C'est pourquoi on

retrouve fréquemment des teneurs en benzène de l'ordre de 100 ppb (soit 325 µg/m³) à proximité des usines de raffinage.

Pour ce qui est du secteur routier (10 millions de carburant distribué annuellement en France), le benzène est émis lors du transport et au niveau des stations services. De plus, le processus de combustion incomplet des moteurs thermiques est aussi à l'origine du rejet du benzène dans l'environnement. En particulier depuis le 1er janvier 2000, date à laquelle est entrée en application la Directive Européenne 98/70/CE induisant la disparition du supercarburant « plombé ». Il a alors fallu trouver un nouvel additif de substitution : le benzène. Cependant, le programme européen nommé Auto-Oil impose un taux maximum de benzène dans la composition des essences de 1% (en terme de volumes) depuis le 1er janvier 2000, auparavant, le taux maximum était de 5% (en volume). [7].

I.2.3 Législation pour le benzène :

Dans la directive du 24 septembre 1996, concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant, le benzène apparaît sur la liste des polluants à prendre en considération. Puis, en 1998, un objectif de qualité est pour la première fois fixé en France, par le décret N° 98-360 du 6 mai 1998 à 2 µg/m³ en moyenne annuelle. Cependant, concernant la législation proprement dite, c'est le décret N° 2002-213 du 15 février 2002 qui impose la valeur seuil (en terme de moyenne annuelle) :

Tableau n°1 : Valeur limite en benzène pour la protection de la santé humaine (Décret 2002-213 du 15 février 2002)

Année civile	2001 à 2005	2006	2007	2008	2009	à partir de 2010
Valeur limite pour la protection de la santé humaine (µg/m³, moyenne annuelle)	10	9	8	7	6	5

I.3. Paramètres qui interviennent dans la variation de la teneur en NO_2 et en benzène dans l'atmosphère.

Plusieurs paramètres sont à l'origine de la diffusion des polluants dans l'atmosphère. On peut notamment distinguer trois paramètres :

- ► les conditions météorologiques
- ► la topographie
- ► l'urbanisation.

Les principaux mécanismes de dispersion des polluants dépendent des conditions météorologiques. Celles-ci sont caractérisées par la pression atmosphérique, la vitesse du vent, les précipitations, ainsi que la répartition verticale des températures. [8] Le vent est un facteur permettant la dispersion des polluants et l'augmentation de leurs teneurs par le phénomène de retombée en panache. Il peut également transporter les polluants sur d'autres lieux où le relief n'est pas apte à une bonne dispersion. Une forte luminosité combinée à des

températures élevées conduit à la diminution du temps de demi-vie des polluants primaires donc à la formation plus rapide de polluants secondaires tel que l'ozone. Les précipitations jouent un rôle dans la dilution des polluants par le lessivage du gaz ou par la dissolution du gaz dans les nuages.

La topographie a un rôle dans la progression des polluants dans l'atmosphère, notamment un relief de type vallée peut occasionner la stagnation des polluants en l'absence de vent.

L'urbanisation est une autre cause de mauvaise diffusion des divers polluants. Cela est dû aux aménagements urbains : configurations des rues, immeubles, zone de trafic,… qui empêchent la circulation des flux d'air et provoquent l'augmentation des concentrations en des points spécifiques.

II) Matériel et méthode

Deux techniques de mesures ont été utilisées pour la campagne effectuée : la mesure de NO_2 et du benzène à l'aide de tubes à diffusion passive et la mesure de divers polluants par des analyseurs en continu.

II.1 Principe de l'échantillonnage passif

Un tube de dimension connue contient un support imprégné d'un réactif ayant la propriété de piéger le polluant recherché. Le tube est exposé à l'air libre pendant une période variable, dépendante du réactif utilisé. Après exposition, le tube est analysé en laboratoire par une technique adaptée. Le résultat d'analyse est interprété en tenant compte de la loi de diffusion de l'air dans le tube, de la durée d'exposition et suivant le cas, des conditions météorologiques moyennes durant l'exposition. [9]

Tableau n°2 : Avantages et inconvénients de la méthode de détermination de la qualité de l'air par les tubes passifs.

Avantages	Limites
Un grand nombre de points de mesure considérés	Pas de mise en valeur des fluctuations journalières des polluants.
Le coût faiblepar rapport aux analyseurs fixes	La méthode cumule des imprécisions, lors de l'échantillonnage, la mesure.
Pas besoin de pompes et d'alimentation électrique, pas de maintenance.	Besoin de moyens humains, dont l'importance est fonction de la surface à prospecter
Possibilité de réutiliser les tubes, et le matériel d'échantillonnage	Perte d'une partie de l'information, par le vandalisme et le vol, après la pose des tubes sur le terrain
Possibilité de générer des cartes à partir de l'interpolation des mesures réalisées.	

II.2 Mesure du NO_2 par tubes à diffusion passive :

Pour la mesure de NO_2, Airlor utilise les tubes à diffusion laminaire axiale de Palmes fabriqués et commercialisés par la société par Gradko International Limited.

II.2.1 Fonctionnement du tube passif :

Un tube à diffusion de Palmes est un tube cylindrique en plastique de 1,2 cm x 7,1 cm. Trois grilles sont imprégnées de 40 µL de triéthanolamine (TEA) et sont placées dans une capsule rouge opaque, afin d'éviter la destruction photochimique de l'adsorbant. A l'autre extrémité du tube est disposée une capsule blanche qui est retirée lors de l'installation sur le site, afin de permettre à l'air de se diffuser à l'intérieur du tube. Cet absorbant va permettre de piéger le NO_2. Lorsque le tube est exposé à l'air ambiant, le polluant est transporté par diffusion moléculaire à travers le tube jusqu'à la solution absorbante dans laquelle il est accumulé comme nous le montre l'illustration ci-après. [9]

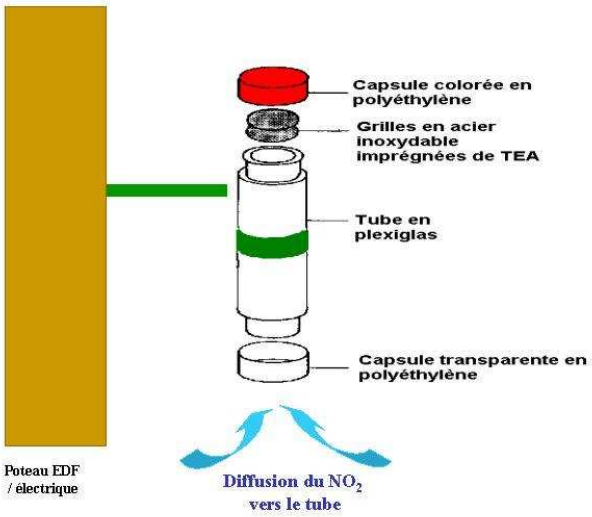


Illustration n°1 : Schéma de principe d'un échantillonneur passif destiné à la surveillance du dioxyde d'azote. [10]

Une relation de stœchiométrie mole à mole existe entre le NO_2 capté et le NO_2 présent dans la solution d'extraction de triéthanolamine (TEA). Le NO_2 mis en présence de TEA donne du N-nitrosodiéthanolamine, selon la réaction suivante :

$$N(CH_2CH_2OH)_3 + NO_2 \rightarrow ON\text{-}N(CH_2CH_2OH)_2 + \text{autres produits}$$

Triéthanolamine N-nitrosodiéthanolamine

Puis la N-nitrosodiéthanolamine forme un ion nitrite qui sera analysé par spectrophotométrie.

Illustration n°2 : Dispositif d'un tube à diffusion passive de NO_2 dans sa boîte de protection.

II.2.2 Principe d'analyse des tubes exposés :

L'analyse se fait par spectrophotométrie dans le visible (dosage colorimétrique). Le réactif colorimétrique composé d'acide sulfanilique, d'acide ortho-phosphorique,

N- (1-Naphtyl)éthylènediamine dihydrochloride (NEDA) est directement introduit dans les tubes exposés qui sont ensuite mis à l'obscurité et conservés dans un réfrigérateur pendant une heure. Après développement de la coloration rose due à la formation d'un composé diazoïque, la concentration est mesurée par spectrophotométrie dans le visible à la longueur d'onde de 542 nanomètres. [11]

La concentration moyenne de NO_2 dans l'air échantillonné ($\mu g/m^3$) est alors déterminée à partir de la masse de nitrite piégée, le temps de prélèvement, les caractéristiques du tube et le coefficient de diffusion du NO_2 dans l'air (0,154 cm^2/s dans les conditions standards de température et de pression atmosphérique). L'application de la première loi de Fick (*cf* annexe 2) permet de passer de la concentration en NO_2 déterminée par le dosage, à la concentration en NO_2 présente dans l'air.
La limite de détection de cette méthode est de 2 µg de NO_2/m^3 d'air. [11]

II.2 Mesure du benzène par tubes à diffusion passive :

II.2.1 Principe de fonctionnement :

Airlor utilise des tubes à diffusion radiale de la société RADIELLO® (référence : Corps diffusif jaune code 120-2 et cartouche adsorbante code 145). Ces tubes sont composés d'une cartouche adsorbante comportant une poudre adsorbante (charbon graphitisé) piégeant les composés organiques (les BTEX en particulier), et d'un "corps diffusif" jaune de porosité connue et spécifique des composés recherchés. La cartouche est placée à l'intérieur du corps diffusif, puis le corps diffusif est fixé sur le support. Ainsi l'air circule du corps diffusif vers la cartouche où les composés recherchés sont adsorbés. Lors de la pose, la cartouche est sortie du tube en verre et placée dans le corps diffusif jaune. Le tube reste en place pendant une période de sept jours. Passé ce temps d'exposition, la cartouche est remise dans un tube en verre numéroté et envoyé au laboratoire d'analyse. [12] [13]

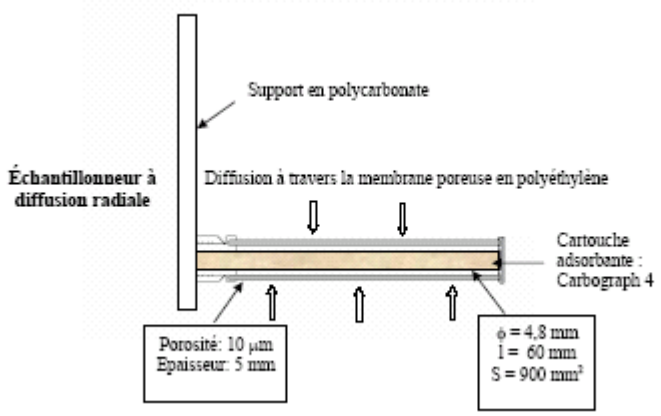


Illustration n°3 : Caractéristiques du tube passif Radiello®

La cartouche code 145 est un tube 4,8 mm de diamètre en filet acier inoxydable rempli avec 350±10 mg de charbon graphité. Les composés organiques volatils piégés par adsorption, sont désorbés par la désorption thermique puis analysés par chromatographie gazeuse capillaire avec un détecteur FID ou MS.

Le noir de carbone graphitisé est obtenu par traitement thermique de matériaux tels que la coque de noix de coco donc le matériau obtenu est dépourvu de micropores, et présente une excellente homogénéité. L'adsorption physique est le phénomène responsable de la rétention des polluants peu polaires, car aucun groupement chimique n'est présent sur la surface de ce matériau. Ce qui permet finalement de retenir les molécules peu ou pas polaires.

Les tubes sont exposés à l'atmosphère ambiante durant une période de sept jours. Au cours du temps la charge en composés adsorbés augmente, la pression partielle de ces espèces au voisinage de l'adsorbant va aussi augmenter. En conséquence, pour un composé, le gradient de concentration qui s'établit entre l'air ambiant (extérieur du tube) et la surface de piégeage aura tendance à décroître, entraînant une diminution du débit d'échantillonnage Cette étude à donc montrée qu'au-delà de sept jours d'exposition, le débit d'échantillonnage diminue de manière significative, ce qui implique une incertitude de mesure non négligeable.

Les tubes sont placés horizontalement sur un support en polycarbonates, lui-même fixé (à environ 3 mètres du sol pour éviter le vandalisme) sous un abri permettant de réaliser un compromis entre ventilation (à un débit d'échantillonnage d'environ 26,8 ml d'air/min) et protection contre les intempéries.
Durant la collecte, les cartouches sont placées dans des tubes en verre, puis sont envoyées au Laboratoire Interrégional du Grand Est basé à Schiltigheim (Alsace).

