

# Etat initial de la qualité de l'air pour la seconde ligne de transport en commun en site propre à Saint-Etienne



Hiver 2002 - 2003



Association de Mesure de la Pollution  
Atmosphérique de Saint-Etienne et  
du département de la Loire

2, Rue Chanoine Ploton  
42 000 Saint-Etienne  
Tél. : 04.77.91.18.80 / Fax : 04.77.91.18.84

Internet : [www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org)

**AMPASEL**  
**E-02.08/3**



Étude réalisée à la demande de Saint-Etienne Métropole  
dans le cadre du projet de seconde ligne de transport en commun en  
site propre sur Saint-Etienne

Remerciements à la ville de Saint-Etienne pour sa participation à l'implantation  
des sites de mesures et en particulier à l'Office du Tourisme de Saint-Etienne.

**Conditions de diffusion des données**

- ❖ Diffusion libre pour une réutilisation ultérieure des données à conditions que l'utilisation partielle ou totale de ce document fasse référence à l'Association AMPASEL.
- ❖ Données non rediffusées en cas de modification ultérieure des données.
- ❖ Sur demande, AMPASEL met à disposition les caractéristiques techniques de mesure et des méthodes d'exploitation des données mises en œuvre.

# SOMMAIRE

<b>CONTEXTE</b>	<b>5</b>
<b>1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE</b>	<b>6</b>
<b>A - LES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES</b>	<b>6</b>
<b>B - LE CADRE RÉGLEMENTAIRE DE QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT</b>	<b>9</b>
<b>C - MOYENS TECHNIQUES MIS EN ŒUVRE</b>	<b>11</b>
A - Analyseurs automatiques	11
B - Échantillonneurs passifs	11
<b>D - STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE</b>	<b>12</b>
A - Typologie des sites de mesure	12
B - Emplacements échantillonneurs passifs	13
<b>E - PÉRIODE DE MESURE</b>	<b>14</b>
<b>2. BILAN DE LA CAMPAGNE DE MESURE</b>	<b>16</b>
<b>A - CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES</b>	<b>16</b>
<b>B - COMPTAGES ROUTIERS</b>	<b>18</b>
<b>C - RÉPARTITION SPATIALE DU NO<sub>2</sub></b>	<b>20</b>
A - Validation des résultats	20
B - Représentation spatiale	22
<b>D - NIVEAUX DES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES MESURÉS</b>	<b>26</b>
A - Indice ATMO de Saint-Etienne	26
B - Oxydes d'azote	27
C - Monoxyde de carbone	32
D - Particules en suspension	34
<b>3. ÉVOLUTION DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE PLACE JEAN MOULIN</b>	<b>39</b>
<b>A - HISTORIQUE DE LA STATION</b>	<b>39</b>
<b>B - COMPARAISON AU SITE DE SAINT-ÉTIENNE COUBERTIN</b>	<b>40</b>
<b>C - DÉPASSEMENTS DES SEUILS RÉGLEMENTAIRES</b>	<b>41</b>
<b>D - BILAN DE LA PÉRIODE HIVERNALE 2002</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>47</b>
ANNEXE 1 : Description des sites de mesure ponctuels	48
ANNEXE 2 : Typologie des stations de mesure automatiques	51
ANNEXE 3 : Représentation spatiale des concentrations de NO <sub>2</sub> par campagne	52
ANNEXE 4 : Résultats de mesures (période 4/11/02 à 10/12/02)	54
ANNEXE 5 : Mesures Places Jean moulin et Fourneyron du 4/11 au 10/12/2002	55



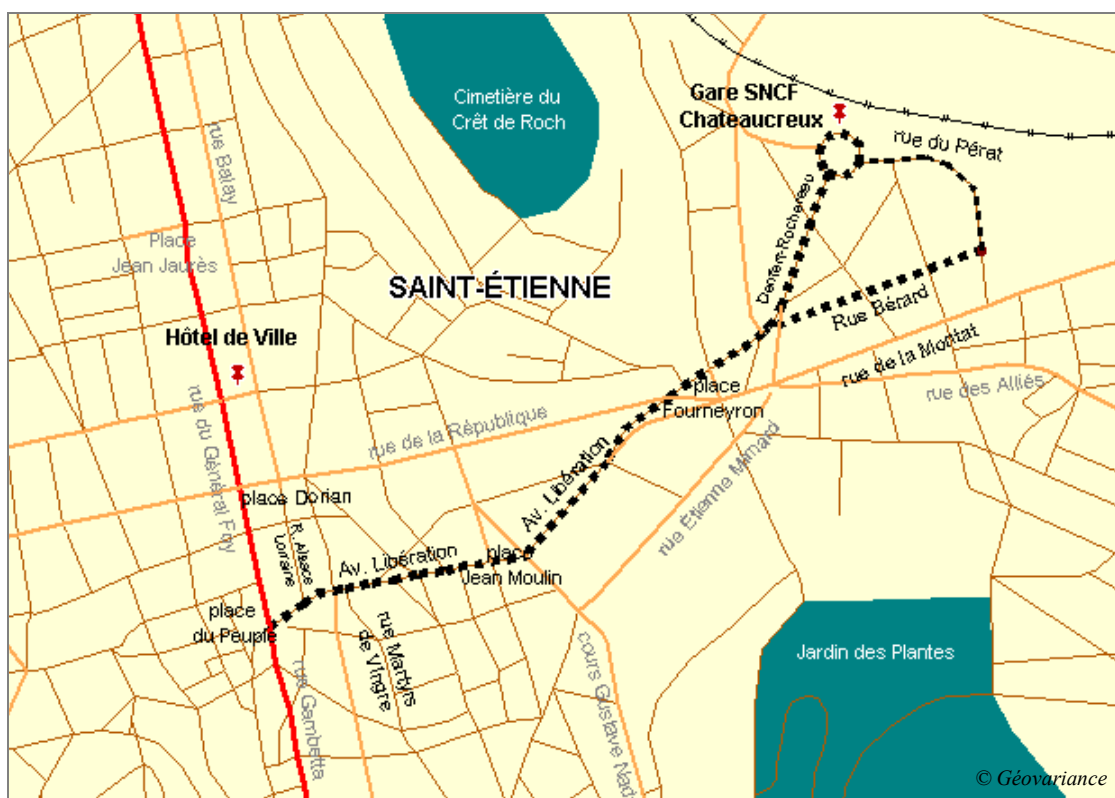
## CONTEXTE

Le Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération stéphanoise approuvé en mars 2000, fixe plusieurs orientations destinées à mettre en œuvre une politique des déplacements cohérente entre une utilisation plus rationnelle de la voiture et le développement de modes de déplacements moins polluants (marche à pied, vélos, transports en commun).

Pour atteindre cet objectif, il a été proposé de renforcer et réorganiser le réseau de transports collectifs urbains par la création d'une deuxième ligne de tramway en site propre et de mettre en service un pôle multimodal d'intérêt régional dans le secteur de Châteaureux.

La réalisation d'un premier projet est prévue en 2006 afin de relier le quartier Châteaureux à la place du Peuple et rejoindre ainsi la ligne existante en centre ville. Les modifications engendrées en terme d'aménagement urbain et de transport auront des impacts directs sur les quartiers traversés par ce tracé, notamment au niveau de la qualité de l'air.

Dans le but d'évaluer les répercussions de cette nouvelle infrastructure sur la qualité de l'air, Saint-Etienne Métropole a sollicité AMPASEL pour mettre en œuvre un dispositif de surveillance ponctuel le long du tracé en novembre 2002.



L'objectif est de réaliser un état initial de la qualité de l'air à partir de 3 traceurs de la pollution automobile : les oxydes d'azote (NOx), le monoxyde de carbone (CO), les particules en suspension par la méthode des fumées noires (FN) qui permettront d'évaluer les évolutions et améliorations engendrées suite à la mise en service de cette nouvelle ligne de transports en commun.

## 1. PRESENTATION DE L'ETUDE

### A - Les polluants atmosphériques

L'air pollué contient généralement des centaines de composés gazeux et particulaires. Seuls quelques-uns sont mesurés comme indicateurs caractéristiques de sources d'émission dans l'air ambiant et ayant des effets nuisibles sur la santé et l'environnement.

Les polluants mesurés au cours de cette campagne ont été choisis pour indiquer la part de la pollution d'origine automobile.

#### Le monoxyde de carbone (CO)

##### Les émetteurs

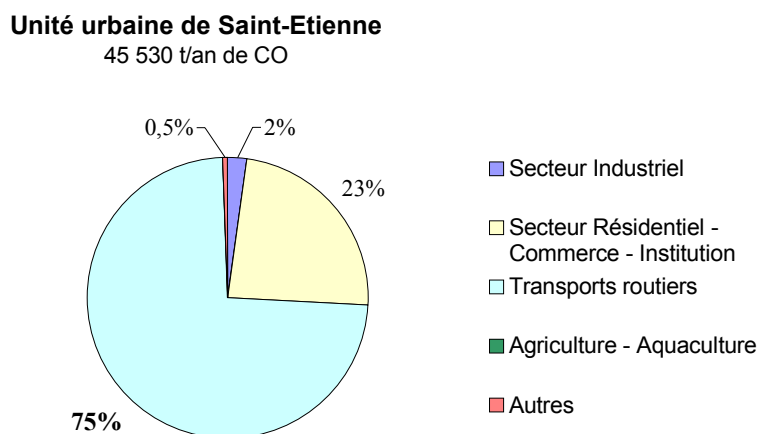
Le monoxyde de carbone résulte de la combustion incomplète des carburants et combustibles notamment dans les moteurs et les chauffages individuels au gaz. Quelques procédés industriels en émettent des quantités notables.

##### Les effets sur la santé et sur l'environnement

A l'air ambiant, le seuil de 10 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une durée de 8 heures est fixé par rapport à un marqueur biologique. Il correspond à une faible concentration dans l'air, protégeant toute la population y compris les insuffisants cardiaques. A forte concentration, le monoxyde de carbone est responsable d'intoxications domestiques et professionnelles, essentiellement à l'intérieur des locaux (céphalées, troubles digestifs, pertes de conscience).

Le monoxyde de carbone participe aux mécanismes de formation de l'ozone troposphérique. Dans l'atmosphère, il se transforme en dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  et contribue à l'effet de serre.

- ✕ Les inventaires d'émission sont des outils permettant de faire un bilan précis des émissions de polluants atmosphériques sur un secteur donné. Le CITEPA<sup>1</sup> a effectué ce travail en 1994 sur le département de la Loire et a comptabilisé un rejet annuel de monoxyde de carbone de 120 650 tonnes dont plus d'un tiers provient des transports routiers sur l'agglomération stéphanoise.



<sup>1</sup> CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique, mandaté par le Ministère de l'environnement pour réaliser des inventaires régionaux nécessaires à l'élaboration des PRQA.

## Les oxydes d'azote (NOx)

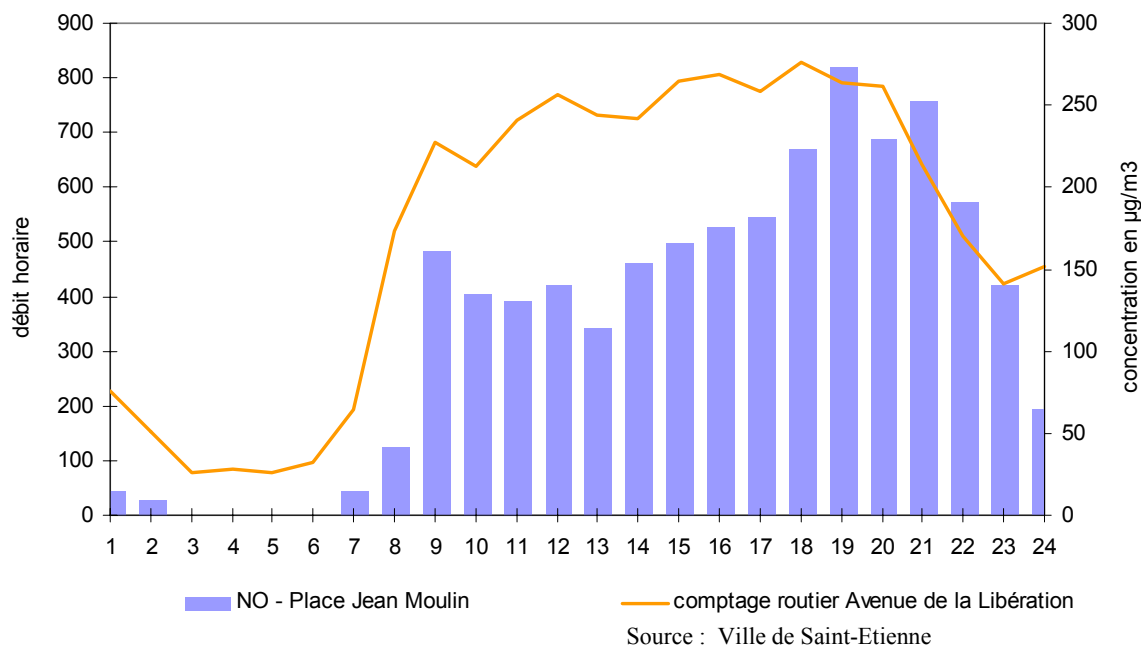
### Les émetteurs

Les oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>) résultent principalement de la combinaison entre l'oxygène et l'azote de l'air sous l'effet des hautes températures lors des processus de combustion. Ils sont émis par les moteurs de véhicules automobiles et par les installations fixes (installations de combustion de toute taille et certains procédés industriels).