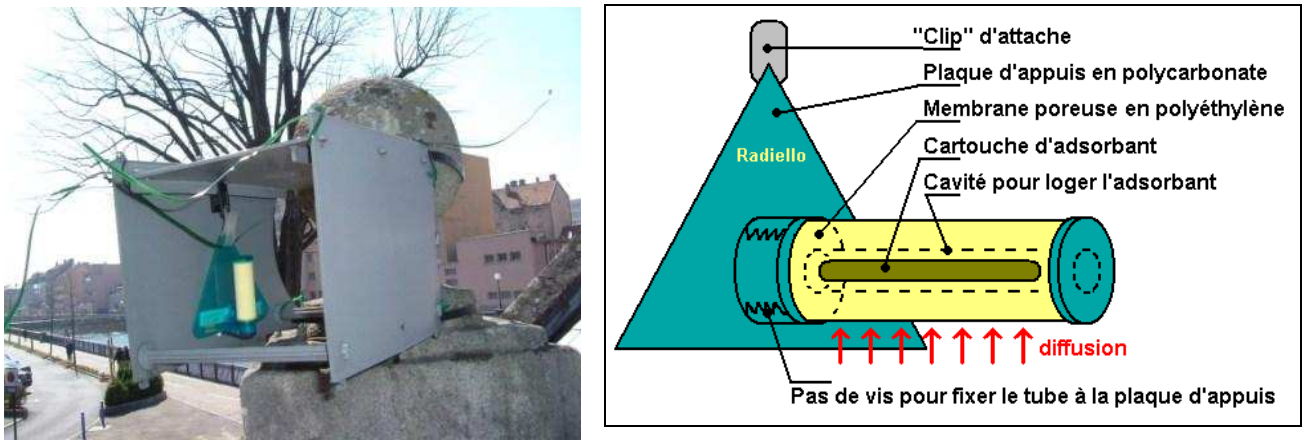


Illustration n°4 : Dispositifs de tubes à diffusion passive du benzène. [10]

II.2.2 Principe d'analyse des tubes exposés :

Après exposition sur les sites de mesure, la cartouche interne est soumise à une opération de désorption thermique. Les COV, brutalement désorbés par chauffage, sont transférés dans une colonne de chromatographie en phase gazeuse (CPG) qui permet de séparer les constituants du mélange de gaz. Les composés sont ensuite identifiés et quantifiés par un détecteur à ionisation de flamme (FID).

L'analyse des tubes est effectuée par le L.I.C., Laboratoire Interrégional de Chimie (regroupant les 7 AASQA du Grand Est de la France) de la qualité de l'air de Strasbourg en annexe n°3.

La mesure par tubes passifs répartis sur toute la zone impactée permet d'étendre la connaissance des niveaux des composés analysés sur un périmètre géographique choisi, mais elle permet uniquement de disposer de niveaux de pollution moyennés sur la période d'exposition des tubes (une à deux semaines).

II.3 Analyse en continu des divers polluants :

Airlor dispose d'analyseurs en continu pour valider la méthode de mesure avec les tubes passifs. Ils mesurent divers polluants : le dioxyde d'azote (NO_2), le dioxyde de soufre (SO_2), le monoxyde de carbone (CO), l'ozone (O_3), les particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 microns (PM_{10}) selon différentes techniques de mesure répertoriées dans le tableau suivant.

Tableau n°3 : Techniques de mesure pour les différents polluants mesurés.

Polluant	Technique de mesure
NO_2	Chimiluminescence
SO_2	Fluorescence UV
CO	Absorption IR
O_3	Photométrie UV
PM_{10}	Microbalance à quartz

Dans cette campagne, une armoire mobile a été implantée à Villers-Lès-Nancy à proximité de l'axe autoroutier A33. Elle est équipée d'un analyseur d'oxydes d'azote et d'un analyseur de poussières en suspension de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 microns (PM_{10}).

II.4 Principe d'une campagne de mesure :

Une campagne de mesure par l'utilisation de tubes à diffusion passive consiste en la mise en place de tubes passifs pour une durée limitée (7 jours pour le benzène et 7 ou 14 jours pour le NO_2) sur des sites de mesure sélectionnés préalablement et ayant une typologie connue.

On distingue les sites de fond, de proximité automobile et les transects.
→ Les tubes placés en site de fond permettent de mesurer le niveau de pollution permanent et global auquel on ne peut échapper, ils sont donc placés à une certaine distance des sources de pollution comme les axes routiers.
→ Les tubes de proximité mesurent le niveau de pollution maximal ponctuel en bordure d'un axe de circulation ou au niveau d'autres sources polluantes comme les industries.
→ Le transect consiste à mettre en place des points de mesure (quatre ou cinq) situés de chaque coté dans la mesure du possible perpendiculairement (en fonction des conditions du terrain) à un axe routier à des distances définies selon le niveau de circulation de l'axe étudié. Ce type de mesure permet la détermination de la bande d'influence de l'axe routier c'est-à-dire la bande pour laquelle les niveaux de concentration en polluants sont supérieurs aux niveaux de fond.

II.5 Plan d'échantillonnage :

II.5.1 Tubes passifs :

Cette étude se divise en quatre campagnes : le suivi du dioxyde d'azote s'est fait suivant une exposition de 14 jours pour les points de mesure les plus éloignés (100 et 200 mètres) alors que les sites à 5, 25 et 50 mètres ont été relevés tous les 7 jours (huit campagnes répertoriées pour ces tubes). Pour avoir des concentrations qui ont des durées d'exposition identiques, il a été nécessaire de faire la moyenne sur 14 jours des tubes exposés pendant 7 jours et pouvoir ainsi visualiser l'effet transect sur une même période.
Les résultats du benzène ont été relevés sur huit campagnes mais ils ont été regroupés en quatre campagnes comme le dioxyde d'azote pour pouvoir comparer les valeurs relevées pour les deux polluants.
Le point de mesure de proximité automobile situé au niveau de l'armoire mobile a été exposé pendant sept campagnes et les teneurs en NO_2 des tubes passifs ont été comparées à celle de l'armoire de Villers-Lès-Nancy.

Quatre campagnes de mesure de 14 jours chacune ont été réalisées sur les transects et sept campagnes de mesure de 7 jours chacune pour le point de proximité automobile.

→ Sites de transects :

- 1ère campagne : du 21 février au 6 mars 2008
- 2ème campagne : du 6 mars au 20 mars 2008
- 3ème campagne : du 20 mars au 3 avril 2008
- 4ème campagne : du 3 avril au 17 avril 2008

→ Site de proximité :

- 1ère campagne : du 28 février au 6 mars 2008
- 2ème campagne : du 6 mars au 13 mars 2008
- 3ème campagne : du 13 mars au 20 mars 2008
- 4ème campagne : du 20 mars au 27 mars 2008
- 5ème campagne : du 27 mars au 3 avril 2008
- 6ème campagne : du 3 avril au 10 avril 2008
- 7ème campagne : du 10 avril au 17 avril 2008

Le plan de campagne comporte six transects, dont cinq comportent 10 points de mesure et l'un d'entre eux comporte 9 points, ainsi qu'un point de proximité automobile au niveau de l'armoire de mesure.
A noter que les sites des transects sont disposés en cinq points de mesure de chaque coté de l'axe autoroutier : ils sont dotés de tubes benzène sur les distances à la voie de 5 et 25 mètres pour cinq transects et en plus sur 50 mètres pour le sixième transect, et tous les sites de la campagne sont équipés de tubes NO_2.

Par ailleurs, 7 sites ont été équipés de tubes en doublon afin de mieux connaitre le comportement des tubes notamment en contexte de proximité autoroutière, obtenir des informations sur la reproductibilité globale des mesures / répétabilité des tubes, et pouvoir comparer les 2 méthodes (tubes passifs/analyseurs fixes), cette démarche étant fondamentale pour l'interprétation ultérieure des résultats.

Les emplacements des tubes à diffusion passive en NO_2 et en benzène sont rassemblés dans un tableau avec leurs adresses, leurs coordonnées et leurs typologies dans le tableau n°2 en annexe n°4.

La mesure des concentrations du NO_2 et du benzène en parallèle permet de montrer leur importance relative dans le suivi de la pollution automobile.

Une carte (cf illustration n°1 en annexe n°4) présente l'emplacement des différents sites de mesure en fonction des polluants étudiés, et celui de l'armoire fixe à Villers-Lès-Nancy.

II.5.2. L'armoire mobile :

Une armoire mobile assimilée à une station fixe à Villers-Lès-Nancy et installée début 2008, comportant un analyseur d'oxydes d'azote et un analyseur de poussières fines en suspension PM10, est équipée de tubes passifs NO_2 à proximité de l'A33. Les teneurs en NO_2 obtenues par les tubes à diffusion passive seront comparées aux valeurs trouvées par l'analyseur durant la période d'étude.

Les valeurs trouvées sur les transects à 100 et 200 mètres sont comparées à celles trouvées par des stations fixes dites de fond, notamment la station fixe de Brabois à Vandoeuvre Les Nancy (Nancy-Ouest) pour les transects de l'A31 et de l'A33, et la station de Fléville (Nancy-Sud) pour les deux transects de l'A330.

III) Résultats et discussions :

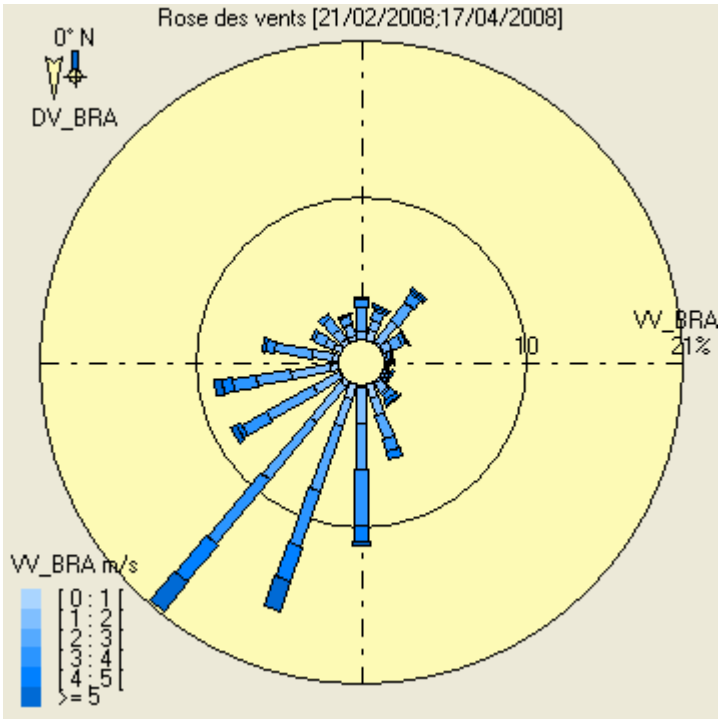
III.1 Conditions climatiques lors de la campagne de mesure :

Les données météorologiques proviennent de la station fixe de mesure d'Airlor de Brabois.

III.1.1 Etude du vent :

La direction et la vitesse du vent sont deux caractéristiques importantes permettant de visualiser la dispersion des polluants. La représentation sous forme de roses des vents des périodes de mesure permet de visualiser l'origine des vents et leurs vitesses.

Les données recueillies par la station fixe nous permettent de réaliser la rose des vents sur l'ensemble de la période (du 21 février au 17 avril 2008), ainsi que pour chaque campagne de 14 jours. Les roses des vents correspondant aux quatre campagnes d'analyse de tubes ont été reportées en annexe n°5 du présent rapport. La rose des vents sur la totalité de la période a été représentée ci-dessous.



Vitesse en m/s	Fréquence en %
[0:1[	6,7
[1:2[	22,5
[2:3[	31,9
[3:4[	22,4
[4:5[	9,7
>=5	6,9

Vitesse du vent (m/s) selon sa répartition

Illustration n°5 : Rose des vents sur l'ensemble de la période du 21 février au 17 avril 2008 d'après les données de la station fixe de Brabois.

Durant la période globale d'étude, les vents dominants sont de quart Sud-Sud-Ouest : 54% du vent s'y concentre et dans une moindre mesure dans le quart Nord-Est (13%).
Les vitesses des vents sont les suivantes : 61% des vents sont inférieurs à 3 m/s et 84% des vents sont inférieurs à 4 m/s. La vitesse moyenne est d'environ 2,5 m/s.
En terme de pollution, on considère qu'il existe une certaine dispersion des polluants à partir d'1 mètre/seconde, ce qui correspond à 93 % de la période.

Tableau n°4 : Vent dominant pour chaque période (cf annexe n° : Roses des vents de chaque période de 14 jours).

Campagnes	Vent dominant
Campagne 1 : 21 février au 6 mars 2008	Sud-Ouest à Sud-Sud-Ouest
Campagne 2 : 6 mars au 20 mars 2008	Sud-Ouest à Sud-Sud-Ouest
Campagne 3 : 20 mars au 3 avril 2008	Quart Sud-Ouest
Campagne 4 : 3 avril au 17 avril 2008	Quart Sud-Ouest et Nord-Est

Lors de la campagne 4, un vent de Nord-Est est présent environ 34% du temps.

III.1.2 Etude des températures :

Les températures moyennes, ainsi que les valeurs maximales, minimales horaires et maximales journalières sont relevées pour chaque période de mesure.