### Les effets sur la santé et sur l'environnement

Le monoxyde d'azote NO n'est pas un gaz réglementé par les directives européennes sur l'air ambiant en raison de sa faible nocivité. Toutefois, émis directement dans l'atmosphère par les véhicules à moteur, il convient parfaitement pour évaluer la proximité d'un site à la pollution automobile.

**Comparaison Avenue de la Libération - Place Jean Moulin  
entre le flux de circulation et un traceur de la pollution automobile (NO)**  
le vendredi 15 novembre 2002

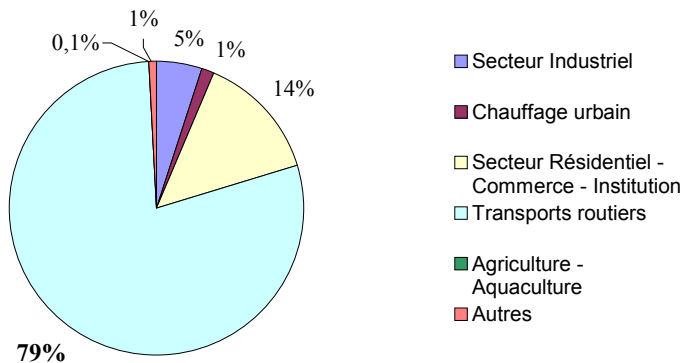


A forte concentration, le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est un gaz toxique irritant pour les yeux et les voies respiratoires qui augmente le risque de symptômes respiratoires irritatifs.

Au même titre que le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote interviennent dans les phénomènes de pluies acides. Ils jouent aussi un rôle majeur dans la pollution photo-oxydante à l'origine de la production locale de l'ozone (O<sub>3</sub>).

- ✘ L'inventaire d'émission du CITEPA indique que le rejet d'oxydes d'azote en 1994 représente 15 790 tonnes pour le département de la Loire, soit 10% des émissions de Rhône-Alpes.

**Unité urbaine de Saint-Etienne**  
3 580 t/an de NOx émis



L'agglomération stéphanoise est responsable de 22% de ces émissions induites à 79 % par les transports routiers.

Les oxydes d'azote sont considérés comme de très bons traceurs de la pollution des transports routiers

Les particules en suspension

**Les émetteurs**

Elles constituent un complexe de substances organiques ou minérales. Elles sont émises par certains procédés industriels (sidérurgie, fabrication du ciment, fabrication des engrais, minerais et matériaux), par les installations de combustion et par les véhicules automobiles, notamment ceux fonctionnant au gasoil. Au contraire des autres indicateurs, les sources de poussières sont très hétérogènes.

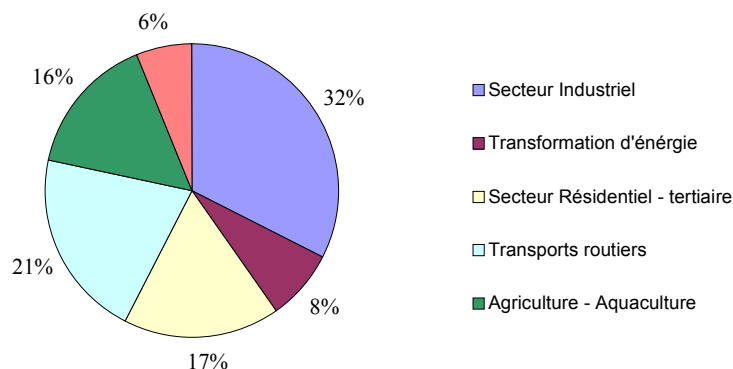
**Les effets sur la santé et sur l'environnement**

Les particules représentent cependant un indicateur majeur de la qualité de l'air au point de vue sanitaire. L'essentiel des effets sur la santé est le fait des particules de petite taille (diamètre < 10µm) et surtout les très fines (diamètre < 2.5µm). Les plus grosses sont filtrées par le système de défense naturel des voies respiratoires aériennes supérieures.

Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

Les effets de salissure sont les plus évidents. Sur les végétaux, les particules viennent se fixer dans les stomates; l'accumulation de ces particules perturbe la photosynthèse, attaque et détruit des tissus.

**Emmissions de particules inférieures à 10 µm en France**  
361 tonnes de PM10 émis en 1998





## B - Le cadre réglementaire de qualité de l'air ambiant

Le décret du 15 février 2002 fixe les valeurs seuils définies par les directives européennes, page suivante. Il existe 4 seuils différents :

**Objectif de qualité** : niveau de concentration d'un polluant atmosphérique à atteindre, au cours d'une période donnée, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de cette substance sur la santé humaine ou l'environnement.

**Valeur limite** : niveau maximal de concentration de polluant atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de cette substance sur la santé humaine ou l'environnement.

**Seuils de recommandations et d'alerte** : niveaux de concentration d'un polluant donné pour une exposition de courte durée à partir desquels une information comportant des recommandations comportementales et sanitaires doit être délivrée à la population en raison des risques pour la santé humaine (personnes sensibles) et la dégradation de l'environnement. Le niveau d'alerte est accompagné par des mesures d'urgences de réduction des rejets.

*L'unité de mesure de ces constituants est le microgramme par mètre cube d'air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
(1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  = 1 millionième de gramme par  $\text{m}^3$  d'air)*

Les normes réglementaires relatives aux particules en suspension par la méthode des Fumées Noires sont définies par le décret n° 98-360 du 6 mai 1998

**Particules en suspension** – méthode des fumées noires ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),  
(Année de référence 1<sup>er</sup> avril au 31 mars)

	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	percentile 50 des moyennes journalières		Moyenne journalière en hiver à ne pas dépasser 175h /an ou plus de 3 jours consécutifs
			annuelle	hiver	
<b>Objectif de qualité</b>	40 à 60	100 à 150			
<b>Valeur limite</b>			80	130	250

**NORMES REGLEMENTAIRES POUR LA QUALITE DE L'AIR AMBIANTE**

selon le décret n° 2002-213 du 15 février 2002

valeurs exprimées en microgramme par mètre cube d'air (µg/m<sup>3</sup>)

Polluant	SO <sub>2</sub> dioxyde de soufre	NO <sub>2</sub> dioxyde d'azote	PS particules en suspension	O <sub>3</sub> ozone	CO monoxyde carbone	Pb plomb	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> benzène	
<b>objectif de qualité</b>	50 en moyenne annuelle	40 en moyenne annuelle	30 en moyenne annuelle	110 sur 8 heures		0,25 moyenne annuelle	2 moyenne annuelle	
<b>valeur limite</b> en moyenne horaire	2001 2002 2003 2004 2005 470 440 410 380 350	200 valeur à ne pas dépasser plus de 175h/an			10 000 sur 8 heures			
	valeur à ne pas dépasser plus de 24h par an							
	2001 2002 2003 2004 2005 290 280 270 260 250							
	valeur à ne pas dépasser plus de 18h/an							
<b>valeur limite</b> en moyenne journalière	125 valeur à ne pas dépasser plus de 3jour/an		2001 2002 2003 2004 2005 70 65 60 55 50					
			à ne pas dépasser 35jours/an					
<b>valeur limite</b> en moyenne annuelle						2001 2002 0,8 0,5	jusqu'en 2005 10	
								2001 2002 2003 2004 2005 58 56 54 52 50
<b>Seuil de recom- mandation du public</b>	300 en moyenne horaire	200 en moyenne horaire			180 en moyenne horaire			
<b>Seuil d'Alerte</b> en moyenne horaire	500 sur 3h consécutives	400	200 si valeur déclenchée la veille et jour même et risque d'être déclencher le lendemain		360			
					240 * directive européenne 2002/3/CE			

## C - Moyens techniques mis en œuvre

Deux techniques de mesure complémentaires ont été mises en place pour cette étude dans le but de permettre d'évaluer à la fois,

- ♦ l'évolution temporelle des polluants atmosphériques cités précédemment par des analyseurs automatiques,
- ♦ la répartition spatiale du NO<sub>2</sub> le long du futur tracé par des échantillonneurs passifs.

### a - Analyseurs automatiques

La surveillance de la qualité de l'air en France est réalisée à partir d'appareils automatiques normalisés pour tous les polluants réglementés. Leur principe de détection est basé sur des méthodes optiques spécifiques à un polluant donné. Ces analyseurs utilisés en routine par le réseau AMPASEL sur le département de la Loire, sont étalonnées régulièrement par des gaz certifiés COFRAC.

Trois analyseurs ont ainsi été implantés sur deux sites pour mesurer les oxydes d'azote (méthode de détection par chimiluminescence) et le monoxyde de carbone (méthode de détection InfraRouge). L'un est situé dans une cabine climatisée et le second dans une pièce tempérée afin de respecter les températures de consigne. Ces appareils ont subi les mêmes contrôles d'assurance qualité que le dispositif de référence. Le prélèvement de l'air ambiant est positionné entre 2 et 3 mètres de haut à proximité de la voie circulée, sur le trottoir.

En complément, des mesures journalières de poussières en suspension ont été réalisées par la méthode des fumées noires pour évaluer les teneurs de particules en centre ville, sous l'influence directe de la circulation automobile, ainsi qu'en site de fond urbain moins exposé. Pour se faire, une mesure en parallèle avec un analyseur automatique (méthode par Jauge Bêta) prélevant les particules inférieures à 10 µm de diamètre (PM10) a été effectuée sur le site de Saint-Etienne Coubertin.

La précision des données recueillies par ces appareils permet de vérifier le respect des normes réglementaires, de comparer les résultats aux stations fixes du réseau et de mieux appréhender les phénomènes ponctuels de pollution atmosphérique.

### b - Échantillonneurs passifs

L'échantillonnage passif est une technique de mesure basée sur le principe de la diffusion moléculaire d'un polluant spécifique piégé à travers un milieu absorbant ou adsorbant.

La concentration de polluants mesurés par l'échantillonneur passif est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement, rapporté à sa période d'exposition. Cette période peut varier de 8 heures à 15 jours selon les composants étudiés.

L'avantage de cette technique de mesure est de pouvoir multiplier les points de mesure sans contrainte de calibration ni alimentation électrique sur le terrain. Cette multitude de données permet ainsi la réalisation de cartographie de polluants sur un secteur déterminé.

Les capteurs passifs se présentent sous forme de tubes cylindriques :

Les capteurs NO<sub>2</sub> sont constitués d'une grille imprégnée d'une substance absorbante : la triéthanolamine.

Au contact du NO<sub>2</sub> présent dans l'air ambiant, une réaction chimique spécifique se produit avec l'absorbât. La quantité de NO<sub>2</sub> échantillonné est déterminée en laboratoire par colorimétrie à 540 nm selon la réaction de Saltzman.

A la fin de la période d'exposition, les capteurs sont récupérés puis envoyés pour analyse au laboratoire environnemental suisse de la société PASSAM AG.

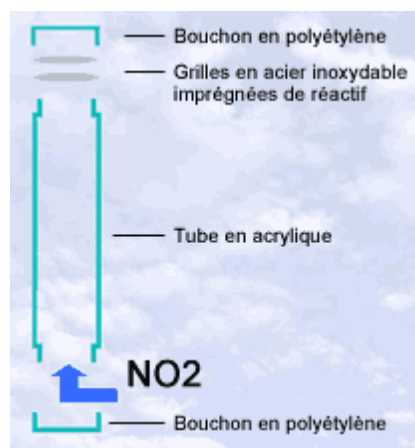


Schéma d'un tube NO<sub>2</sub>

## D - Stratégie d'échantillonnage

Dans l'optique de pouvoir quantifier les impacts de la mise en service de la ligne de tramway, nous avons choisi de privilégier les sites de proximité automobile, le long du tracé, c'est à dire situés à moins de 5 mètres de la voie de circulation.

### a - Typologie des sites de mesure

Les mesures à l'aide d'analyseurs automatiques ont été menées sur les places Jean Moulin et Fourneyron de Saint-Etienne, principaux carrefours traversés par le tramway (Cf. Annexe 1). La circulation automobile en est la principale source de pollution. De plus, l'existence d'une station fixe place Jean Moulin de 1993 à 1998 est très intéressante pour faire le point sur l'évolution de ces polluants après 5 ans de non-observation.

Selon les critères nationaux d'implantation des stations de mesure définies par l'Ademe<sup>2</sup>, la typologie de ces stations est caractéristique des stations trafic (Cf. Annexe 2) :

- ◆ zone représentative en terme de trafic et de population exposée (piétons, cyclistes, riverains, automobilistes),
- ◆ les transports routiers doivent être la catégorie d'émetteur prédominante,
- ◆ la voirie doit comprendre un trafic supérieur à 10 000 véhicules par jour,
- ◆ la distance aux voies de circulation doit être de 5 mètres,
- ◆ le rapport NO/NO<sub>2</sub> doit être supérieur à 2.

<sup>2</sup> Ademe : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, coordinateur technique de la surveillance de la qualité de l'air en France.

Les sites permanents de surveillance de la qualité de l'air sur Saint-Etienne gérés par AMPASEL figurent sur la carte ci-après (en bleu). Ces mesures de références, implantées entre 1993 et 1999, vont nous permettre de mieux apprécier les niveaux de concentration obtenus à partir de deux sites ponctuels (en rose).



Station urbaine



Station trafic



Station péri-urbaine



Station mobile trafic

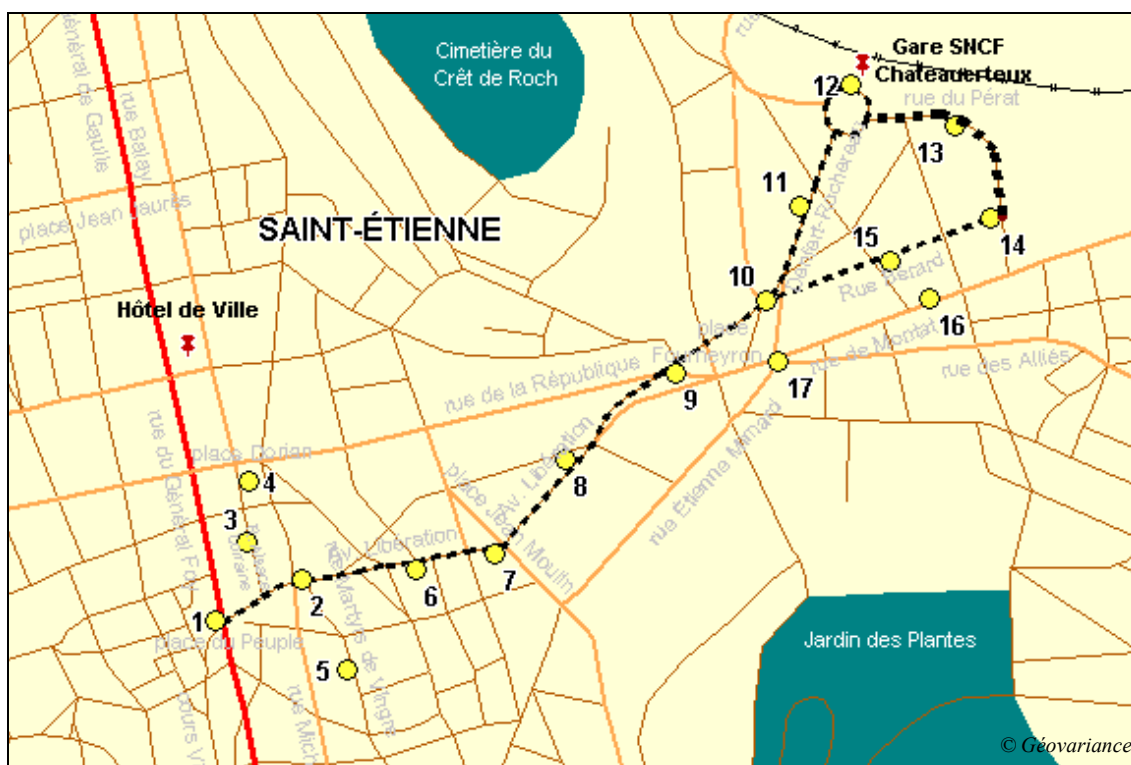
## b - Emplacements échantillonneurs passifs

Afin d'assurer la couverture des 2 500 mètres de voirie traversée par le futur tramway, le nombre de points de mesure devaient être suffisamment important pour reproduire cette diversité. A partir des critères de trafic routier, de densité de bâti et de typologie des rues, nous avons découpé ce tracé en 12 secteurs distincts. A chaque secteur, nous avons placé sur des poteaux d'éclairage public ou de la STAS, des tubes passifs NO<sub>2</sub> à 3 mètres de hauteur. On estime que la valeur mesurée sur ces sites est représentative des niveaux moyens de NO<sub>2</sub> sur l'ensemble du tronçon.

De plus, pour valider la précision et la reproductibilité de cette technique, des échantillonneurs ont été placés en parallèle des 5 analyseurs de référence du réseau fixe.

Pour étudier le phénomène de dispersion des polluants en fonction de l'éloignement des sources de pollution, 2 sites ont été positionnés dans les rues piétonnes Alsace-Lorraine (n°3) et Marthys de Vingré (n°5) à environ 250 mètres de l'axe principal et un place Dorian (n°4) dans la zone réservée aux dessertes des bus de la STAS. Enfin, en raison d'un éventuel changement de tracé entre la rue Bérard et la rue de la Montat, deux points de mesure ont été ajoutés rue de la Montat (n° 16 et 17).

## Localisation géographique des tubes passifs NO<sub>2</sub>



### E - Période de mesure

L'évolution des polluants atmosphériques dans le temps et dans l'espace est liée aux variations des différentes sources de pollution mais surtout aux conditions météorologiques locales (vent, température, précipitations, ensoleillement). Pour réaliser un état de la qualité de l'air représentatif d'une année entière, il est donc recommandé de mesurer les polluants en continu sur des périodes minimales de 1 mois, à plusieurs moments de l'année, selon le rythme saisonnier.

Compte tenu du planning de réalisation des travaux, cette étude s'est déroulée en deux phases :

- ◆ Une campagne de mesure de 5 semaines, du 4 novembre au 10 décembre 2002, comprenant en parallèle l'étude de la distribution spatiale du NO<sub>2</sub> en deux périodes d'échantillonnage de 15 jours et des mesures en continu par moyens mobiles. Les conditions météorologiques rencontrées en période hivernale concourent à une augmentation plus rapide de la concentration des polluants primaires au niveau du sol. C'est donc une période intéressante pour observer les situations les plus défavorables de pollution d'origine automobile.
- ◆ La continuité des mesures place Jean Moulin, devant l'office du tourisme de Saint-Etienne, afin de bénéficier d'une période de mesure plus grande de 17 semaines et de comparer l'hiver 2002-2003 à ceux de la période 1993-1998.

Le planning d'échantillonnage est le suivant :

Semaines	Novembre 2002					Décembre 2002				Janvier 2003					Février 2003			
	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mesures place Jean Moulin																		
Mesures place Fourneyron																		
Mesures par tubes passifs NO <sub>2</sub>																		

## 2. BILAN DE LA CAMPAGNE DE MESURE

Cette première partie concerne l'analyse de l'étude initiale menée du 4 novembre au 10 décembre 2002. Elle présente les résultats des mesures obtenues par échantillonnage passif et par les moyens mobiles.

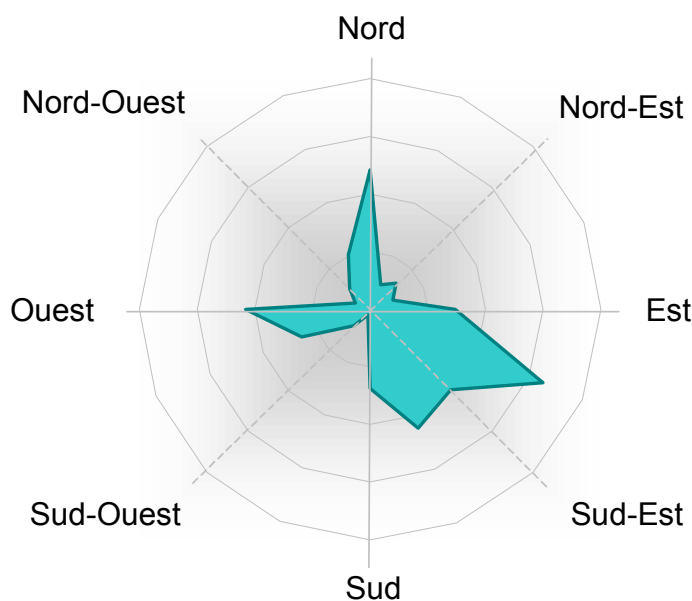
### A - Conditions météorologiques

Données générales du 4 novembre au 10 décembre

	T° moyenne	T° maxi	T° mini	Vent Moyen	Précipitations (mm)
Mois de novembre	8,0	16,1	1,5	3.4	173,9
1 <sup>ère</sup> décade de décembre	2,7	9,1	0,1	2.9	28,4

"Données météorologiques de la station Saint-Etienne Grand Clos  
mises à disposition par Météo-France"

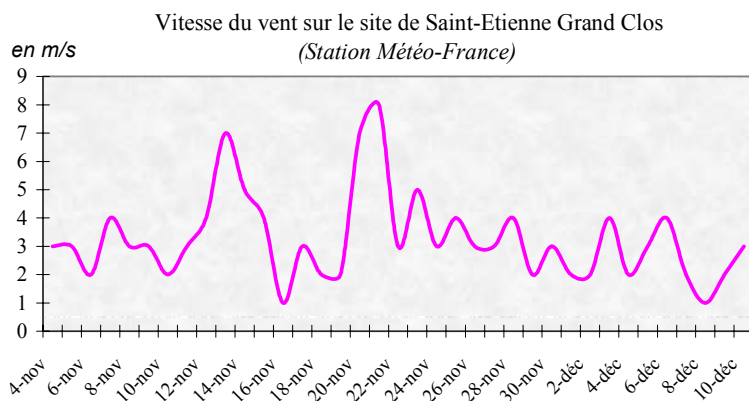
Rose des vents



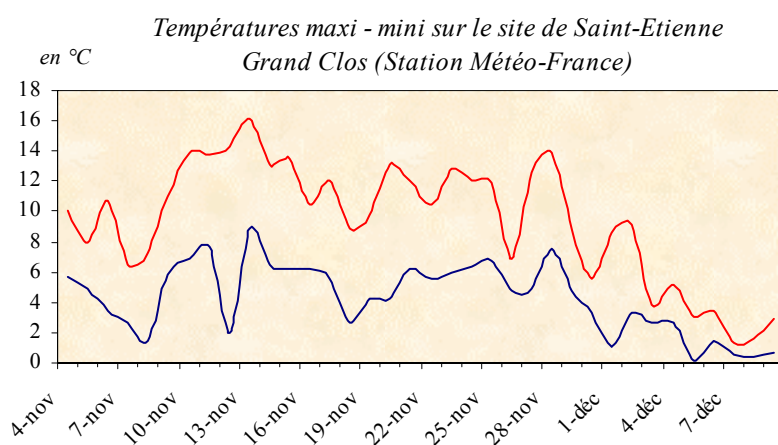
On distingue trois secteurs de vent principaux sur le site de Saint-Etienne :

- un flux d'ouest début novembre, associé à plusieurs journées pluvieuses,
- un vent de sud/sud-est, modéré à faible, omniprésent en novembre.
- un vent de secteur nord modéré lors de la première décade de décembre,

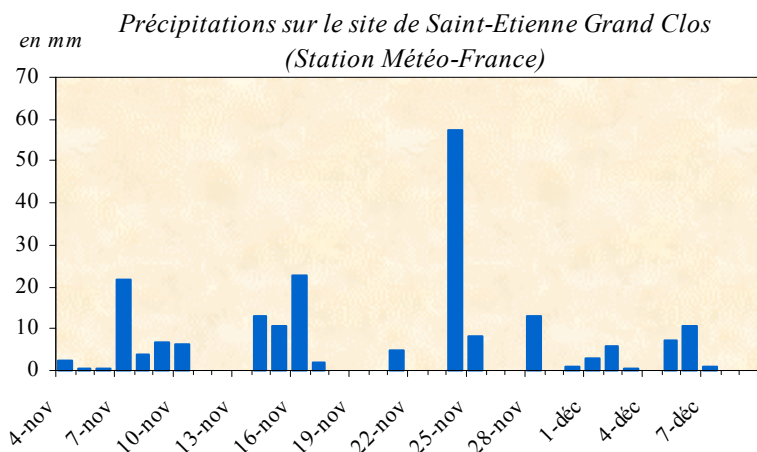




Après des journées de vent modéré à fort en novembre (supérieur à 4 m/s), le temps est devenu plus stable à partir du 25 novembre.