Tableau n°5 : Relevé des températures lors des différentes périodes de mesure

	Moyenne	Max horaire	Min horaire	Max journalier
Campagne 1	8.7°C	17.5°C	-2.7°C	12.1°C
Campagne 2	7.6°C	18.9°C	-2.7°C	13.4°C
Campagne 3	6.6°C	19.2°C	-1°C	13.3°C
Campagne 4	7.1°C	13.6°C	-1°C	10°C
Ensemble	7.6°C	19.2°C	-2.7°C	13.4°C

Durant toute la campagne, la température moyenne a été de 7,6°C. Lors de la campagne 3 (du 20 mars au 3 avril 2008) la température moyenne a été moins élevée que celle de l'ensemble de l'étude (6,6°C). La température moyenne la plus élevée a été relevée lors de la première campagne de mesures (8,7°C).

Les températures moyennes journalières ont oscillé entre 1°C et 13,4°C.

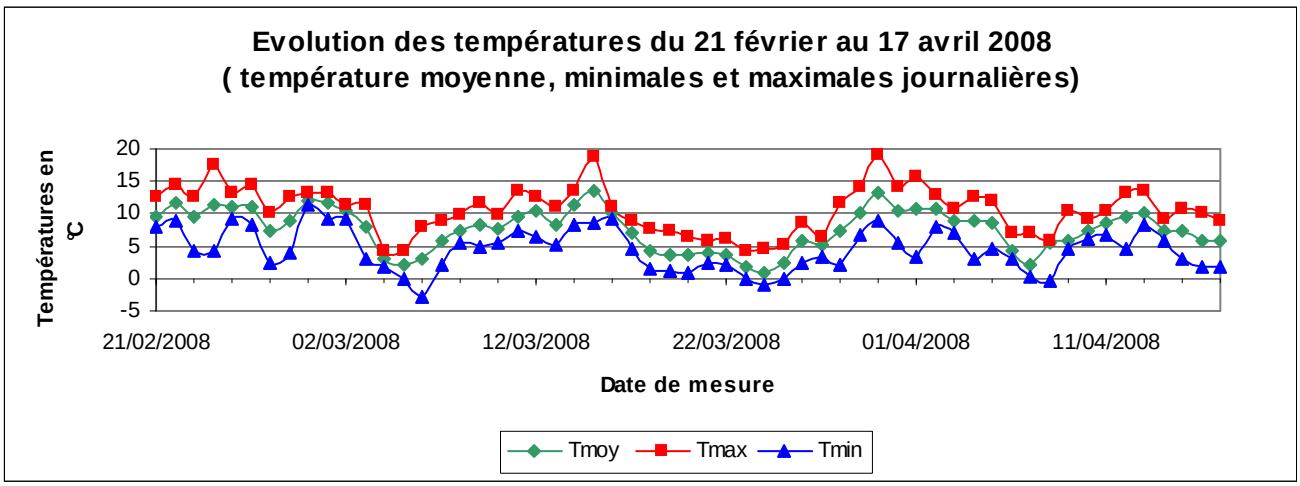


Illustration n°6 : Evolution de la température lors de la campagne

III.2 Campagnes menées au niveau de l'armoire mobile de Villers-Lès Nancy :

Les concentrations moyennes établies à partir de valeurs horaires, les maxima horaires et journaliers déterminés pour les quatre campagnes de mesure au niveau de l'armoire mobile de Villers-Lès-Nancy sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n°6 : Taux en NO, NO_2, PM_{10} mesurés par l'armoire mobile de Villers-Lès-Nancy (µg/m³)

Périodes	Mesure	NO (µg/m³)	NO_2 (µg/m³)	PM_{10} (µg/m³)
Période 1: 21/02/08 au 06/03/08*	Moyenne journalière	**322**	**92**	**38**
	Maximum horaire	1159	284	90
	Maximum journalier	764	188	62
Période 2: 06/03/08 au 20/03/08*	Moyenne journalière	**241**	**101**	**27**
	Maximum horaire	1143	282	81
	Maximum journalier	520	188	47
Période 3: 20/03/08 au 03/04/08*	Moyenne journalière	**128**	**82**	**26**
	Maximum horaire	539	189	83
	Maximum journalier	203	111	39
Période 4: 03/04/08 au 17/04/08*	Moyenne journalière	**108**	**67**	**28**
	Maximum horaire	677	199	73
	Maximum journalier	218	112	46
Ensemble du 21/02/08 au 17/04/08	Moyenne journalière	**197**	**83**	**30**
	Maximum horaire	1159	284	90
	Maximum journalier	764	188	62

* : jusqu'à 12h local

Les valeurs moyennes en **PM_{10}** sont supérieures à l'objectif de qualité de 30 µg/m³ lors de la première campagne, mais en deçà de celui-ci pour les campagnes 2, 3 et 4. La concentration moyenne sur l'ensemble de la période est de 30 µg/m³. Les maxima journaliers sont supérieurs à cette valeur de 30 µg/m3 : ils sont compris entre 39 et 62 µg/m³.

Les concentrations moyennes en **monoxyde d'azote NO** sont comprises entre 108 et 322 µg/m³. Celles en **dioxyde d'azote NO2**, comprises entre 67 et 101 µg/m³ sont toutes supérieures à la valeur correspondant à l'objectif de qualité (40 µg/m³ sur un an) et à la valeur limite fixée à 44 µg/m3 sur un an pour l'année 2008.
Par ailleurs, la réglementation a fixé d'autres valeurs limites correspondant à des percentiles 98 et 99,8 ne devant pas dépasser 200 µg/m3 pour le premier et 220 µg/m3 pour le second. Sur l'ensemble de la campagne, le percentile 98 atteint 184 µg/m3 (en decà du seuil) et le percentile 99,8 est de 281 µg/m3 (supérieur au seuil fixé).
On remarque que les concentrations moyennes en NO et en NO_2 mesurées par l'armoire de mesures ne suivent pas la même évolution au cours des campagnes (du 21 février au 17 avril 2008). Cette différence peut être expliquée soit par la cinétique de formation du NO et du NO_2 qui sont distinctes, soit par une diversité de sources émettrices…
Le maximum horaire en NO sur l'ensemble de la campagne s'est produit le 23 février 2008 à 21 heures locales (1159 µg/m3) et celui en dioxyde d'azote le 6 mars 2008 à 9 heures locales (284 µg/m3).

III.3 Comparaison des résultats issus des tubes passifs et de l'analyseur :

L'armoire mobile de Villers-Lès-Nancy a été équipée d'un dispositif de tubes à diffusion passive pour le NO_2 du 28 février au 17 avril 2008, permettant ainsi de comparer les valeurs issues des deux méthodes. Cette démarche permet de déterminer la cohérence métrologique des informations obtenues. Nous avons regroupé dans le tableau suivant les concentrations moyennes en NO_2 de chaque période obtenues par la station fixe et les tubes.

Tableau n°7 : Taux moyens globaux en NO_2 pour chaque période pour les tubes passifs et l'armoire :

µg/m3	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Tube passif VIL-a	81	98	213	104	112	84	82
Tube passif VIL-b	76	101	91	nd	123	81	78
Moyenne tubes passifs	79	100	91	104	118	83	80
Moyenne armoire	90	110	89		82	67	65
ER(%) tubes/armoire	-12.2	-9.1	2.2		43.9	23.9	23.1
ER tubes passifs	3.8	2.0			4.2	2.3	3.1
		mesure invalidée					

C1 : du 28 février au 6 mars ; C2 : du 6 mars au 13 mars ; C3 : du 13 mars au 20 mars ; C4 : du 20 mars au 27 mars ; C5 : 27 mars au 3 avril ; C6 : 3 avril au 10 avril et C7 : du 10 avril au 17 avril nd : non disponible

Une valeur très élevée de 213 µg/m3 est enregistrée sur l'un des tubes passifs lors de la campagne C3. Cette valeur, très différente de la moyenne obtenue avec l'analyseur automatique est écartée du fait de cette différence importante, l'analyseur étant considéré comme une référence métrologique.

Les niveaux fluctuent de 79 à 118 µg/m³ pour les tubes passifs et de 65 à 110 µg/m³ pour l'armoire fixe.

Lors des deux premières périodes de mesures, les teneurs en NO_2 recueillies par les tubes à diffusion passive sont inférieures à celles de l'analyseur (écart relatifs ER respectivement de -12% et -9%). Pour les autres périodes de campagnes, les niveaux provenant des tubes passifs sont supérieurs à ceux de l'analyseur (ER allant de 2% à 44%).

Les illustrations en annexe n°6 représentent les concentrations moyennes en NO_2 pour les tubes passifs et l'armoire fixe de Villers-Lès-Nancy pour chaque période. L'évolution des valeurs n'est pas vraiment discernable (valeur manquante), ce qui constitue un élément d'observation à suivre attentivement sur les autres périodes de campagne.

Le tableau suivant permet de visualiser le même tableau que précédemment, mais à un pas de temps correspondant à 2 semaines de mesures, ce qui permettra d'appliquer par période une correction aux valeurs obtenues par les tubes passifs et de les comparer valablement aux niveaux de fond (cf paragraphe III.4.3).

Tableau n°7bis : Taux moyens globaux en NO_2 pour chaque période de 2 semaines pour les tubes passifs et l'armoire

µg/m3	P1	P2	P3	P4
Tube passif VIL-a	81	98	108	83
Tube passif VIL-b	76	96	123	79
Moyenne tubes passifs	79	97	116	81
Moyenne armoire	90	100	82	66
moyenne	85	98	99	74
ER(%) tubes/armoire	-12.2	-2.5	40.9	22.9
ER tubes passifs	3.8	1.0	6.5	2.2
P1 : du 21 février au 6 mars 2008, P2 : du 6 mars au 20 mars 2008,				
P3 : du 20 mars au 3 avril 2008, P4 : du 3 avril au 17 avril 2008.				

III.4 Campagnes menées avec les tubes à diffusion passive NO_2 :

III.4.1 Etude des doublons :

Lors de la campagne de mesures, 7 sites ont été équipés de doublons (voir le tableau en annexe n°7). Cette démarche a pour but d'évaluer la reproductibilité globale des mesures (préparations, prélèvements, analyses).
Pour chaque site dupliqué et pour chaque campagne de mesure, l'écart relatif ER a été calculé comme suit (source : Ecole des Mines de Douai EMD) :

Ecart Relatif noté **ER** (en %) = | (m-A)/m | X100
Avec : m = moyenne =(a+b)/2 et A=concentration mesurée
L'évaluation de l'écart relatif (ER) entre les doublons permet de donner des informations sur la dispersion des résultats.

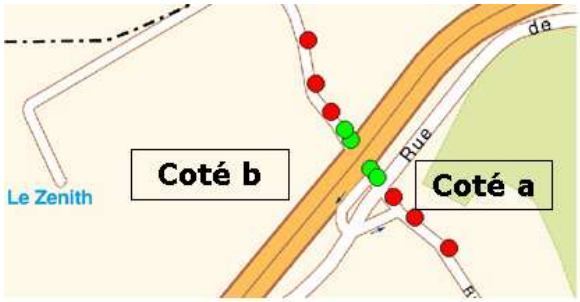
Une dispersion réduite indique une bonne fiabilité dans la répétabilité des mesures.
La précision des mesures est définie par la *moyenne* des écarts-relatifs calculés pour chaque mesure dupliquée (source : EMD).

Les résultats, regroupés en annexe n°7, indiquent que sur l'ensemble de la campagne de mesure, la moyenne des écarts relatifs (ER) est de 2,78%. Elle est comprise entre 1,11% (du 21 février au 28 février 2008) et 7,78% (du 13 mars au 20 mars 2008) pour chacune des 8 périodes de mesure.
Ces résultats sont convenables (c'est-à-dire que la précision est satisfaisante) avec des ER inférieurs à 10%, sauf une seule valeur atteignant 40% pour les tubes passifs se trouvant au niveau de la station fixe de Villers-lès-Nancy pour la quatrième période (du 13 mars au 20 mars 2008).
Divers résultats issus notamment d'études de ERLAP (European Reference Laboratory of Air Pollution) indiquent d'une manière générale des ER moyens généralement inférieurs à 10%.
Rappelons que le calcul de l'ER permet de donner des informations sur la dispersion des résultats : une dispersion réduite indique une fiabilité satisfaisante dans la répétabilité des mesures, ce qui semble être le cas ici.

Il a été décidé au sein d'AIRLOR qu'une mesure est invalidée lorsque l'ER est au minimum de 20%. La mesure qui présente un écart relatif à la moyenne plus grand est éliminée (source : rapport ASPA02031901-I-D). Une seule valeur est invalidée, celle correspondant à la période du 13 au 20 mars 2008 pour les tubes passifs se situant à proximité de l'armoire à Villers-Lès-Nancy.

III.4.2 Résultats et commentaires : A31

Pour pouvoir observer le phénomène de transect, il a été nécessaire de calculer pour chaque transect les valeurs en NO2 moyennées sur 14 jours à partir des concentrations obtenues chaque semaine au niveau des sites placés à 5, 25 et 50 mètres. On obtient ainsi une correspondance avec les sites placés à 100 et 200 mètres où les mesures ont eu lieu sur 14 jours. Les taux de NO_2 mesurés par les tubes passifs pour les transects 1 et 2 concernant l'autoroute A31 sont réunis dans le tableau et les graphiques ci-après.