Les températures sont supérieures de 2°C aux normales saisonnières pour le mois de novembre avec des températures maxi importantes et sans l'apparition habituelle de gelées matinales en cette saison. En décembre, les températures chutent avec de faibles variations journalières.



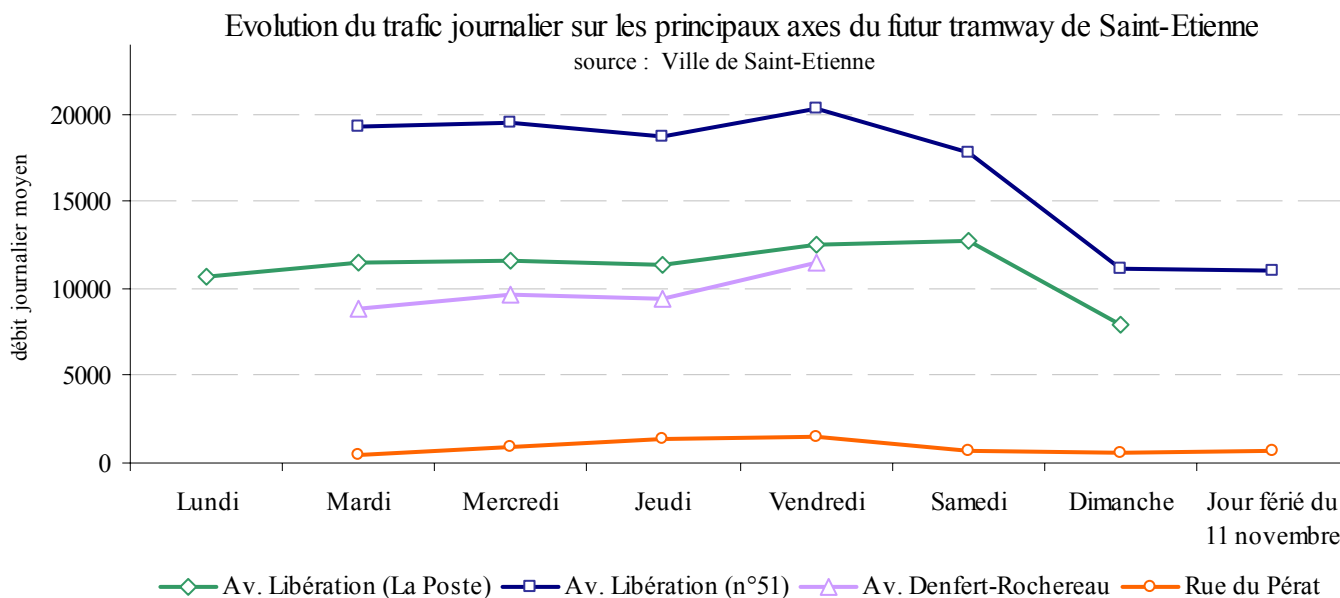
Enfin, les précipitations exceptionnelles de novembre sont 3 fois plus fortes que la normale.

Le début du mois de décembre demeure encore pluvieux, mais la hauteur des précipitations est moindre.

Ces conditions météorologiques sont favorables à la dispersion des polluants atmosphériques sous l'effet du vent ou à leur lessivage par l'eau de pluie, notamment durant le mois de novembre. Ce temps doux et pluvieux n'a pas été propice à une accumulation importante des polluants atmosphériques à l'inverse des deux dernières semaines de décembre, plus favorables suite au retour de conditions hivernales.

## B - Comptages routiers

A partir de comptages routiers réalisés par la ville de Saint-Etienne du 4 au 20 novembre 2002, il est possible de visualiser l'intensité de la circulation automobile sur les principales voies concernées entre place du Peuple et la Gare Chateaucieux.



D'après ces comptages, la voie la plus circulée est l'avenue de la Libération entre la place Fourneyron et place Jean Moulin avec 16 824 véhicules par jour en moyenne. La circulation au niveau de la station mobile placée devant l'office du tourisme place Jean Moulin est moindre avec 13 175 véhicules par jour en moyenne.

Au niveau du secteur de Châteaucieux, notamment rue du Pérat et rue Bérard, la circulation est réduite, de l'ordre de 863 véhicules par jour. Ces rues sont utilisées essentiellement pour le stationnement des usagers de la SNCF ou des entreprises environnantes.

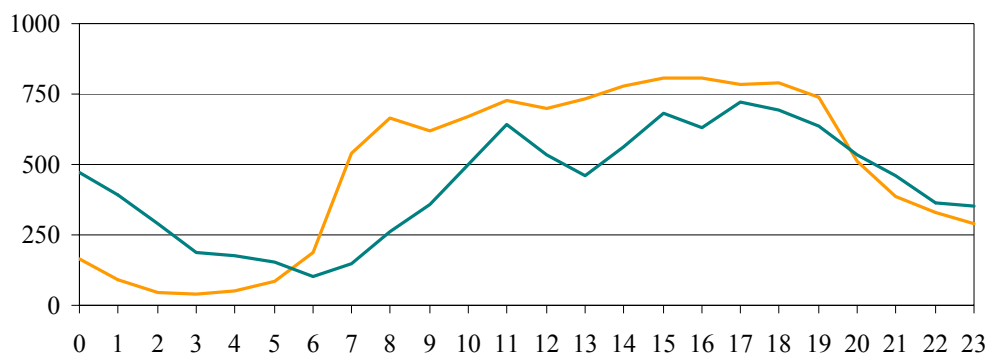
La répartition des flux de circulation au cours de la semaine confirme les résultats de l'enquête ménage 2001<sup>3</sup> sur les déplacements dans la région stéphanoise où le vendredi est le jour de la semaine le plus circulé : le nombre moyen de déplacements pour une personne ce jour là est estimé à 4.

D'après cette étude, un déplacement sur 3 dans l'agglomération stéphanoise s'effectue entre le domicile et le lieu de travail, pour 43% des stéphanois à l'aide de leur voiture particulière, 15 % par les transports en commun et 40 % à pied.

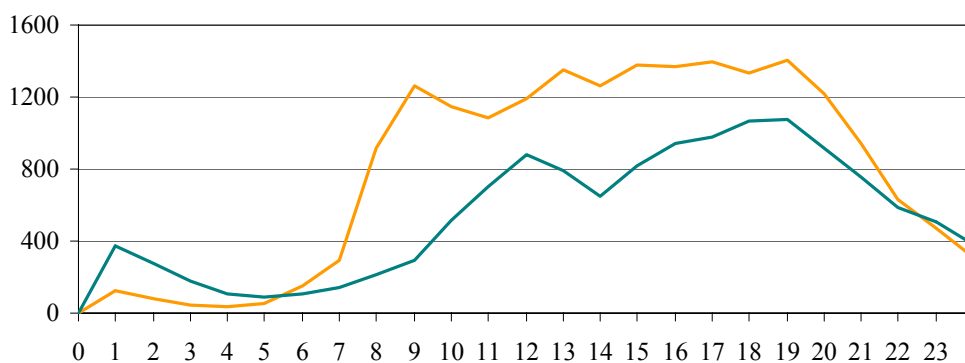
De ce fait, les week-end et les jours fériés sont moins circulés que les jours de semaine. Comme on peut l'observer sur les graphiques de la page suivante, l'écart est notable entre les deux périodes, de l'ordre de 47% rue du Pérat à 11% avenue de la Libération devant La Poste. Pour cette dernière, située à proximité du centre ville et des commerces, on constate un trafic très important le samedi induit par des déplacements pour les achats ou les loisirs.

<sup>3</sup> Enquête Ménages – Déplacements 2001 de la région stéphanoise (83 communes), Saint-Etienne Métropole maître d'ouvrage et l'INSEE maître d'œuvre.

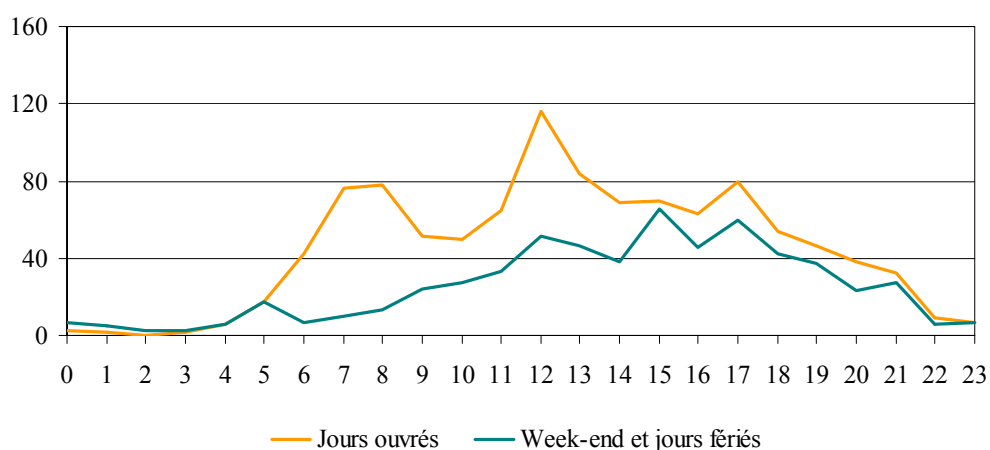
**Comptage routier Avenue de la Libération (hauteur la Poste) du 13 au 19 novembre 2002**  
profil des débits horaires moyens par type de jour (source : Ville de Saint-Etienne)



**Comptage routier Avenue de la Libération (hauteur n° 51) du 5 au 11 novembre 2002**  
profil des débits horaires moyens par type de jour



**Comptage routier rue du Pérat du 5 au 11 novembre 2002**  
profil des débits horaires moyens par type de jour



Le profil journalier en semaine présente pour ces trois sites une période de pointe matinale de 7 à 9 heures et une période de pointe en soirée plus étalée dans le temps de 16 à 19 heures mais avec des taux de circulation maximaux.

L'origine de la circulation étant différente rue du Pérat (zone de stationnement pour les usagers SNCF ou entreprise locale) on observe une fréquentation matinale plus forte dès 6 heures et un pic marqué aux heures du repas de midi.

## C - Répartition spatiale du NO<sub>2</sub>

### a - Validation des résultats

La technique de l'échantillonnage passif, au contraire des analyseurs de référence, est sensible aux variations climatiques, notamment à la température, l'humidité relative et au vent. Selon les conditions météorologiques, la diffusion naturelle de l'air dans le tube (basé sur la loi de Fick) et le réactif chimique peuvent subir des modifications.

Afin de pallier à ce problème, les résultats obtenus à partir des échantillonneurs passifs sont validés selon plusieurs critères :

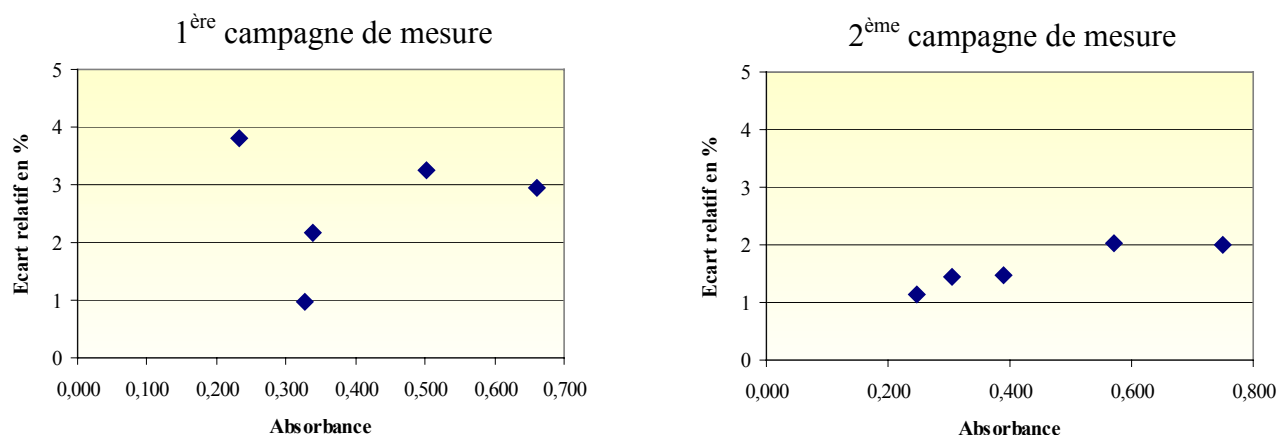
- ◆ La répétabilité des tubes
- ◆ La qualité des blancs (tubes non exposés sur le terrain)
- ◆ La comparaison avec les analyseurs automatiques

#### Estimation de la répétabilité

La répétabilité consiste à calculer l'écart de concentration entre plusieurs tubes placés sur un même site afin de s'assurer de la précision de la mesure. Pour cela, des multiplets de 3 tubes ont été placés dans des conditions opératoires similaires sur 5 sites : même boîte de protection, pose en même temps.