Maxeville- Le Zenith
T1-a-100m

Maxeville- Le Zenith
T1-b-50m

Maxeville- Le Champ –le –Bœuf
Au fond T2-a-25m, devant T2-a-5m

Maxeville- Le Champ –le –Bœuf
T2-b-50m

Illustration n°7 : Transects 1 et 2 au niveau de l'A31 et quelques photos de sites

Tableau n°8 : Concentration en NO_2 par tubes passifs pour chaque période de 14 jours du 21 février au 17 avril 2008 pour les transects 1 et 2 (en µg/m³).

Site de mesure	Référence tube AIRLOR	Commune	P1	P2	P3	P4	Moyenne*
1	T1-a-5	Maxéville- Le Zénith A31	56	58	61	59	58
2	T1-a-25	Maxéville- Le Zénith A31	53	53	52	52	52
3	T1-a-50	Maxéville- Le Zénith A31	48	52	51	49	50
4	T1-a-100	Maxéville- Le Zénith A31	37	37	38	35	37
5	T1-a-200	Maxéville- Le Zénith A31	32	31	30	28	30
6	T1-b-5	Maxéville- Le Zénith A31	62	70	71	77	70
7	T1-b-25	Maxéville- Le Zénith A31	46	50	54	57	52
8	T1-b-50	Maxéville- Le Zénith A31	40	39	44	43	41
9	T1-b-100	Maxéville- Le Zénith A31	33	28	31	29	30
10	T1-b-200	Maxéville- Le Zénith A31	28	24	18	24	23
Moyenne transect 1			44	44	45	45	45
11	T2-a-5	Maxéville- St Jacques II A31	68	71	73	76	72
12	T2-a-25	Maxéville- St Jacques II A31	63	67	62	61	63
13	T2-a-50	Maxéville- St Jacques II A31	42	45	38	41	41
14	T2-a-100	Maxéville- St Jacques II A31	34	38	30	36	35
15	T2-a-200	Maxéville- St Jacques II A31	35	34	32	32	33
16	T2-b-5	Maxéville- St Jacques II A31	56	60	70	71	64
17	T2-b-25	Maxéville- St Jacques II A31	46	49	55	64	53
18	T2-b-50	Maxéville- St Jacques II A31	35	42	32	28	35
19	T2-b-100	Maxéville- St Jacques II A31	31	24	27	28	27
20	T2-b-200	Maxéville- St Jacques II A31	24	23	24	21	23
Moyenne transect 2			43	45	44	46	45
21	T1-ad-5	Maxéville- Le Zénith A31	nd	60	60	59	60
22	T2-ad-50	Maxéville- St Jacques II A31	nd	43	36	42	40

*Les concentrations moyennes sur l'ensemble des périodes de mesures sont calculées si l'on dispose de 75% des données. nd : résultat non disponible.

Avec : P1 : du 21 février au 6 mars 2008, P2 : du 6 mars au 20 mars 2008, P3 : du 20 mars au 3 avril 2008, P4 : du 3 avril au 17 avril 2008.

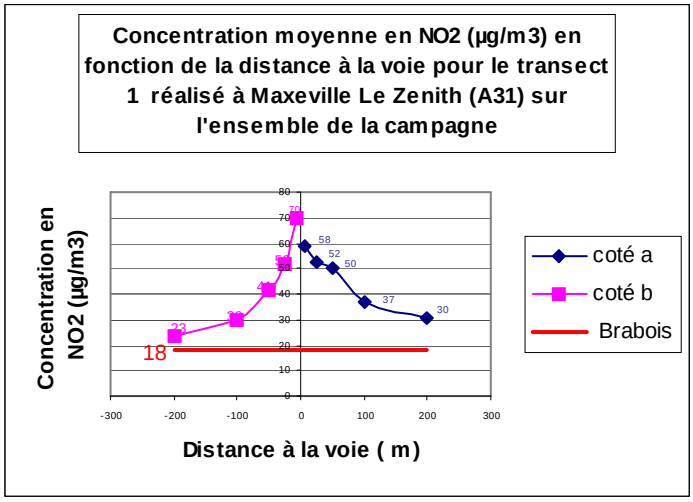


Illustration n°8 : Graphe visualisant le transect 1 à Maxéville Le Zénith pour l'ensemble de la campagne pour l'autoroute A31 (côté a = Sud-Est / A31 – côté b = Nord-Ouest / A31))

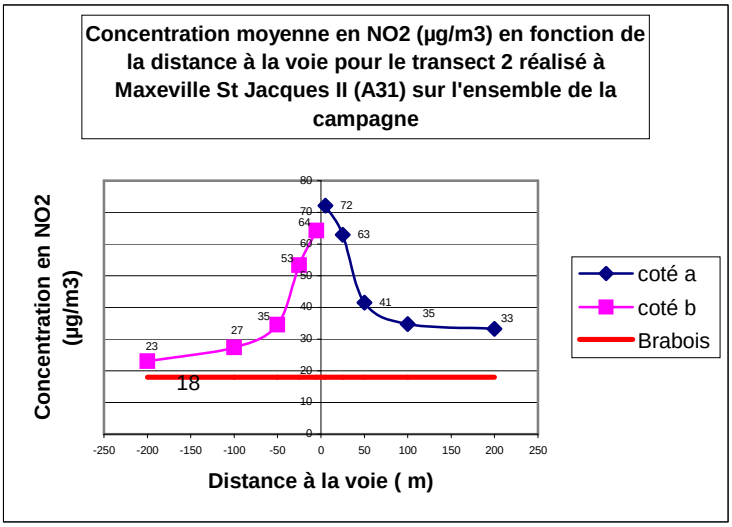


Illustration n°9 : Graphe visualisant le transect 2 à Maxéville St Jacques II pour l'ensemble de la campagne pour l'autoroute A31 (côté a = Sud-Est / A31 – côté b = Nord-Ouest / A31)

Tableau n°9 : Comparaison des niveaux en NO2 mesurés aux distances les plus éloignées de l'axe (100 et 200 mètres) aux niveaux moyens de fond en NO2 relevés sur le site fixe le plus proche : Nancy-Ouest (Brabois)

Transect 1 (A31)	P1	P2	P3	P4
T1-a-100 m	37	37	38	35
T1-a-200 m	32	31	30	28
T1-b-100 m	33	28	31	29
T1-b-200 m	28	24	18	24
Moyenne à 100m (ens des sites)	35	33	35	32
Moyenne à 200m (ens des sites)	30	28	24	26
Moyenne à 200m corrigée*	**34**	**29**	**14**	**20**
Moyenne Nancy-Ouest	**21**	**20**	**16**	**18**
Ratio en % (moyenne corrigée à 200m / sites de fond)	**60**	**44**	**-11**	**11**
Transect 2 (A31)	P1	P2	P3	P4
T2-a-100	34	38	30	36
T2-a-200	35	34	32	32
T2-b-100	31	24	27	28
T2-b-200	24	23	24	21
Moyenne à 100m (ens des sites)	33	31	29	32
Moyenne à 200m (ens des sites)	30	29	28	27
Moyenne à 200m corrigée*	**34**	**30**	**17**	**21**
Moyenne Nancy-Ouest	**21**	**20**	**16**	**18**
Ratio en % (moyenne corrigée à 200m / sites de fond)	**60**	**49**	**3**	**16**

* le paragraphe III.3 a mis en évidence que pour chaque période, par rapport aux résultats de l'armoire, les valeurs des tubes sont sous-estimées respectivement de 12,2% sur la période P1 et 2,5% sur P2, puis surestimées de 40,9% pour la période P3 et 22,9% pour la période P4. On applique ici ces ratios afin d'obtenir des valeurs corrigées.

Plus l'on s'éloigne de l'autoroute, plus les valeurs moyennes des concentrations pour les transects 1 et 2 diminuent ; ainsi on constate le phénomène de transect avec le NO_2 (dispersion du polluant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la voie routière). Les graphes permettent de voir ce phénomène de transect de chaque coté de la voie.

A titre indicatif on remarque que pour chaque période, les concentrations moyennes tous sites confondus (c'est-à-dire l'ensemble des sites relatifs aux transects 1 et 2) dépassent la valeur correspondant à l'objectif de qualité du NO_2 (40 µg/m³ sur un an) : les taux moyens sont compris entre 43 et 46 µg/m³ en fonction de la période.

Pour le transect 1, secteur Maxéville le Zénith:

On observe des concentrations globales de même ordre de grandeur du coté a (quart Sud-Est par rapport à l'axe de l'A31) et du coté b (quart Nord-Ouest par rapport à l'axe de l'A31).

Par ailleurs, on remarque qu'à partir de 50 mètres de la voie, les teneurs du coté a sont supérieures à celle de l'autre côté de l'A31 (coté b) ; cela pourrait s'expliquer par la construction de la prison à Maxéville où de nombreux camions transitent sur la voie de circulation où sont disposés les tubes passifs.

Les niveaux en NO_2 baissent assez rapidement lorsque l'on s'éloigne de l'A31.

Pour le transect 2, secteur Maxéville St Jacques :

Les teneurs moyennes globales sont globalement du même ordre de grandeur de chaque côté de l'A31. Le coté a (Sud-Est par rapport à l'axe de l'A31) présente cependant des teneurs moyennes supérieures à celle du coté b (Nord-Ouest par rapport à l'axe), ce constat pouvant s'expliquer par la présence des véhicules circulant dans le quartier du Champ-Le-Bœuf (se rajoutant au NO_2 provenant de l'A31).

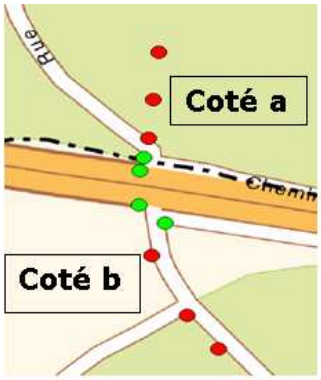
Bande d'influence de l'A31 :

Afin d'observer si à 200 mètres de l'autoroute on retrouve les niveaux de fond provenant de la station fixe d'AIRLOR, on a comparé les valeurs corrigées à 200 mètres (ratio appliqué suite aux comparaisons effectuées au paragraphe III.3) avec la valeur moyenne en NO_2 provenant de la station fixe de fond périurbain de Nancy-Ouest (Brabois à Vandoeuvre-Les-Nancy) : on constate que durant la moitié de la campagne de mesures (deux dernières périodes concernées), le niveau de fond est atteint à 200m (de l'ordre de 18-20 µg/m3). Cependant, cette observation n'est pas systématique, les teneurs à 200 mètres étant supérieures de 44% à 60% par rapport aux concentrations du site fixe de fond lors des deux premières périodes.

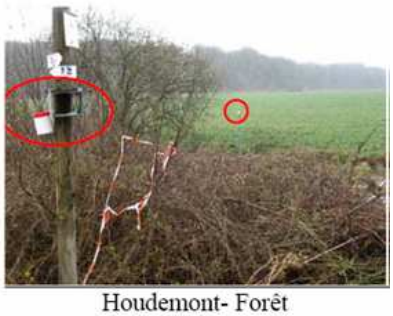
La comparaison des valeurs relevées à 200 mètres avec les concentrations sur la station de fond périurbain la plus proche permet de présupposer une largeur de 200 mètres pour la bande d'influence de l'A31, avérée par les périodes P3 et P4.

III.4.3 Résultats et commentaires : A33

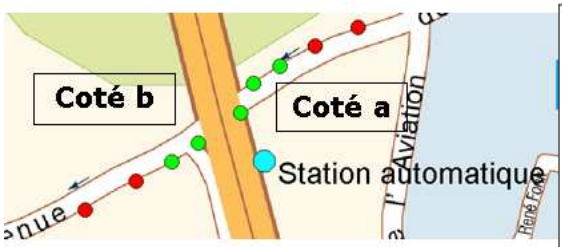
Les concentrations de NO_2 mesurées par les tubes à diffusion passive pour les transects 5 et 6 concernant l'autoroute A33 sont réunies dans le tableau et les graphiques ci-après.



Vandoeuvre-Les-Nancy- Rue de Ludres
Au fond T5-a-50m, au milieu T5-a-25m et à l'avant T5-a-5m



Houdemont- Forêt
Au fond T5-b-50m, devant T5-b-25m



Villers-Les-Nancy- côté terrain de tennis
Au fond T6-a-5m, devant T6-a-25m

Villers-Les-Nancy- côté terrain de tennis
Au fond T6-a-25m, devant T6-a-50m

Illustration n°10 : Transects 5 et 6 au niveau de l'A33 et quelques photos de sites

Tableau n°10 : Concentration en NO_2 par tubes passifs pour chaque période de 14 jours du 21 février au 17 avril 2008 pour les transects 5 et 6 (en µg/m³).

Site de mesure	Référence tube AIRLOR	Commune	P1	P2	P3	P4	Moyenne*
1	T5-a-5	Vandoeuvre Lès Nancy- Rue de Ludres A33	65	67	87	60	70
2	T5-a-25	Vandoeuvre Lès Nancy- Rue de Ludres A33	51	52	68	44	54
3	T5-a-50	Vandoeuvre Lès Nancy- Rue de Ludres A33	46	46	56	37	46
4	T5-a-100	Vandoeuvre Lès Nancy- Rue de Ludres A33	nd	32	41	25	33
5	T5-a-200	Vandoeuvre Lès Nancy- Rue de Ludres A33	30	25	32	20	27
6	T5-b-5	Houdemont- Forêt A33	54	37	18	48	39
7	T5-b-25	Houdemont- Forêt A33	38	53	15	37	36
8	T5-b-50	Houdemont- Forêt A33	41	43	17	29	33
9	T5-b-100	Houdemont- Forêt A33	nd	nd	9	22	
10	T5-b-200	Houdemont- Forêt A33	10	21	10	nd	14
Moyenne transect 5			42	42	35	36	39
11	T6-a-5	Villers-Lès-Nancy- côté terrain de tennis A33	49	58	81	66	64
12	T6-a-25	Villers-Lès-Nancy- côté terrain de tennis A33	40	47	50	42	45
13	T6-a-50	Villers-Lès-Nancy- côté terrain de tennis A33	38	48	53	46	46
14	T6-a-100	Villers-Lès-Nancy- côté terrain de tennis A33	43	46	47	37	43
15	T6-a-200	Villers-Lès-Nancy- côté terrain de tennis A33	51	37	37	32	39
16	T6-b-25	Villers-Lès-Nancy- côté stade A33	55	30	19	35	35
17	T6-b-50	Villers-Lès-Nancy- côté stade A33	53	24	17	34	32
18	T6-b-100	Villers-Lès-Nancy- côté stade A33	20	19	nd	29	23
19	T6-b-200	Villers-Lès-Nancy- côté stade A33	18	17	12	24	18
Moyenne transect 6			41	36	40	38	38
20	T5-ad-50	Vandoeuvre Lès Nancy- Rue de Ludres A33	45	47	64	38	49
21	T6-ad-100	Villers-Lès-Nancy- côté terrain de tennis A33	48	40	nd	35	41

*Les concentrations moyennes sur l'ensemble des périodes de mesures sont calculées si l'on dispose de 75% des données. nd : résultat non disponible.

Avec : P1 : du 21 février au 6 mars 2008, P2 : du 6 mars au 20 mars 2008, P3 : du 20 mars au 3 avril 2008, P4 : du 3 avril au 17 avril 2008.

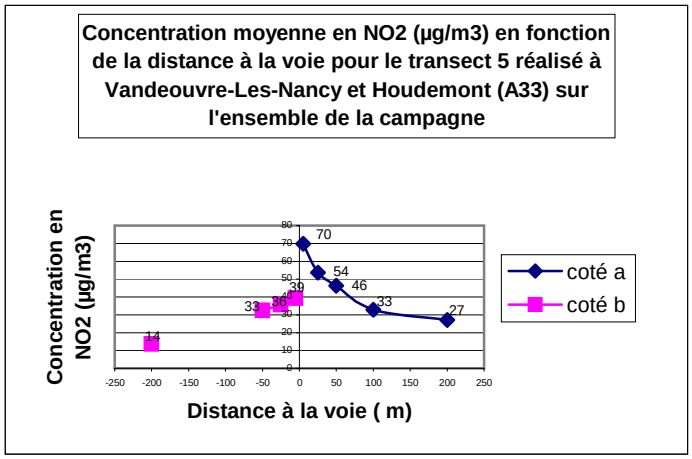


Illustration n°11 : Graphe visualisant le transect 5 à Vandoeuvre Lès Nancy (coté a) et Houdemont (coté b) pour l'ensemble de la campagne pour l'autoroute A33

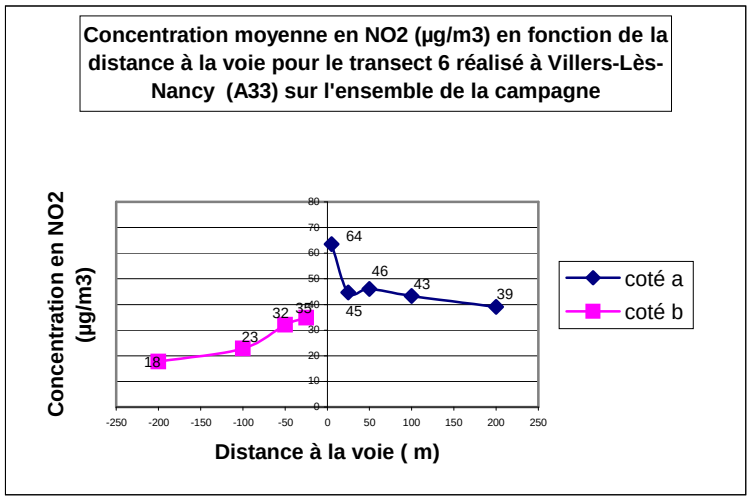


Illustration n° 12 : Graphe visualisant le transect 6 à Villers-Lès-Nancy (côté a = Nord-Est / A33 et côté b = au quart Sud-Ouest de l'axe) pour l'ensemble de la campagne pour l'autoroute A33

Tableau n°11 : Comparaison des niveaux en NO2 mesurés aux distances les plus éloignées de l'axe (100 et 200 mètres) aux niveaux moyens de fond en NO2 relevés sur le site fixe de fond de Nancy-Ouest (Brabois) , site le plus proche géographiquement

Transect 5 (A33)	P1	P2	P3	P4
T5-a-100	nd	32	41	25
T5-a-200	30	25	32	20
T5-b-100 m	nd	nd	9	22
T5-b-200 m	10	21	10	nd
Moyenne à 100m (ens des sites)	*nd*	*32*	*25*	*24*
Moyenne à 200m (ens des sites)	*20*	*23*	*21*	*20*
Moyenne à 200m corrigée*	***22***	***24***	***12***	***15***
Moyenne Nancy-Ouest	**21**	**20**	**16**	**18**
Ratio en % (moyenne corrigée à 200m / sites de fond)	***7***	***18***	***-22***	***-14***
Transect 6 (A33)	P1	P2	P3	P4
T6-a-100	43	46	47	37
T6-a-200	51	37	37	32
T6-b-100	20	19	nd	29
T6-b-200	18	17	12	24
Moyenne à 100m (ens des sites)	*32*	*33*	*47*	*33*
Moyenne à 200m (ens des sites)	*35*	*27*	*25*	*28*
Moyenne à 200m corrigée*	***39***	***28***	***15***	***22***
Moyenne Nancy Ouest	**21**	**20**	**16**	**18**
Ratio en % (moyenne corrigée à 200m / sites de fond)	***87***	***38***	***-8***	***20***

* le paragraphe III.3 a mis en évidence que pour chaque période, par rapport aux résultats de l'armoire, les valeurs des tubes sont sous-estimées respectivement de 12,2% pour la période P1 et 2,5% sur P2, puis surestimées de 40,9% pour la période P3 et 22,9% pour P4. On applique ici ces ratios pour obtenir des valeurs corrigées.

Pour les transects de l'A33, le phénomène de transect est moins visible car les deux cotés ne réagissent pas de la même manière. Les cotés b (côté Sud et quart Sud-Ouest de l'axe) ont des valeurs en NO2 inférieures aux cotés a (Nord et Nord-Est), et ce, quelles que soient les distances prises en compte. Les vents, provenant en grande partie du Sud-Ouest, ont pu jouer un rôle dans ce constat (déplacement des masses d'air plus ou moins chargées en NO2).

En prenant en compte les moyennes globales, période par période, pour l'ensemble des sites constituant chaque transect, les taux de NO2 sont proches ou dépassent la valeur correspondant à l'objectif de qualité et la valeur limite applicable à partir de 2010 (40 µg/m^3 sur un an). La valeur limite pour la protection de la santé humaine relative à 2008 n'est pas atteinte (44 µg/m3 en moyenne annuelle).

Lors de la période d'études et quel que soit le transect , les valeurs moyennes globales des points placés à 5, 25 et 50 mètres au niveau des côtés a (Nord et Nord-Est de l'A33) dépassent systématiquement l'objectif de qualité et la valeur limite applicable à partir de 2010 (40 µg/m3 sur un an).

Pour le transect 5, secteur Vandoeuvre-Houdement :

Les valeurs du coté a (au Nord de l'A33) sont supérieures à celle du coté b (au Sud), l'orientation des vents pouvant jouer un rôle dans ce constat (vents provenant en grande partie du Sud-Sud-Ouest et soufflant vers le Nord-Nord-Est, ramenant ainsi des masses d'air chargées en gaz polluants).
A noter que le point situé à 100 mètres, coté b, n'est pas disponible car on ne dispose pas de 75% des valeurs.

Pour le transect 6, secteur Villers les Nancy :

Les concentrations moyennes du coté a (Nord-Est par rapport à l'axe de l'A33) et du coté b (Sud-Ouest de l'axe) ne sont pas du même ordre de grandeur, les valeurs du coté a (Nord-Est) étant supérieures à celles de l'autre côté. Ceci est probablement du à la typologie du secteur puisque le coté b est en contrebas de la voie autoroutière A33.
Remarque : Du côté a (Nord-Est de l'axe de l'A33), les taux en NO2 issus du point localisé à 50 mètres remontent très légèrement par rapport à ceux issus du point placé à 25 mètres.

Bande d'influence de l'A33 :

En vue d'observer si à 200 mètres de l'autoroute on retrouve les niveaux de fond provenant de la station fixe de fond d'AIRLOR (Nancy-Ouest), on a comparé les valeurs corrigées à 200 mètres (ratio appliqué suite aux comparaisons effectuées au paragraphe III.3) avec la valeur moyenne en NO_2 provenant de ce site fixe : on constate qu'au niveau du transect 5 les niveaux de fond sont globalement atteints à 200 mètres, tandis que sur l'autre tansect le constat est différent avec seulement une période (la troisième) où le niveau de fond est atteint ; lors des autres périodes, les niveaux sont nettement supérieurs aux teneurs de fond en NO2 (ER compris entre 20% et 87%). La configuration spécifique au transect 6 explique ces constats.

III.4.4 Résultats et commentaires : A330

Les concentrations de NO_2 mesurées en µg/m^3 par les tubes à diffusion passive pour les transects 3 et 4 (A330) sont réunies dans le tableau et les graphiques ci-après.

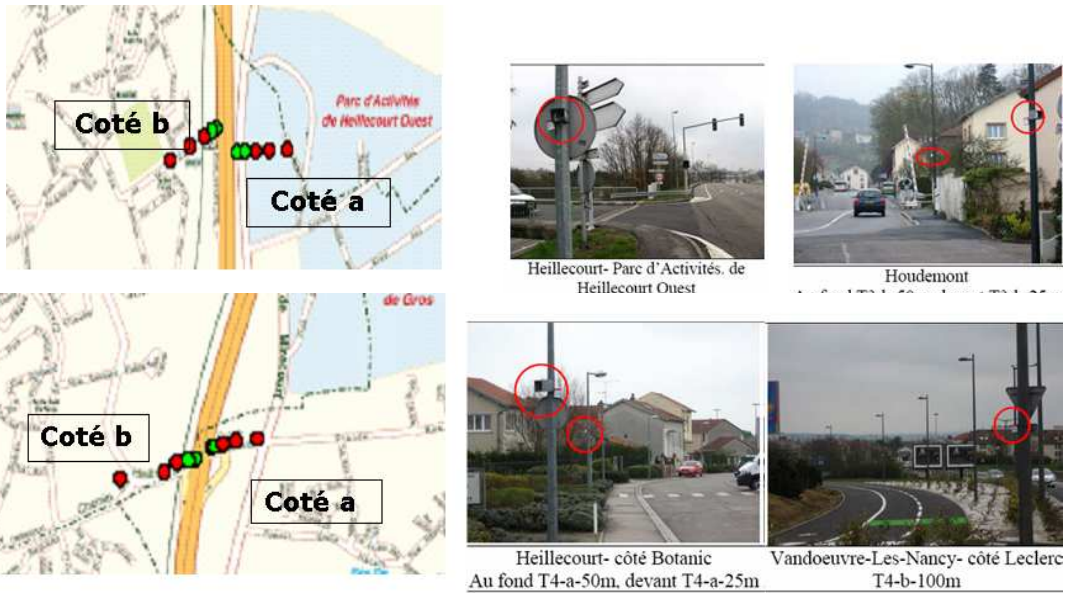


Illustration n°13 : Transects 3 et 4 au niveau de l'A330 et quelques photos de sites

Tableau n°12 : Concentration en NO_2 par tubes passifs pour chaque période de 14 jours du 21 février au 17 avril 2008 pour les transects 3 et 4 (en µg/m³).