La société PASSAM AG garantit une précision de 7 % en moyenne pour ce polluant. Elle est estimée à l'aide du calcul de l'écart-type relatif :

$$ER = (\text{écart-type du multiplet} / \text{moyenne des absorbances}) * 100$$



Avec un écart relatif compris entre 1 et 4 %, la répétabilité des multiplets de NO<sub>2</sub> est bonne. La deuxième campagne de mesure, plus élevée en absorbance présente des écarts maxi de 2%.

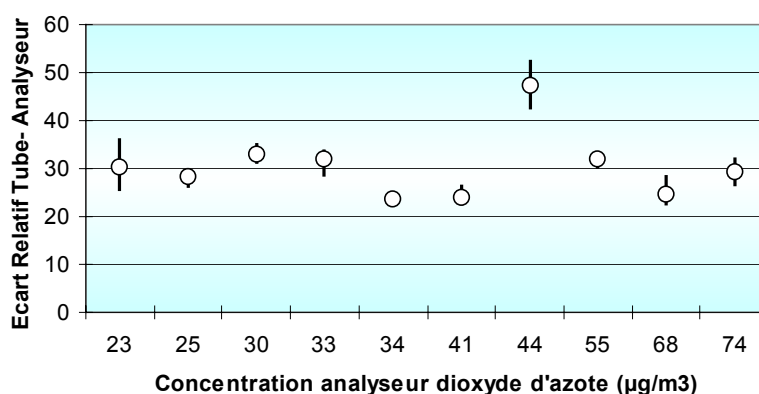
### Qualité des blancs

L'analyse de tubes non exposés permet d'appréhender d'éventuelles pollutions des tubes au cours de leur transport ou bien lors de leur fabrication. L'absorbance de 0,07 relevée sur les blancs des deux campagnes valide la bonne qualité de ces tubes.

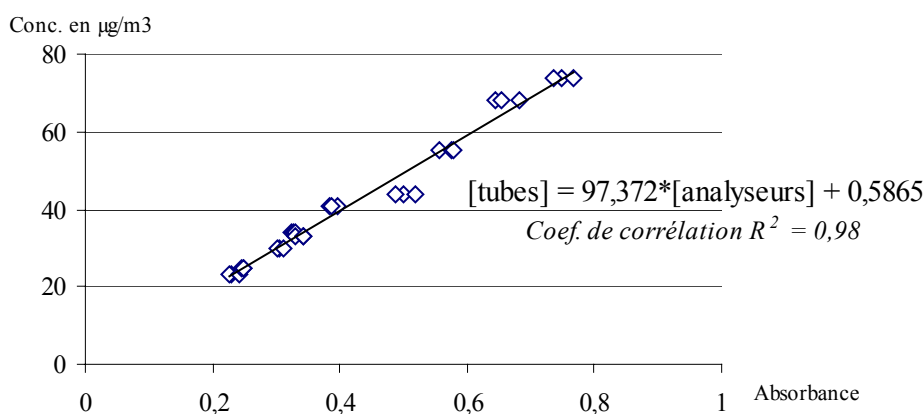
Cette valeur est ensuite soustraite à l'absorbance de l'ensemble des tubes avant la comparaison avec les analyseurs.

### Comparaison tubes-analyseurs

D'après les concentrations fournies par le laboratoire PASSAM AG, calculées à partir d'un facteur de conversion constant, les tubes NO<sub>2</sub> surestiment les mesures de référence d'environ 30 %. Ce biais systématique entre les deux techniques s'explique essentiellement par l'absence de la prise en compte des conditions météorologiques dans le facteur de conversion.



Afin de contourner ce biais, il suffit de définir une relation de correspondance entre l'absorbance des multiplets et la concentration mesurée par les analyseurs.



Afin d'analyser les résultats définitifs de cette campagne, les valeurs d'absorbance ont été corrigées par le facteur correctif défini ci-dessus par l'équation de régression linéaire.

## Résultats des mesures de NO<sub>2</sub> échantillonnés par tube passif

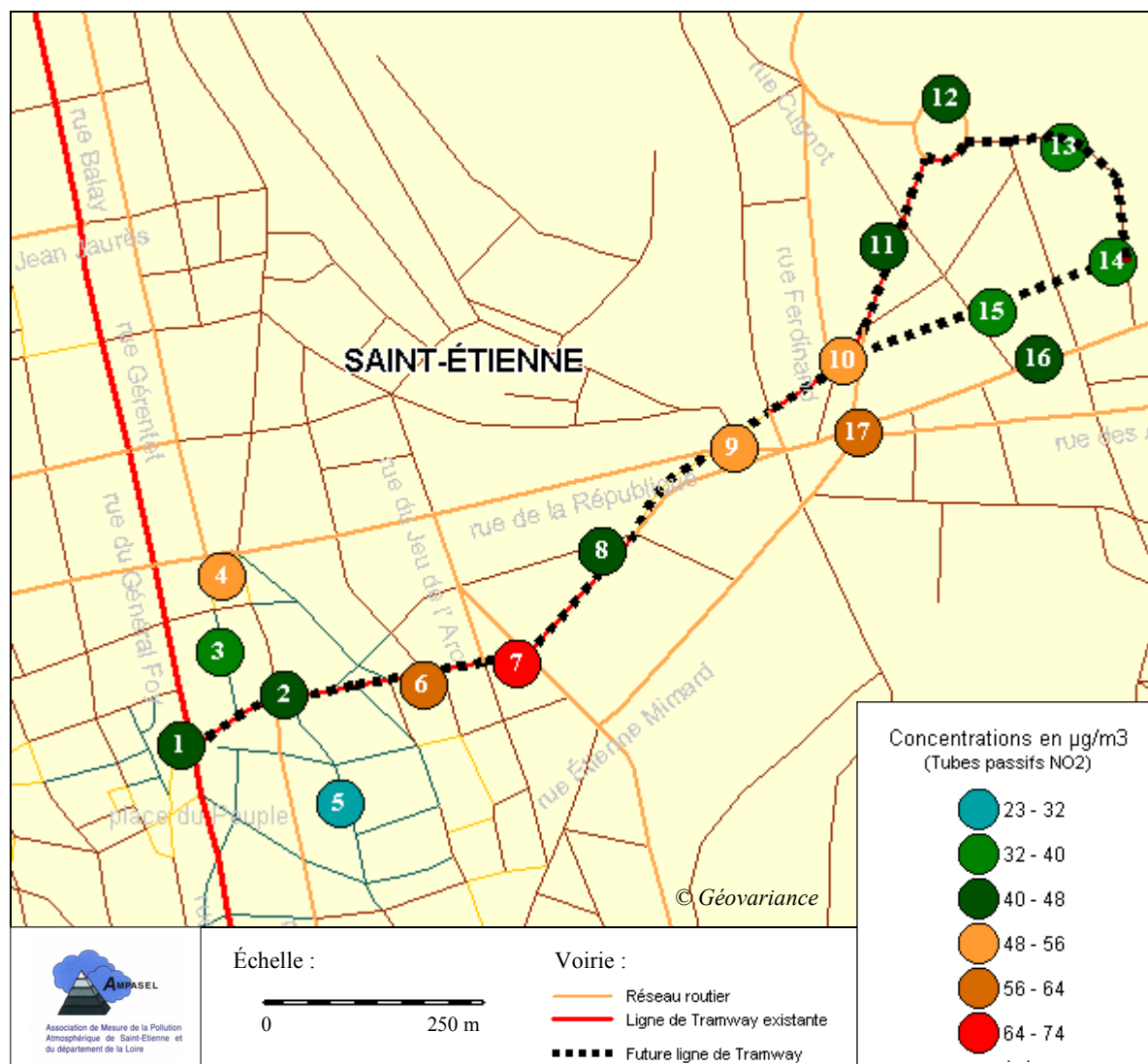
Référence du site	Nom du site	concentration par campagne		moyenne
		4 au 18 nov.	18 au 2 déc.	
TCSP 01	Place du Peuple	41	41	41
TCSP 02	Av. Libération	46	46	46
TCSP 03	Rue Alsace-Lorraine	36	-	36
TCSP 04	Place Dorian	51	58	55
TCSP 05	Rue Marthys de Vingré	32	31	32
TCSP 06	Av. Libération-La Poste	56	64	60
TCSP 08	Av. Libération - D.D.E.	44	46	45
TCSP 10	Av. Denfert Rochereau -HERTZ	46	54	50
TCSP 11	Av. Denfert Rochereau	42	46	44
TCSP 12	Place Gare SNCF	38	44	41
TCSP 13	Rue du Pérat	34	37	36
TCSP 14	Rue Bérard	31	33	32
TCSP 15	Rue Bérard - Casino	31	36	34
TCSP 16	Rue de la Montat	44	42	43
TCSP 17	Carrefour Montat-BUC	61	65	63
TCSP 07	Place Jean Moulin	65	74	69
TCSP 09	Place Fourneyron	49	56	53
TCSP 18	Station St-Etienne Coubertin	32	38	35
TCSP 19	Station St-Etienne Place Préher	23	25	24
TCSP 20	Station St-Etienne Rond-Point	33	30	32

Lors de la seconde campagne de mesure, le tube n°3 a été perdu au dépens des décorations de Noël sur le poteau d'éclairage public.

### b - Représentation spatiale

L'analyse statistique des mesures est réalisée à partir du logiciel de cartographie MapInfo 6.5. La représentation des résultats de NO<sub>2</sub> par campagne de mesure est accessible à l'Annexe 3.

## Répartition mensuelle des concentrations en dioxyde d'azote du 4 novembre au 2 décembre 2002



Au cours des deux séries de mesure, les concentrations moyennes de  $\text{NO}_2$  ont varié de 31 à  $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

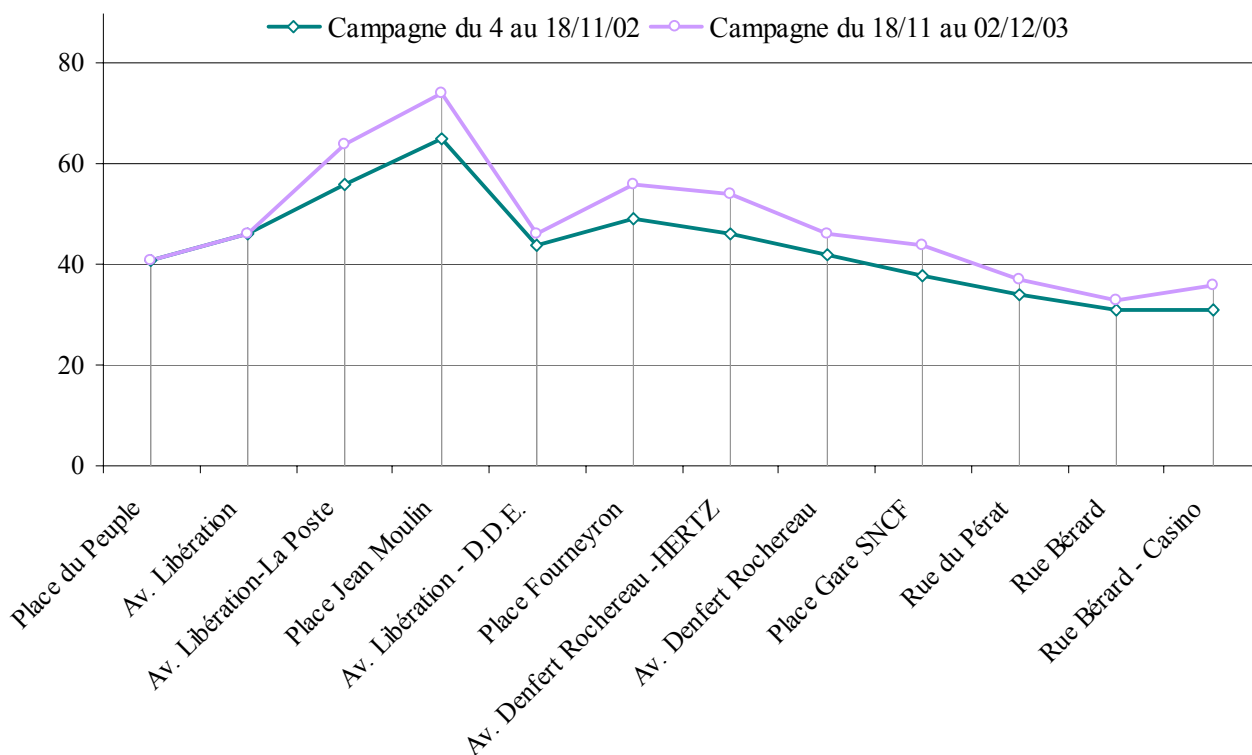
Le long de ce tracé, deux secteurs semblent être plus exposés à ce polluant : de la place Jean Moulin à l'avenue de la Libération (devant la poste) où les teneurs moyennes sont supérieures à  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et entre la place Fourneyron, le haut de l'avenue Denfert-Rochereau et le boulevard urbain avec des niveaux de  $50$  à  $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A des concentrations moindres, ne dépassant pas  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , on distingue deux secteurs relativement homogènes, au niveau du quartier Châteaureux (6 sites) et de la place du Peuple (3 sites).

Les mesures effectuées dans les rues piétonnes, situées à moins de 250 mètres de l'axe principal mettent bien en évidence l'influence limitée de ce polluant dans l'espace, qui diminue très rapidement dès lors qu'il n'y a plus de source de pollution immédiate.

## Transects de pollution

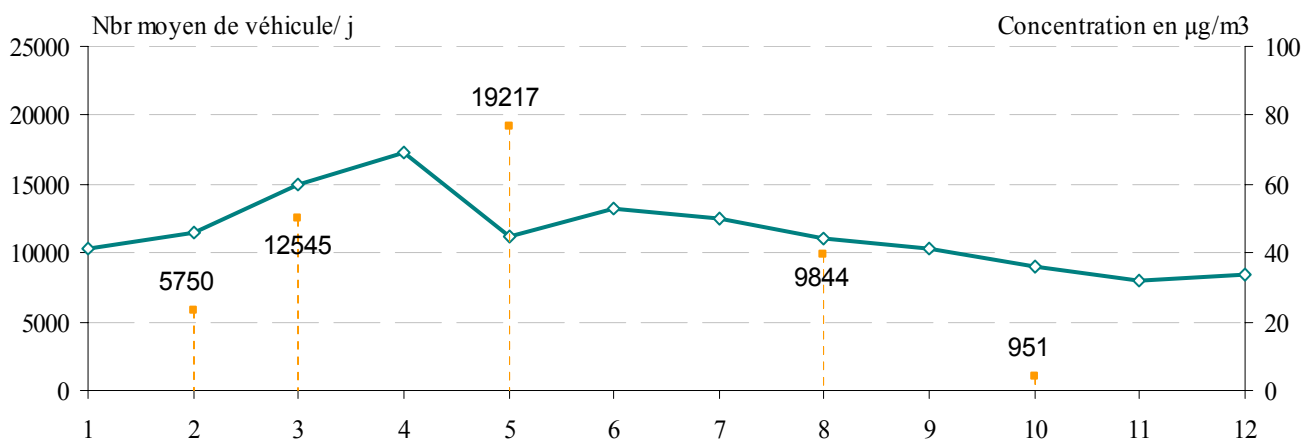
Répartition du NO<sub>2</sub> le long du futur axe de tramway  
entre place du peuple et chateaucieux



Cette représentation graphique reproduit le parcours du tramway de la place du peuple à la gare Châteaucieux en revenant par la rue Bérard. Elle ne tient pas compte des distances entre chaque rue car on estime que les valeurs de NO<sub>2</sub> sont représentatives de chaque tronçon de route.

Au cours de cette étude, les teneurs de NO<sub>2</sub> suivent une distribution similaire entre les différents sites mais avec des concentrations plus élevées lors de la deuxième campagne, de l'ordre de 10%, en raison de conditions météorologiques plus défavorables à partir du 25 novembre.

### Comparaison de la répartition du NO<sub>2</sub> au débit moyen journalier du trafic routier le long de ce même tracé.





Le trafic routier ainsi que la typologie des rues jouent un rôle prédominant sur ces mesures. C'est le cas sur l'avenue de la Libération et la place Jean Moulin où la circulation sur 4 voies est ralentie par 3 feux tricolores successifs qui contribuent par des phases régulières de freinage puis d'accélération à des rejets supplémentaires par les moteurs.

Dès que la vitesse de circulation augmente légèrement ou bien que le trafic devient plus fluide, les teneurs de dioxyde d'azote chutent comme le montre le site n° 8 avenue de la Libération malgré la plus grande proportion de circulation par rapport aux autres sites.

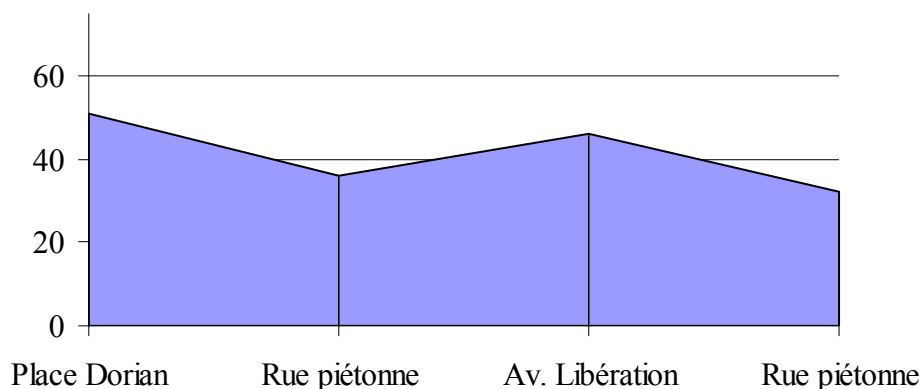
### Étude de la dispersion du NO<sub>2</sub>

La pose de tubes dans deux rues piétonnes, perpendiculaires à l'avenue de la Libération, nous a permis d'estimer le taux de dispersion dans l'espace de ce polluant lorsqu'on s'éloigne des sources d'émission.

	Site 4 Place Dorian	Site 3 Rue piétonne	Site 2 Av. Libération	Site 5 Rue piétonne
Campagne 1	51	36	46	32
Campagne 2	58	-	46	31

En l'absence de résultat sur le site n°3 lors de la deuxième campagne, nous ne pouvons représenter que le transect de la première série.

Profil du NO<sub>2</sub> entre place Dorian et rue Marthyrs de Vingré



Malgré un éloignement relativement faible de l'avenue de la Libération, de l'ordre de 150 à 250 mètres, on observe une forte décroissance du NO<sub>2</sub> dans les sites non circulés par les véhicules, estimés à 22% rue Alsace-Lorraine et à 30 % rue Marthyrs de Vingré. Cette réduction n'est pas équilibrée de part et d'autre de la voie car la rue piétonne Alsace-Lorraine est aussi influencée à son autre extrémité par les émissions provenant de la place Dorian.

Les teneurs observées sur ces sites sont d'ailleurs proches de celles de la rue Bérard, où circulent des voitures à faible allure en recherche de stationnement. Cette rue est donc aussi soumise aux rejets de dioxyde d'azote provenant des voies périphériques.

La station de mesure fixe "Saint-Etienne sud ", place Préher, présente des teneurs en dioxyde d'azote les plus faibles de cette campagne. Éloignée de toute source de pollution automobile, ses valeurs représentent le niveau de fond de l'agglomération après leur dispersion dans l'atmosphère.

Cela signifie que l'ensemble des valeurs obtenues le long de ce parcours sont représentatives du niveau de pollution effectif sur le trottoir et en aucun cas extrapolables aux rues et aux quartiers environnants.

Sur les deux sites de ce tracé présentant des concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> les plus élevées, nous avons disposé en parallèle des analyseurs automatiques afin de nous permettre d'analyser plus précisément les variations temporelles de cette pollution automobile.

## D - Niveaux des polluants atmosphériques mesurés

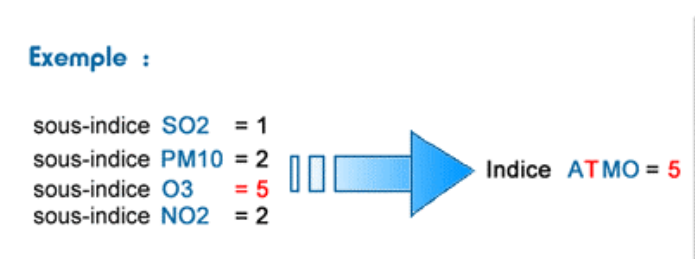
### a - Indice ATMO de Saint-Etienne

L'indice ATMO est un indicateur de la qualité de l'air conçu pour disposer d'une information synthétique sur la pollution atmosphérique dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants. Il est diffusé quotidiennement au public par la presse écrite, télévisée et via internet.

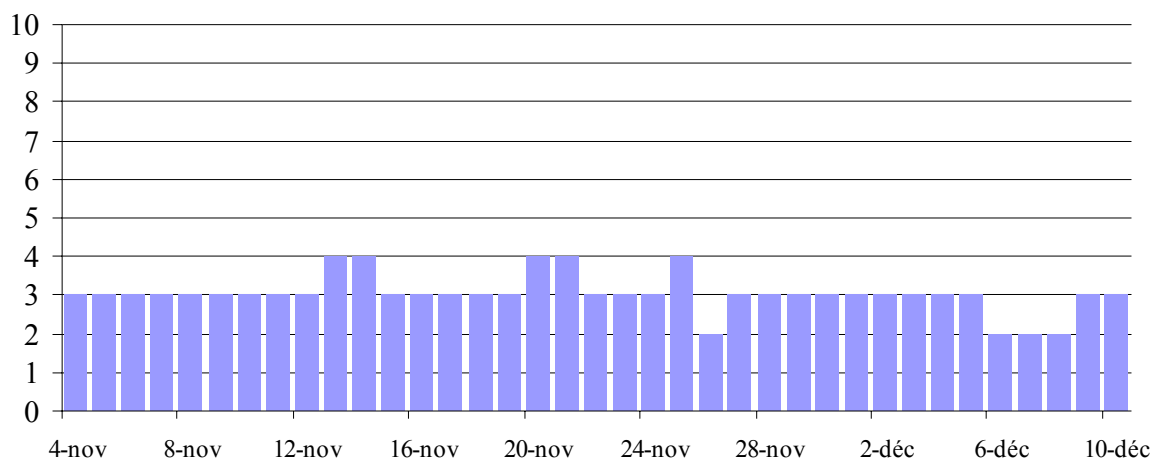
Cet indice ATMO est calculé depuis 1997 sur l'agglomération stéphanoise à partir de 4 stations automatiques représentatives de la pollution atmosphérique urbaine de fond ressentie par la majorité de ses habitants. Il est calculé sur une journée (de 0 h à 24 h).

Quatre polluants sont utilisés pour construire l'indice ATMO : le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>) et les particules en suspension (PM<sub>10</sub>) ; ces espèces chimiques sont considérées comme les principaux polluants typiques des phénomènes de pollution atmosphérique en zone urbaine.

Pour chacun de ces polluants, un sous-indice est déterminé à partir d'une échelle de référence qui fait correspondre une valeur de 1 à 10 selon la gamme de concentration mesurée. L'indice final est le sous-indice qui est le plus grand.

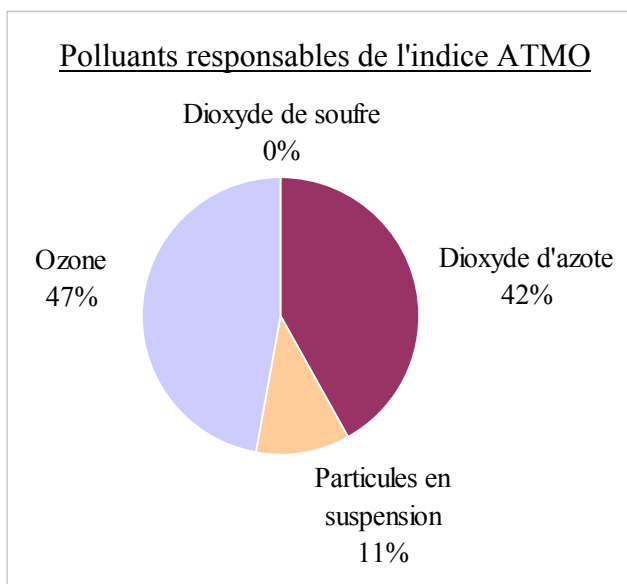


### Indice ATMO de l'agglomération stéphanoise du 4 novembre au 10 décembre 2002



Qualifié de bon (indice 3 et 4) à très bon (indice 2) sur l'ensemble de l'étude, cet indicateur témoigne des bonnes conditions météorologiques qui ont favorisé la dispersion des polluants atmosphériques.

La pollution de fond urbaine a été dominée la moitié du temps par le dioxyde d'azote et les particules en suspension, responsables à 50% des indices les plus élevés.