Site de mesure	Référence tube AIRLOR	Commune	P1	P2	P3	P4	Moyenne*
1	T3-a-5	Heillecourt- Parc d'Activités. de Heillecourt Ouest A330	85	58	55	53	63
2	T3-a-25	Heillecourt- Parc d'Activités. de Heillecourt Ouest A330	67	58	64	52	61
3	T3-a-50	Heillecourt- Parc d'Activités. de Heillecourt Ouest A330	36	45	45	41	42
4	T3-a-100	Heillecourt- Parc d'Activités. de Heillecourt Ouest A330	38	39	38	33	37
5	T3-a-200	Heillecourt- Parc d'Activités. de Heillecourt Ouest A330	31	33	30	29	31
6	T3-b-5	Houdemont-A330	54	34	31	38	39
7	T3-b-25	Houdemont-A330	66	31	29	32	40
8	T3-b-50	Houdemont-A330	42	31	28	30	33
9	T3-b-100	Houdemont-A330	31	30	27	30	30
10	T3-b-200	Houdemont-A330	32	30	30	30	31
Moyenne transect 3			48	39	38	37	40
11	T4-a-5	Heillecourt- côté Botanic A330	60	63	57	63	60
12	T4-a-25	Heillecourt- côté Botanic A330	91	54	37	45	57
13	T4-a-50	Heillecourt- côté Botanic A330	34	44	62	45	46
14	T4-a-100	Heillecourt- côté Botanic A330	45	42	40	41	42
15	T4-a-200	Heillecourt- côté Botanic A330	43	44	53	49	47
16	T4-b-5	Vandoeuvre Lès Nancy- côté Leclerc A330	25	44	98	46	53
17	T4-b-25	Vandoeuvre Lès Nancy- côté Leclerc A330	22	30	42	33	32
18	T4-b-50	Vandoeuvre Lès Nancy- côté Leclerc A330	20	32	40	34	31
19	T4-b-100	Vandoeuvre Lès Nancy- côté Leclerc A330	41	36	37	41	39
20	T4-b-200	Vandoeuvre Lès Nancy- côté Leclerc A330	34	32	27	31	31
Moyenne transect 4			41	42	49	43	44
21	T3-ad-100	Heillecourt- Parc d'Activités. de Heillecourt Ouest A330	39	38	nd	33	37
22	T4-ad-5	Heillecourt- côté Botanic A330	64	62	62	62	63

*Les concentrations moyennes sur l'ensemble des périodes de mesures sont calculées si l'on dispose de 75% des données. nd : résultat non disponible.

Avec : P1 : du 21 février au 6 mars 2008, P2 : du 6 mars au 20 mars 2008, P3 : du 20 mars au 3 avril 2008, P4 : du 3 avril au 17 avril 2008.

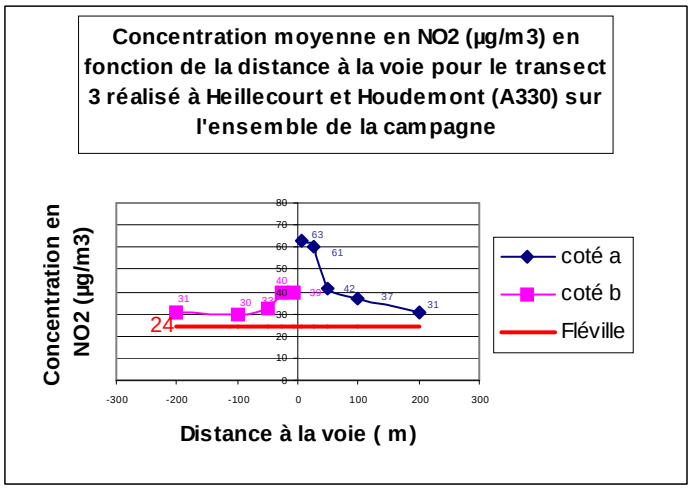


Illustration n°14 : Graphe visualisant le transect 3 à Heillecourt (coté a= Est de l'axe) et Houdemont (coté b=Ouest de la voie) pour l'ensemble de la campagne pour l'autoroute A330

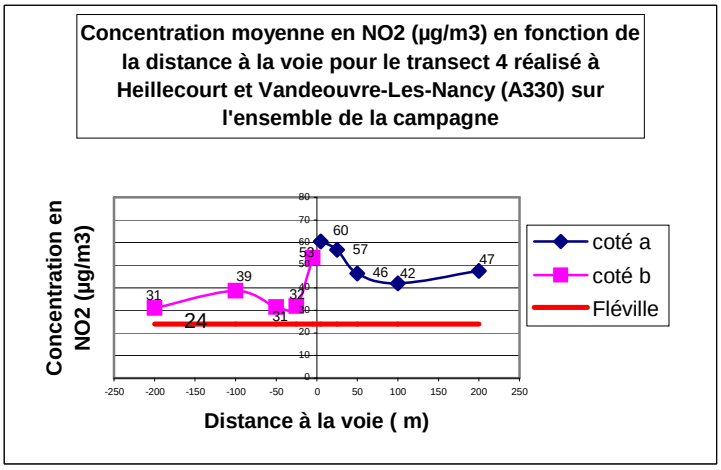


Illustration n°15 : Graphe visualisant le transect 4 à Heillecourt (coté a=côté Est) et Vandoeuvre Lès Nancy (coté b=côté Ouest) pour l'ensemble de la campagne pour l'autoroute A330

Tableau n°13 : Comparaison des niveaux en NO2 mesurés aux distances les plus éloignées de l'axe (100 et 200 mètres) aux niveaux moyens de fond en NO2 relevés sur les sites fixes de Nancy-Ouest (Brabois) et Nancy-Sud(Fléville), placés à des distances semblables par rapport aux transects

Transect 3 (A330)	P1	P2	P3	P4
T3-a-100	38	39	38	33
T3-a-200	31	33	30	29
T3-b-100	31	30	27	30
T3-b-200	32	30	30	30
Moyenne à 100m (ens des sites)	*35*	*35*	*33*	*32*
Moyenne à 200m (ens des sites)	*32*	*32*	*30*	*30*
Moyenne à 200m corrigée*	***36***	***33***	***18***	***23***
Moyenne Nancy-Ouest	**21**	**20**	**16**	**18**
Moyenne Nancy-Sud	**28**	**25**	**23**	**24**
Moyenne sites de fond	***25***	***23***	***20***	***21***
Ratio en % (moyenne corrigée à 200m / sites de fond)	***44***	***43***	***-11***	***10***

Transect 4 (A330)	P1	P2	P3	P4
T4-a-100	45	42	40	41
T4-a-200	43	44	53	49
T4-b-100	41	36	37	41
T4-b-200	34	32	27	31
Moyenne à 100m (ens des sites)	*43*	*39*	*39*	*41*
Moyenne à 200m (ens des sites)	*39*	*38*	*40*	*40*
Moyenne à 200m corrigée*	***44***	***39***	***24***	***31***
Moyenne Nancy-Ouest	**21**	**20**	**16**	**18**
Moyenne Nancy-Sud	**28**	**25**	**23**	**24**
Moyenne sites de fond	***25***	***23***	***20***	***21***
Ratio en % (moyenne corrigée à 200m / sites de fond)	***75***	***69***	***18***	***47***

* le paragraphe III.3 a mis en évidence que pour chaque période, par rapport aux résultats de l'armoire, les valeurs des tubes sont sous-estimées respectivement de 12,2% pour la période P1 et 2,5% sur P2, puis surestimées de 40,9% pour la troisième périodeP3 et 22,9% pour P4. On applique ici ces ratios afin d'obtenir des valeurs corrigées.

Ces deux transects sur l'autoroute A330 ne ressemblent pas à des transects classiques car ils présentent une allure différente.
Les valeurs provenant des points placés à l'Est de l'A330 sont supérieures à celles issues du côté Ouest.

Durant la période de campagnes, quel que soit le transect les taux moyens de NO2 provenant des sites placés à 5, 25 et 50 mètres des côtés a (à l'Est) dépassent l'objectif de qualité et la valeur limite applicable à partir de 2010 (40 µg/m3 sur un an).

Pour le transect 3, secteur Heillecourt-Houdement :

Les niveaux moyens ne sont pas du même ordre de grandeur des deux cotés, les taux provenant des points placés à l'Est de la voie (côté a) étant supérieurs. La présence de la RD570 à l'Est de l'A330 (présence du parc d'activités de Heillecourt Ouest), combinée à la présence de vents ayant soufflé vers le quart Nord-Est lors de la campagne peuvent expliquer cette observation.

A noter que les concentrations des points placés à 25 mètres de part et d'autre de la voie atteignent voire dépassent le seuil réglementaire annuel de 40 µg/m3.

A partir de 200 mètres de la voie on observe des niveaux similaires (environ 30 µg/m3) de part et d'autre de l'A330.

La dispersion du NO2 du coté Est a tendance à être observée, alors que pour le coté Ouest celle-ci est moins visible.

Pour le transect n°4, secteur Heillecourt-Vandoeuvre :

On n'observe pas de diminution progressive des concentrations en NO_2 en fonction de l'éloignement de la voie.
De part et d'autre de l'A330, les niveaux remontent lorsque l'on s'en éloigne : du côté Est, la présence d'une sortie d'autoroute, combinée à la présence de routes secondaires locales permettent d'expliquer ce constat. Du côté Ouest, des travaux en vue de la construction d'un giratoire, ainsi que la présence d'une station service non loin du point localisé à 200 m ont vraisemblablement perturbé les divers résultats.

Bande d'influence de l'A330 :

Pour tenter de déterminer si les niveaux des sites placés à 200m sont du même ordre de grandeur que ceux provenant des sites fixes de fond d'AIRLOR (Nancy-Ouest et Nancy-Sud), on a comparé les concentrations corrigées à 200 mètres aux teneurs issues des stations fixes : au niveau du transect 3, les niveaux de fond sont atteints la moitié du temps (les deux dernières périodes), tandis qu'au niveau du transect 4, les teneurs à 200m demeurent nettement supérieures aux concentrations de fond provenant des sites d'AIRLOR. L'environnement de ce transect (sortie d'autoroute à proximité des points, présence de zones d'activités et de route secondaire) explique ce constat. Des investigations complémentaires ont permis de montrer qu'il n'est pas vraiment possible de trouver des points de transects purs, c'est-à-dire dénué d'influence autre que celle de l'axe étudié.

III.4.5 Bilan sur les concentrations globales obtenues par transect

Une vision synthétique simplifiée de la campagne de mesures peut se traduire par le tableau ci-après qui rassemble les concentrations en NO2 et en benzène, tous sites confondus, par transect.

Tableau n° 14 : bilan synthétique simplifié des résultats obtenus par les tubes passifs sur les transects

Moyenne NO2/benzène T1 A31	Moyenne NO2/benzène T2 A31	Moyenne NO2/benzène T3 A330	Moyenne NO2/benzène T4 A330	Moyenne NO2/benzène T5 A33	Moyenne NO2/benzène T6 A33
45 / 0,81	**45** / 0,77	**40** / 1,05	**44** / 1,06	**39** / 0,73	**38** / 0,72

CONCLUSION NO_2 :

Les campagnes de mesures par tubes passifs ont permis d'évaluer la pollution en NO2 sur l'A31, l'A33, l'A330 sur plusieurs transects en fournissant des résultats sur les concentrations en dioxyde d'azote, et des informations sur la dispersion du polluant lorsqu'on s'éloigne de l'axe routier.

Les valeurs mesurées en *bordure directe* des autoroutes sont supérieures à celles mesurées sur les points plus éloignés. Elles atteignent ou dépassent les seuils réglementaires actuels (objectif de qualité et valeur limite pour la protection de la santé humaine) fixés à l'échelle d'une année.

Lors de la période d'étude, les valeurs moyennes globales obtenues en NO2 sur chaque transect sur la totalité de la campagne indiquent pour les transects 1 et 2 (A31) et les transects 3 et 4 (A330) des concentrations supérieures à l'objectif de qualité et la valeur limite pour la protection de la santé humaine pour 2010 fixés à 40 µg/m3 sur un an. Au niveau des transects 5 et 6 (A33), les niveaux moyens obtenus, transect par transect, s'en approchent.

Des investigations ont été menées pour tenter de déterminer pour chaque autoroute étudiée une distance à partir de laquelle les niveaux de fond en NO2 seraient proches ou atteints, permettant d'établir la largeur de la bande d'influence de ces axes :

- aux niveaux des transects placés sur l'A31, les niveaux observés à 200 m correspondent au niveau de fond du site fixe mais pour la moitié du temps. Les campagnes de mesures complémentaires devraient permettre de valider ou non ce constat.
- au niveau de l'A33, le transect 5 indique qu'à 200 mètres les niveaux de fond sont atteints tout au long des campagnes,
- pour l'A330, les niveaux de fond sont atteints la moitié du temps au niveau du transect 3, tandis qu'au niveau du transect 4 les teneurs à 200m demeurent à chaque campagne assez nettement supérieures aux concentrations de fond provenant des sites d'AIRLOR, ce qui est explicable en fonction du contexte spécifique à ce transect.

III.5 Campagnes menées avec les tubes passifs benzène :

Les tubes passifs en benzène ont été placés aux distances 5 et 25 mètres de chaque transect, et en plus à 50 mètres pour le transect 6 (au niveau de l'A33 dans le secteur de Villers). Ces dispositifs ont été exposés pendant 7 jours, mais on a regroupés les résultats sur une période de 14 jours, tout comme les données en NO_2.

Remarque : il n'y a pas eu de données sur les doublons et les blancs lors de cette étude. Il est prévu d'intégrer cette problématique lors de la prochaine campagne en été 2008.

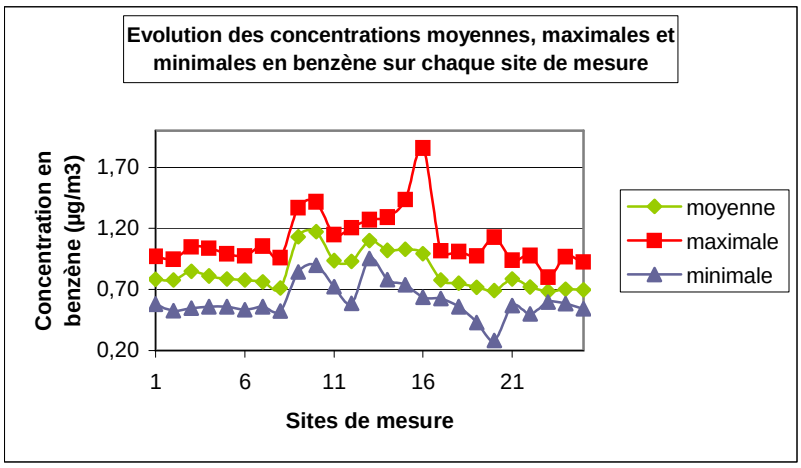


Illustration n°16 : Evolution des concentrations moyennes, des maximales et des minimales en benzène tous sites de mesures confondu, sur l'ensemble de la campagne.

A titre indicatif, la concentration moyenne sur l'ensemble de la campagne, tous sites confondus, est de 0,85 µg/m³.
Les valeurs extrêmes sont respectivement de 1,86 µg/m3 (transect 4 -A330- site placé à 25m, côté Ouest) et de 0,51 µg/m³ (transect 5 – A33 – site placé à 25m, côté Houdemont), ces extrêmes ayant été observés lors de la 3ème campagne du 20 mars au 3 avril 2008.

La totalité des teneurs obtenues ne dépasse pas l'objectif de qualité fixé à 2 µg/m³ sur un an.

III.5.1 Résultats et commentaires : A31

Les concentrations en benzène mesurées par les tubes passifs sont regroupées dans le tableau et les graphiques ci-après. Les graphes visualisant l'évolution des transects en fonction de la campagne sont réalisés selon les distances de 5 et 25 mètres de chaque coté a et b de la voie autoroutière pour visualiser l'effet transect.

Tableau n°14 : Concentration en benzène par tubes passifs pour chaque période de 14 jours du 21 février au 17 avril 2008 pour les transects 1 et 2 (en µg/m³)

Référence Airlor	Commune	P1	P2	P3	P4	Moyenne
T1-a-5m	Maxeville- Le Zénith A31	0,83	0,79	0,78	0,74	0,78
T1-a-25m	Maxeville- Le Zenith A31	0,84	0,85	0,66	0,76	0,78
T1-b-5m	Maxeville- Le Zenith A31	0,84	0,94	0,92	0,74	0,86
T1-b-25m	Maxeville- Le Zenith A31	0,81	0,96	0,75	0,72	0,81
Moyenne transect 1		0,83	0,88	0,78	0,74	0,81
T2-a-5m	Maxeville- St Jacques II A31	0,99	0,82	0,78	0,66	0,81
T2-a-25m	Maxeville- St Jacques II A31	0,85	0,98	0,71	0,67	0,80
T2-b-5m	Maxeville- St Jacques II A31	0,87	0,72	0,65	0,79	0,76
T2-b-25m	Maxeville- St Jacques II A31	0,81	0,62	0,60	0,78	0,70
Moyenne transect 2		0,88	0,78	0,68	0,73	0,77
Moyenne sur l'A31		0,86	0,83	0,73	0,73	0,79

Avec : P1 : du 21 février au 6 mars 2008, P2 : du 6 mars au 20 mars 2008, P3 : du 20 mars au 3 avril 2008, P4 : du 3 avril au 17 avril 2008.

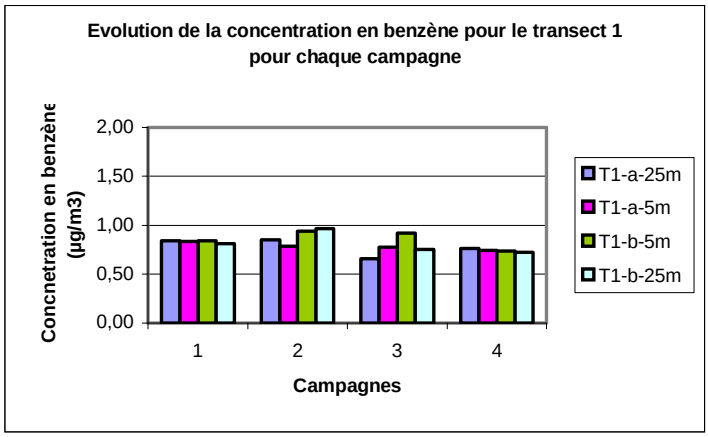


Illustration n°17 : Evolution de la concentration en benzène par période, transect 1 (secteur Maxéville le Zénith)

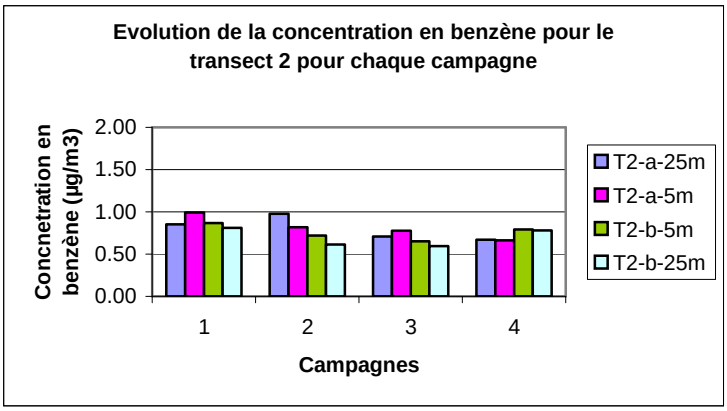


Illustration n°18 : Evolution des taux en benzène par période, transect 2 (secteur Maxéville St Jacques)

Les concentrations moyennes pour les points à 5 et 25 mètres sont de même ordre de grandeur. On remarque que toutes les concentrations en benzène sont inférieures à l'objectif de qualité annuel fixé à 2 µg/m³ : elles sont en effet comprises entre 0,60 µg/m³ et 0,99 µg/m³, et la concentration moyenne sur l'ensemble de la campagne, tous sites confondus sur l'A31 est de 0,79 µg/m³.

Pour le transect 1, secteur Maxéville le Zénith :

La décroissance des niveaux en fonction de la distance à l'axe n'est pas visible. Seule la campagne 3 présente un effet de dispersion du benzène. Pour les campagnes 1 et 4, les concentrations des quatre sites de mesure sont proches et la campagne 2 présente une évolution inversée c'est-à-dire que les concentrations au point localisé à 25 mètres de la voie sont plus élevées que celles issues des sites placés à 5 mètres.

Pour le transect 2, secteur Maxéville St Jacques:

Les niveaux baissent légèrement au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la voie. Par contre, lors de la 2ème campagne, le niveau moyen en benzène du point situé à 25 mètres du côté a (quart Sud-Est par rapport à l'axe de la voie) est supérieur à celui du point localisé à 5 mètres de l'A31 (19%), ce constat étant probablement dû à un effet local.

Pour la 4ème campagne, les mesures des points situés à 5 et 25 mètres de la voie ont des valeurs proches, de part et d'autre de l'A31.

Sur l'ensemble de la campagne, la dispersion semble s'effectuer plus facilement au niveau des côté b c'est-à-dire au quart Nord-Ouest par rapport à l'axe de l'A31.

La décroissance des niveaux en benzène n'est pas vraiment discernable sur les points situés à 5 et 25 mètres. La motorisation diesel du parc automobile français est peut-être à relier à ce constat.

III.5.2 Résultats et commentaires : A33

Les concentrations en benzène mesurées par les tubes passifs sont regroupées dans le tableau et les graphiques ci-après.

Tableau n°15 : Concentration en benzène par tubes passifs pour chaque période de 14 jours du 21 février au 17 avril 2008 pour les transects 5 et 6 (en µg/m³)

Référence Airlor	Commune	P1	P2	P3	P4	Moyenne
T5-a-5m	Vandoeuvre-Les-Nancy- Rue de Ludres A33	0,95	0,73	0,71	0,72	0,78
T5-a-25m	Vandoeuvre-Les-Nancy- Rue de Ludres A33	0,83	0,80	0,73	0,65	0,75
T5-b-5m	Houdemont- Forêt A33	0,91	0,63	0,58	0,75	0,72
T5-b-25m	Houdemont- Forêt A33	nd	0,86	0,51	0,70	0,69
Moyenne transect 5		0,90	0,75	0,63	0,71	0,73
T6-a-5m	Villers-Lès-Nancy- côté terrain de tennis A33	0,81	0,87	0,74	0,74	0,79
T6-a-25m	Villers-Lès-Nancy- côté terrain de tennis A33	0,81	0,67	0,69	0,71	0,72
T6-a-50m	Villers-Lès-Nancy- côté terrain de tennis A33	0,73	0,62	0,69	0,70	0,69
T6-b-25m	Villers-Lès-Nancy- côté stade A33	0,64	0,67	0,70	0,78	0,70
T6-b-50m	Villers-Lès-Nancy- côté stade A33	0,78	0,64	0,70	0,67	0,70
Moyenne transect 6		0,75	0,69	0,70	0,72	0,72
Moyenne sur l'A33		0,81	0,72	0,67	0,71	0,72

Avec : P1 : du 21 février au 6 mars 2008, P2 : du 6 mars au 20 mars 2008, P3 : du 20 mars au 3 avril 2008, P4 : du 3 avril au 17 avril 2008.
nd : donnée non disponible

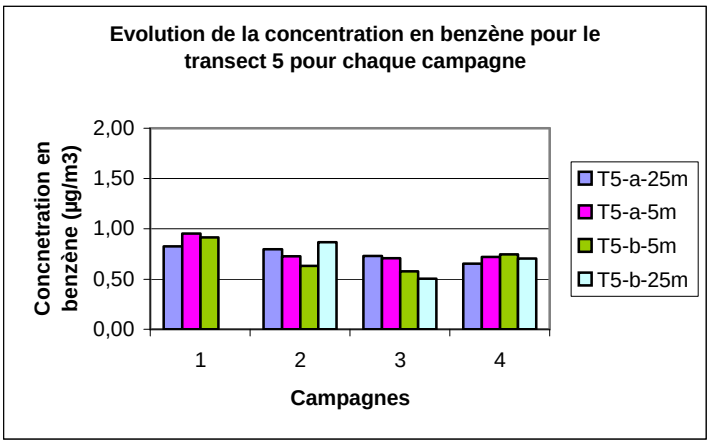


Illustration n°19 : Evolution des taux en benzène par période, transect 5 (secteur Vandoeuvre-Houdemont)

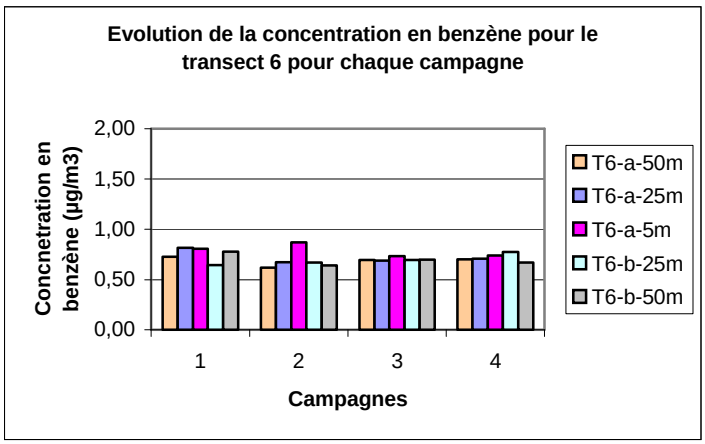


Illustration n°20 : Evolution des taux en benzène par période, transect 6 (secteur Villers les Nancy)

Les concentrations moyennes globales obtenues site par site sur l'ensemble de la campagne sont de même ordre de grandeur, comprises entre 0,69 et 0,79 µg/m³ au niveau de l'A33.
Les concentrations moyennes globales, transect par transect (tous sites confondus), sur l'ensemble de la campagne est de l'ordre de 0,72 µg/m³ sur chaque transect. A titre informatif, l'ensemble des résultats est inférieur à l'objectif de qualité du benzène fixé à 2 µg/m³ sur un an.

Pour le transect 5, secteur Vandoeuvre-Houdemont :

On n'observe pas de décroissance des niveaux à 5 et 25 mètres de la voie.
Parfois, les teneurs de fond en benzène augmentent de chaque côté de la voie à 25 mètres lors de la 2ème campagne. Le même constat est effectué mais sur un seul côté (au Nord de l'A33) lors de la 3ème campagne.