#### b - Oxydes d'azote

Référence aux normes réglementaires en 2002 (selon décret n°2002-213 du 15 février 2002)

Période du 4 novembre au 10 décembre 2002

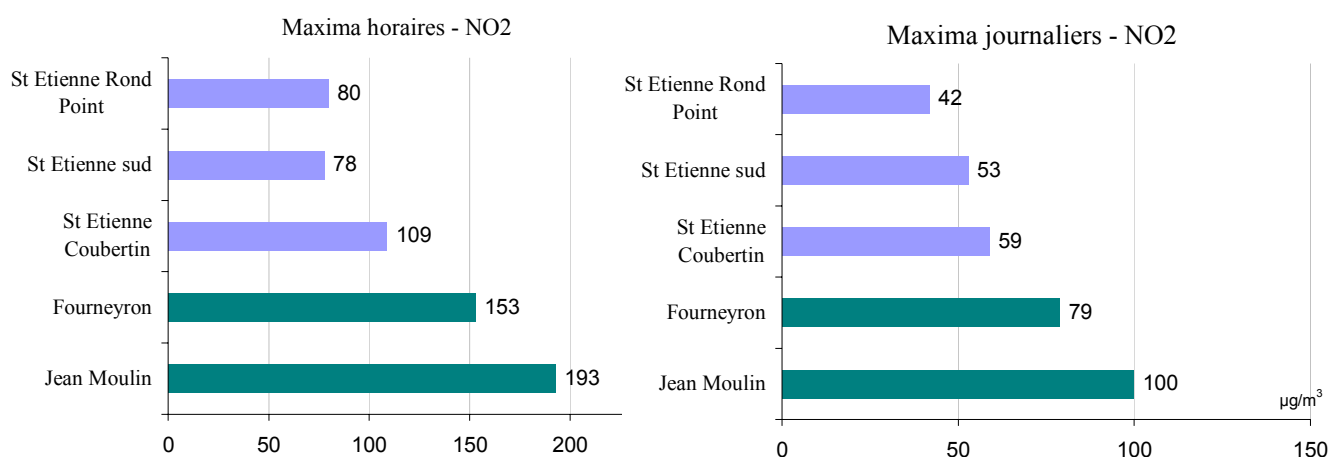
NO <sub>2</sub>	Seuils (µg/m <sup>3</sup> )	Période de référence	Jean Moulin	Fourneyron	Dépassements
Objectif de qualité	<b>40</b>	Moyenne annuelle	-	-	-
Valeur limite	<b>200</b>	Valeur horaire à ne pas dépasser plus de 175 heures par an	Aucun dépassement	Aucun dépassement	
Seuil de recommandation	<b>200</b>	Moyenne horaire	<b>193 µg/m<sup>3</sup></b> Maxi. horaire	<b>153 µg/m<sup>3</sup></b> Maxi. horaire	Aucun dépassement
Seuil d'alerte	<b>400</b>	Moyenne horaire	<b>193 µg/m<sup>3</sup></b> Maxi. horaire	<b>153 µg/m<sup>3</sup></b> Maxi. horaire	Aucun dépassement

Au cours de cette période, il n'a pas été relevé de dépassement des seuils réglementaires pour le NO<sub>2</sub> sur les sites de Saint-Etienne ainsi que sur les autres stations de mesure de l'agglomération (cf. Annexe 4).

A noter que l'objectif de qualité du NO<sub>2</sub>, fixé sur une concentration moyenne annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup>, n'a pu être calculé en raison de la période de mesure trop courte de cette étude (5 semaines). De même, les valeurs correspondant aux valeurs limites sont présentées à titre indicatif mais ne peuvent être utilisées comme valeurs de références.

### Comparaison des maxima horaires et journaliers

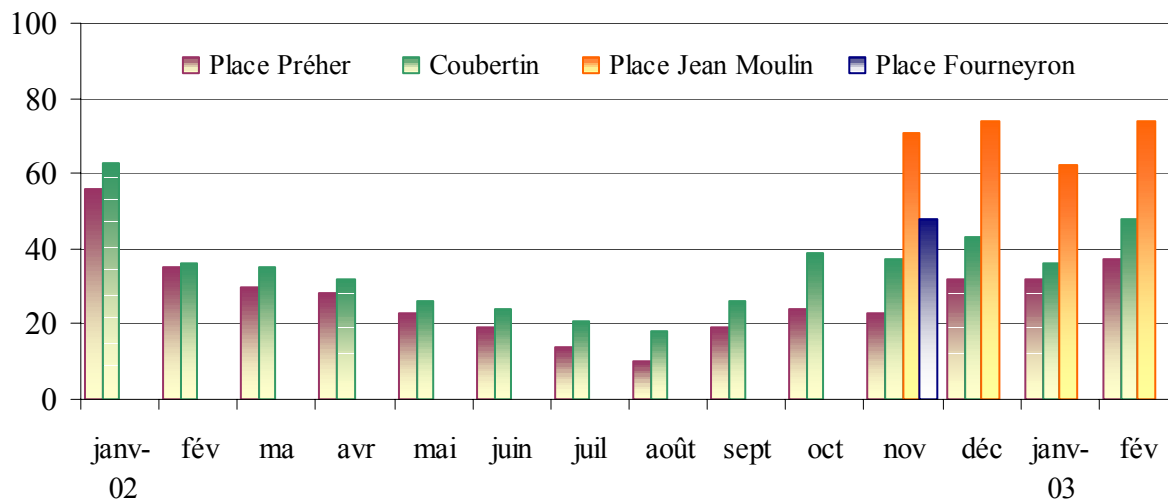
En situation de pollution ponctuelle, la place Jean Moulin présente des concentrations nettement plus importantes que les autres sites de mesure comme le montrent ces graphiques.



La station trafic du Rond Point, située le long de la RN 88, totalisant plus de 70 000 véhicules/jour, présente logiquement les concentrations en monoxyde d'azote les plus élevées tandis que les concentrations en dioxyde d'azote sont les plus basses. En fait, le NO<sub>2</sub> formé par oxydation à partir des émissions locales de NO, n'a pas le temps de se transformer sur place en raison des forts mouvements d'air induits par la vitesse élevée des véhicules sur cet axe, supérieure à 50 km/h en moyenne.

Au contraire, en centre ville, malgré un trafic moins important, la densité du bâti, la forte congestion de certaines voies (vitesse moindre, régimes moteurs plus polluants) et la multiplicité des rues circulées induisent un niveau de fond constant auquel viennent s'ajouter les émissions locales.

### Évolution mensuelle du NO<sub>2</sub> à Saint-Etienne en 2002



Les concentrations mensuelles de NO<sub>2</sub> à l'air ambiant varient du simple au triple en fonction des saisons. Les niveaux les plus élevés apparaissent toujours en période hivernale (octobre à février) pour tendre ensuite vers des valeurs plus faibles en été (juillet-août). La période d'étude de novembre-décembre correspond parfaitement aux conditions les plus défavorables.

En comparaison avec l'hiver 2001-2002, les niveaux de dioxyde d'azote sont faibles pour la saison. Pourtant, la place Jean Moulin demeure à cause de sa proximité au trafic automobile entre 40 et 50% au-dessus des autres sites surveillés. Ce constat est similaire place Fourneyron, au mois de novembre, avec une surestimation de 25%.

### RAPPORT NO/NO<sub>2</sub>

Ce rapport annuel permet de qualifier l'influence directe du trafic automobile sur un site donné. Si ce rapport est :

- ♦ Supérieur à 2, c'est un site trafic
- ♦ Inférieur à 1.5, c'est un site urbain ou périurbain

	Typologie station	NO/NO <sub>2</sub> * en ppb	NO/NO <sub>2</sub> en 2002
<b>Jean Moulin</b>	<b>Trafic</b>	<b>2,1</b>	-
<b>Fourneyron</b>	<b>Trafic</b>	<b>1,7</b>	-
Rond Point	Trafic	1,7	1,6
Saint-Etienne Coubertin	Périurbaine	1,4	1,4
Saint-Etienne Sud	Urbaine	0,6	0,5

(\* rapport calculé sur la période de mesure)

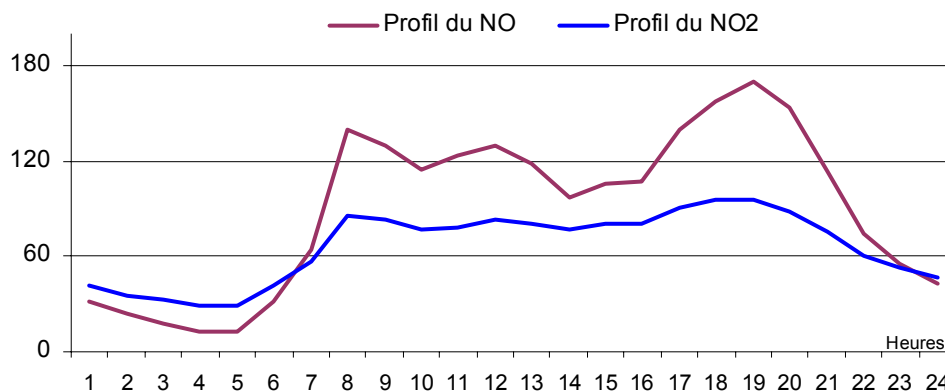
Ce rapport confirme l'influence majeure du trafic routier sur le site de Jean Moulin ainsi que place Fourneyron, similaire à la station « trafic » du Rond-Point.

Le rapport moyen de 1,4 à Saint-Etienne Coubertin témoigne des rejets de l'autoroute A47 sur ce site pourtant situé à plus de 500 mètres de cet axe.

Bien que calculé sur 5 semaines, les rapports NO/NO<sub>2</sub> obtenus sur cette période sont très proches de ceux d'une année entière pour les sites fixes. Il est alors probable que les rapports des 2 sites ponctuels donnent eux aussi une estimation proche d'une année complète.

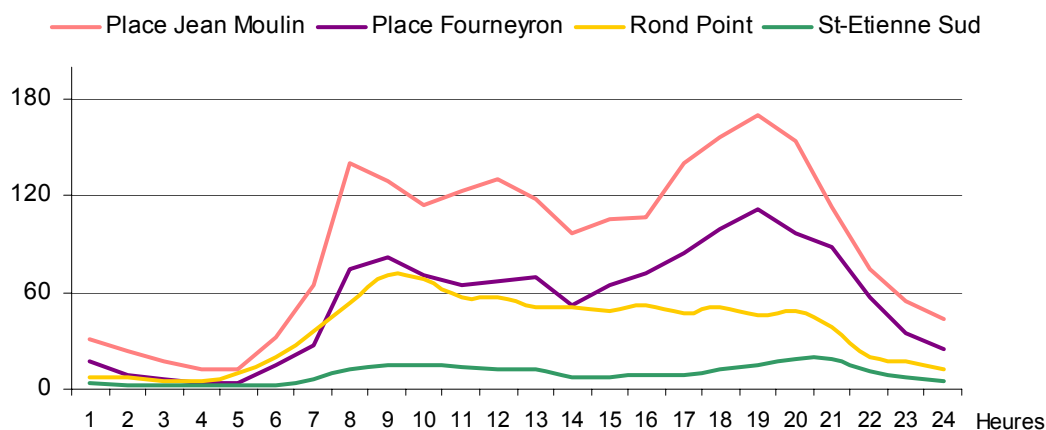
### Profils journaliers

Ce graphique reproduit l'évolution moyenne des oxydes d'azote au cours d'une journée type place Jean Moulin



Le profil du monoxyde d'azote présente une augmentation rapide et importante le matin entre 7 et 9 heures et une hausse progressive le soir à partir de 17 heures. Le profil du dioxyde d'azote est similaire mais avec des variations de concentration plus atténuées.

Ces profils sont fortement corrélés aux heures de pointe de la circulation automobile de l'agglomération stéphanoise observés à la page 16. On retrouve exactement les mêmes variations temporelles place Fourneyron mais dans des proportions moindres en concentration.