Pour le transect 6, secteur Villers les Nancy : (cf illustration n°15 en annexe n°12)

Seule la campagne correspondant à la seconde période présente une décroissance des niveaux de fond en fonction de la distance à l'axe, de chaque coté de l'A33. On ne remarque pas de nette diminution de la concentration en benzène en fonction de la distance et de chaque côté de la voie pour les autres campagnes.
Lors de la 1ère campagne, les niveaux de fond en benzène sont identiques à 5 et 25 mètres du côté a (à l'Est-Nord-Est de l'A33), avant de baisser d'environ 10% à 50 mètres, alors que de l'autre côté de l'A33 les niveaux mesurés à 50 mètres augmentent de 22% par rapport à ceux de 25 mètres. La typologie locale du site combinée à un phénomène local pourraient jouer un rôle dans cette observation.

III.5.3 Résultats et commentaires : A330

Les concentrations en benzène mesurées par les tubes passifs sont regroupées dans le tableau et les graphiques ci-après.

Tableau n°16 : Concentration en benzène par tubes passifs pour chaque période de 14 jours du 21 février au 17 avril 2008 pour les transects 3 et 4 (en µg/m³)

Référence Airlor	Commune	P1	P2	P3	P4	Moyenne
T3-a-5m	Heillecourt- Parc d'Activités. de Heillecourt Ouest	1,20	1,27	0,96	1,11	1,13
T3-a-25m	Heillecourt- Parc d'Activités. de Heillecourt Ouest	1,29	1,37	0,98	1,11	1,19
T3-b-5m	Houdemont-	0,93	1,11	0,85	0,85	0,94
T3-b-25m	Houdemont-	1,06	1,04	0,80	0,83	0,93
Moyenne transect 3		1,12	1,20	0,90	0,97	1,05
T4-a-5m	Heillecourt- côté Botanic	1,11	1,13	1,15	1,04	1,11
T4-a-25m	Heillecourt- côté Botanic	1,10	1,09	0,92	0,97	1,02
T4-b-5m	Vandoeuvre-Les-Nancy- côté Leclerc	1,17	1,02	1,03	0,90	1,03
T4-b-25m	Vandoeuvre-Les-Nancy- côté Leclerc	0,92	0,89	1,86	0,73	1,10
Moyenne transect 4		1,08	1,03	1,24	0,91	1,06
Moyenne sur l'A330		1,10	1,11	1,07	0,94	1,06

Avec : P1 : du 21 février au 6 mars 2008, P2 : du 6 mars au 20 mars 2008, P3 : du 20 mars au 3 avril 2008, P4 : du 3 avril au 17 avril 2008.

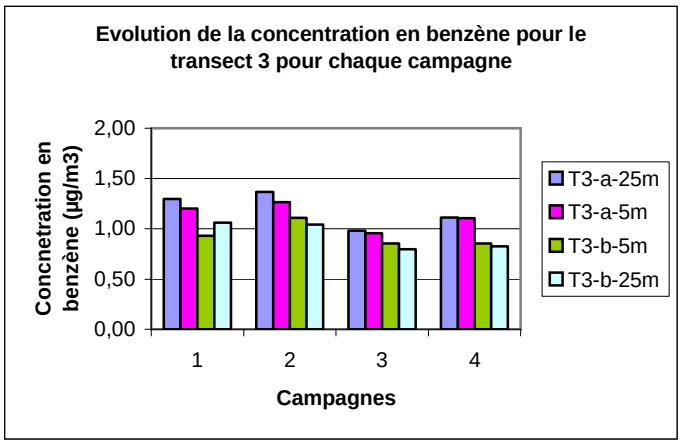


Illustration n°21 : Evolution des taux en benzène par période, transect 3 (secteur Heillecourt-Houdemont)

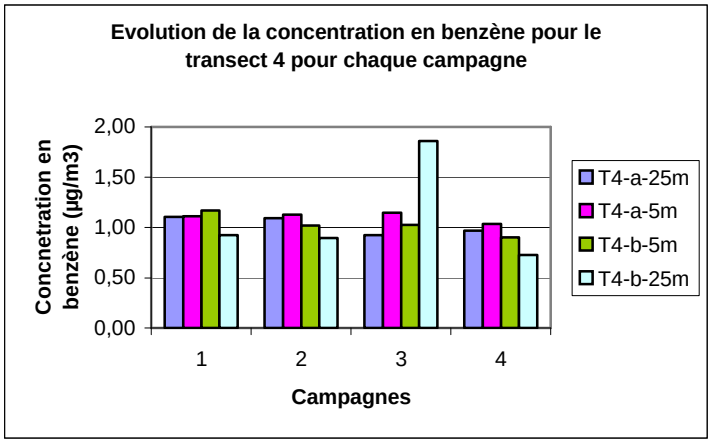


Illustration n°22 : Evolution des taux en benzène par période, transect 4 (secteur Heillecourt-Vandoeuvre)

Les concentrations mesurées sur l'A330 sur l'ensemble des sites sont de même ordre de grandeur. Elles sont supérieures à celles mesurées au niveau des transects relatifs à l'A31 et l'A33.

Pour le transect 3, secteur Heillecourt-Houdemont :

Du côté Est par rapport à la voie, on remarque que les niveaux de fond provenant du site placé à 25 mètres sont légèrement supérieurs par rapport à ceux issus du point placé à 5 mètres (+5% sur la totalité de la campagne). La présence d'un carrefour à cet endroit est probablement à l'origine de cette observation.
A l'Ouest de la voie, on n'observe pas de nette baisse des niveaux de benzène en fonction de la distance (variation de 1% sur la période globale de campagne).

Pour le transect 4, secteur Heillecourt-Vandoeuvre :

Hormis sur un point de mesure lors de la 3éme campagne, les niveaux en benzène baissent de part et d'autre de l'A330 lorsque l'on s'éloigne de la voie.
Lors de la 3ème campagne en effet, on observe un pic sur le point placé à 25m à l'Ouest de l'autoroute (point b) : 1,86 µg/m3 mesuré contre environ 0,90 µg/m3 relevés sur ce même point lors des autres périodes de campagnes. Cette hausse est probablement due à un phénomène local.

CONCLUSION BENZENE :

L'ensemble des concentrations moyennes mesurées en benzène sur les autoroutes A31, A33 et A330 sont inférieures d'une part à la valeur correspondant à l'objectif de qualité fixé à 2 µg/m^3 sur une année civile, et d'autre part aux valeurs limites annuelles (7 µg/m3 pour l'année 2008 et 5 µg/m3 à l'horizon 2010).

Les valeurs extrêmes mesurées tous sites confondus et tous transects confondus sont de 0,51 µg/m^3 et 1,86 µg/m^3.

La décroissance des niveaux de concentration en benzène à 5 et 25 mètres n'est pas très visible ; seulement un tiers des résultats présente une décroissance.
Etendre la mesure du benzène à des distances plus éloignées de la voie lors de campagnes ultérieures pourrait probablement mieux montrer l'effet transect si toutefois il existe pour ce polluant (pose de tubes à une distance de 200 mètres par exemple).

IV) Conclusion :

Airlor a réalisé une vaste campagne de mesures de polluants (essentiellement le dioxyde d'azote NO2 et le benzène) au niveau des contournements autoroutiers de Nancy. Cette étude constitue un élément de l'« état de référence » vis-à-vis de la qualité de l'air par rapport au projet de réduction de la vitesse à 90km/h des autoroutes de contournement de l'agglomération nancéienne.

Cette étude permet de connaître d'une part les concentrations en NO_2 et en benzène en des points proches des axes autoroutiers A31, A33 et A330 avant des essais de modification de la vitesse sur ces autoroutes, et d'autre part les niveaux en poussières fines de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 microns PM10 présents au niveau de l'A33.
Ces campagnes ont été réalisées à l'aide de tubes à diffusion passive pour le dioxyde d'azote et le benzène, ainsi qu'avec une armoire mobile de mesures au niveau de Villers-Lès-Nancy (pour les poussières fines PM10 notamment)..

Les résultats obtenus pour le *dioxyde d'azote*, bon indicateur de la pollution d'origine automobile, indiquent :
- que les points situés à proximité directe des trois autoroutes (à 5 mètres) atteignent ou dépassent systématiquement l'objectif de qualité réglementaire et la valeur limite pour la protection de la santé humaine fixée à l'horizon 2010 (40 µg/m³ sur an), en fonction du point d'étude.
- des teneurs moyennes sur l'A31, tous sites confondus, de 45 µg/m³, sur l'A33 de 39 µg/m³ et sur l'A330 de 40 à 44 µg/m³ (voir le tableau ci-après).

Concernant le *benzène*, les sites placés à 5 et 25 mètres de la voie pour chaque transect présentent des teneurs moyennes globales d'environ 0,80 µg/m³ pour l'A31, 0,72 µg/m³ pour l'A33 et 1,06 µg/m³ pour l'A330. Ces concentrations, ainsi que celles obtenues à un pas de temps plus fin, sont toutes inférieures à la valeur correspondant à l'objectif de qualité pour le benzène fixé à 2 µg/m³ sur un an et à la valeur limite annuelle pour la protection de la santé fixée à 5 µg/m3 à partir du 1er janvier 2010.

Moyenne NO2/benzène T1 A31	Moyenne NO2/benzène T2 A31	Moyenne NO2/benzène T3 A330	Moyenne NO2/benzène T4 A330	Moyenne NO2/benzène T5 A33	Moyenne NO2/benzène T6 A33
45 / 0,81 µg/m3	45 / 0,77 µg/m3	40 / 1,05 µg/m3	44 / 1,06 µg/m3	39 / 0,73 µg/m3	38 / 0,72 µg/m3

Globalement, la baisse des niveaux en NO2 en fonction de la distance à la voie est plus visible que pour le benzène dont l'étude a été limitée à 5 mètres et 25 mètres.

En contexte de proximité automobile, la teneur moyenne en NO_2 obtenue au niveau de l'armoire de Villers les Nancy sur la période d'étude atteint 83 µg/m³, dépassant ainsi les différents seuils réglementaires actuellement en vigueur (objectif de qualité et valeurs limites pour la protection de la santé humaine). La concentration moyenne en poussières fines obtenue sur la totalité de la campagne est de 30 µg/m³, atteignant ainsi l'objectif de qualité fixé à 30 µg/m³ sur un an.

Les résultats élevés de concentrations en polluants NO_2 et PM_{10} entre le 21 février et le 17 avril 2008 sont à valider sur d'autres périodes d'observation. Ils montrent également l'intérêt à mener l'exercice lors de périodes de réduction de la vitesse de circulation sur les axes de contournement de l'agglomération nancéienne, afin d'en évaluer le bénéfice en terme de niveaux de pollution.

Des campagnes ultérieures de suivi sont prévues, notamment après modification de la vitesse, afin d'évaluer l'évolution de la qualité de l'air au niveau de l'A31, l'A33 et l'A330. Afin d'optimiser le futur plan de campagne, il pourrait être envisagé de modifier, si toutefois cela est possible, quelques emplacements de tubes passifs situés à proximité de zones pouvant perturber les résultats, et ainsi masquer la bande d'influence des autoroutes. Le contexte ne le permet pas, aussi cela n'est pas vraiment envisageable. Par ailleurs, étendre la mesure du benzène à des distances plus lointaines des voies pourra être envisagé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Les sources sont citées par ordre d'utilisation dans le rapport :

[1] http://www.atmolor.org/ , réseaux Lorrains de la surveillance de la qualité de l'air, source certifiée.

[2] http://www.environnement.public.lu/air_bruit/dossiers/polluants_atmospheriques/NOx/index.html , Gouvernement du Grand-Duché du Luxembourg.

[3] MASCLET, 2005, Pollution atmosphérique causes, conséquences, solutions, perspectives, Ellispses, Paris, Edition 1, 211.

[4] http://www.citepa.org/pollution/effets.htm , CITEPA, source certifiée AFNOR Certification.

[5] http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/chim/FDS/FDS09.htm#acetet03

[7] http://www2.oramip.org/html/pdf/ORAMIPbtx.pdf

[8] AIRLOR, 2004, Etude de la distribution du dioxyde d'azote par la méthode des tubes passifs sur l'agglomération nancéienne Eté-Hiver 2002, AIRLOR, 71.

[9] AIRLOR, 2006, Campagne de mesure de la qualité de l'air autour de la RN 66 de Rupt/Moselle au col de Bussang Mai 2005, AIRLOR, 69

[10] http://www.atmo-franche-comte.org/pages/fr/menu1/les_outils_de_surveillance/les_prelevements_passifs_31.html , ASQAB et ARPAM

[11] http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/RGEAn23.pdf

[12] http://www.radiello.it/francais/comp_fr.htm , Fondazione Salvatore Maugeri IRCCS, dernière mise à jour le 22 mars 2007

[13] http://www.radiello.it/francais/comp_fr.htm , Fondazione Salvatore Maugeri IRCCS, dernière mise à jour le 22 mars 2007

[14] http://www.inrs.fr/htm/le_benzene.html , INRS

[15] COLIN.X., 2002, Comparaison de la pollution atmosphérique dans l'industrie et dans l'environnement urbain : exposition, métrologie, risque sanitaire et législation, Faculté de pharmacie, Nancy, 46.

ANNEXES