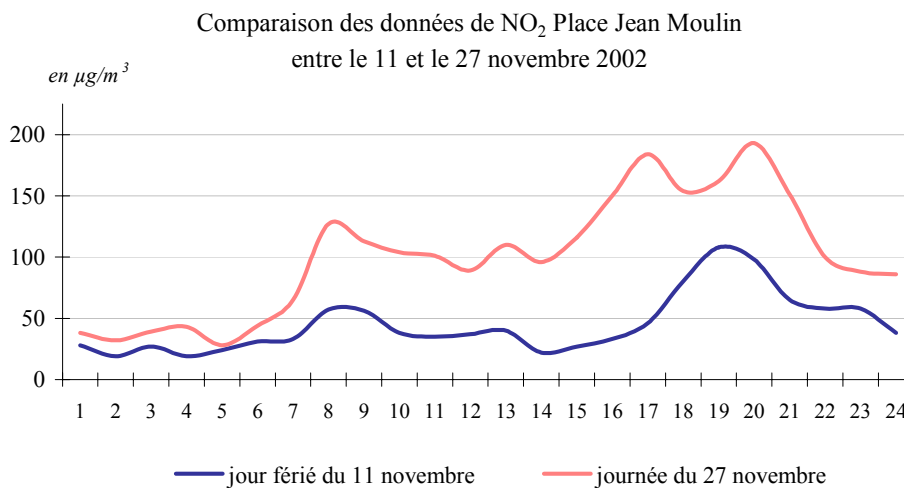
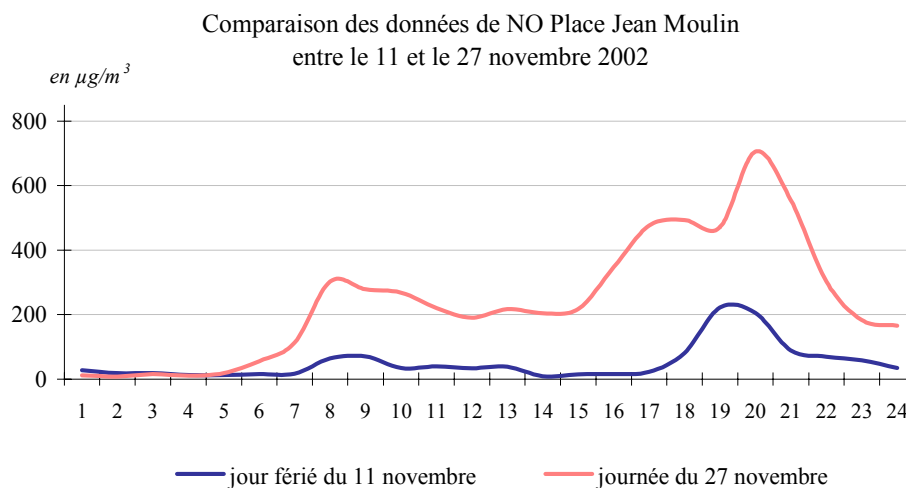


Les observations précédentes s'appliquent aussi au profil journalier des autres sites stéphanois excepté pour le site urbain de Saint-Etienne Sud où les variations journalières sont moins prononcées aux heures de pointes du fait de son éloignement aux sources de pollution automobile.

### Journée particulière

Afin de mieux appréhender l'impact de la pollution automobile sur ces sites, nous avons profité de la journée fériée du 11 novembre 2002 pour comparer l'évolution des oxydes d'azote dans deux situations opposées :

- ◆ Le 11 novembre, jour férié où la circulation est fortement réduite,
- ◆ Le 27 novembre, journée la plus polluée de la campagne de mesure.



A partir de l'heure de pointe du matin (7 heures), les oxydes d'azote lors d'une journée ordinaire, augmentent très rapidement par rapport à la journée du 11 novembre. L'écart entre ces deux journées pour le NO est de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le matin pour atteindre à l'heure de pointe du soir un taux de pollution 3 fois plus élevé.

Concernant le NO<sub>2</sub>, on retrouve un niveau de fond variant de  $20$  à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le 11 novembre malgré une circulation minimale. La part des émissions dues à la circulation automobile du 27 novembre induit une pollution maximale 2 à 3 fois supérieure qu'en situation « non polluée ».

## c - Monoxyde de carbone

### Référence aux normes réglementaires en 2002

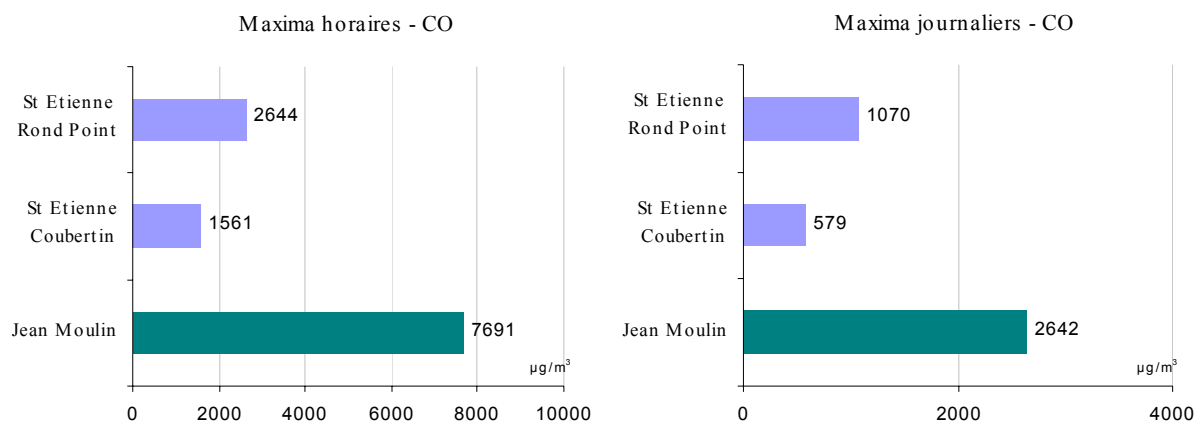
(selon décret n°2002-213 du 15 février 2002)

Période du 4 novembre au 10 décembre 2002

CO	Seuils (µg/m <sup>3</sup> )	Période de référence	Jean Moulin	Dépassements
Valeur limite pour la protection de la santé	10 000	Moyenne glissante sur 8 heures	<b>4 911µg/m<sup>3</sup></b>	aucun

Ce seuil n'a pas été dépassé ni sur la place Jean Moulin, ni sur les autres stations trafic de l'agglomération. Ces valeurs demeurent toutefois 3 fois plus importantes (Cf. Annexe 4).

### Comparaison des maxima horaires et journaliers

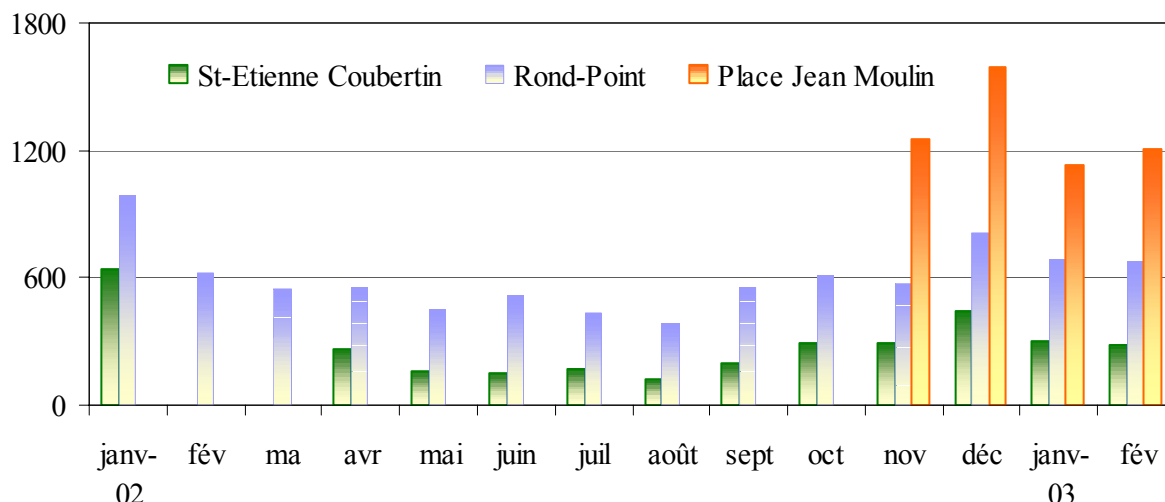


Les teneurs plus fortes de monoxyde de carbone place Jean Moulin s'expliquent par les faibles vitesses de circulation en milieu urbain, associées ponctuellement à un trafic congestionné, facteurs contribuant à des émissions supérieures de monoxyde de carbone. La distribution des composés organiques volatils suit le même principe.

### Évolution mensuelle du CO à Saint-Etienne en 2002

De même que pour les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone atteint des niveaux plus élevés en hiver. Une fois émis dans l'atmosphère, ce composé a la capacité de se disperser très rapidement et s'oxyder pour former du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). On retrouve des concentrations plus faibles à Saint-Etienne Coubertin du fait de l'éloignement de ce site aux principales sources d'émissions.

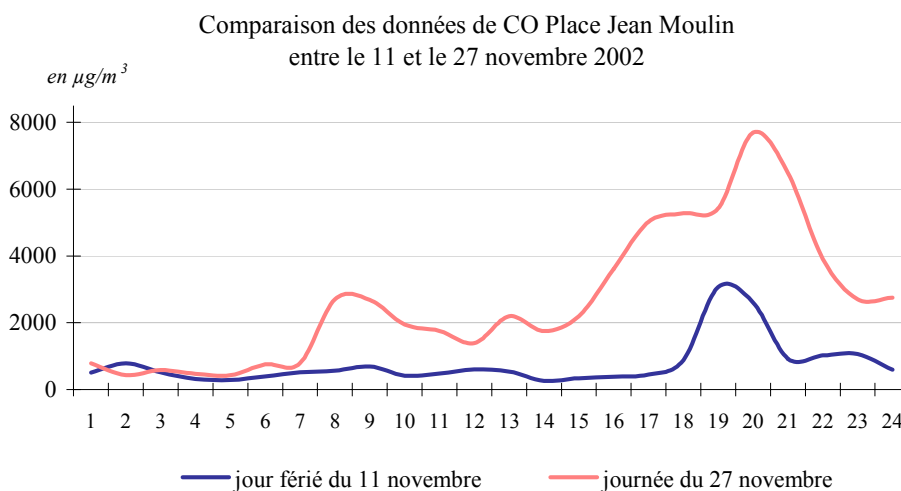




La proximité des voies de circulation et des feux de signalisation place Jean Moulin contribuent pleinement aux fortes valeurs mensuelles observées : 4 fois plus fortes que Coubertin et 2 fois plus élevées qu'au Rond-Point.

Or, au même titre que pour le dioxyde d'azote, les conditions particulières réunies sur ce site, ne permettent pas d'appliquer ces valeurs à l'ensemble du centre ville de Saint-Etienne.

### Journée particulière



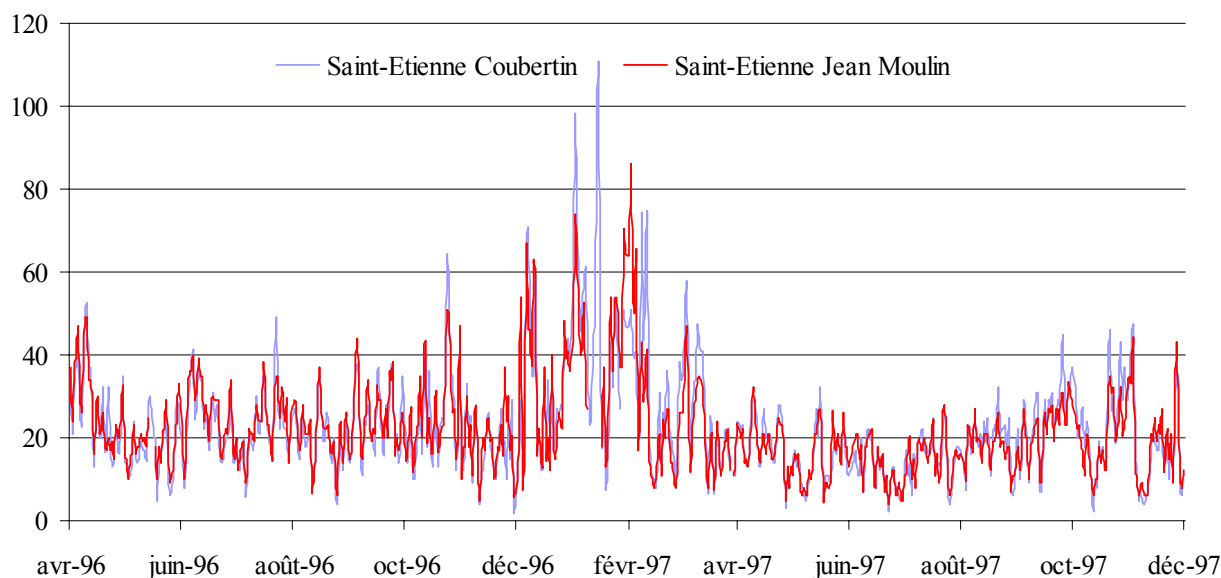
Bien que les conditions météorologiques soient différentes entre le 11 et le 27 novembre, les concentrations matinales avant 8 heures sont similaires. L'écart entre les deux journées se manifeste dès l'intensification du trafic routier lors de la journée du 27 novembre et s'accroît ensuite au fil de la journée.

C'est en soirée que la pollution issue des transports est la plus forte, susceptible d'atteindre des valeurs proches de 10 000 µg/m<sup>3</sup>, soit 4 à 5 fois plus qu'une journée « peu polluée ».

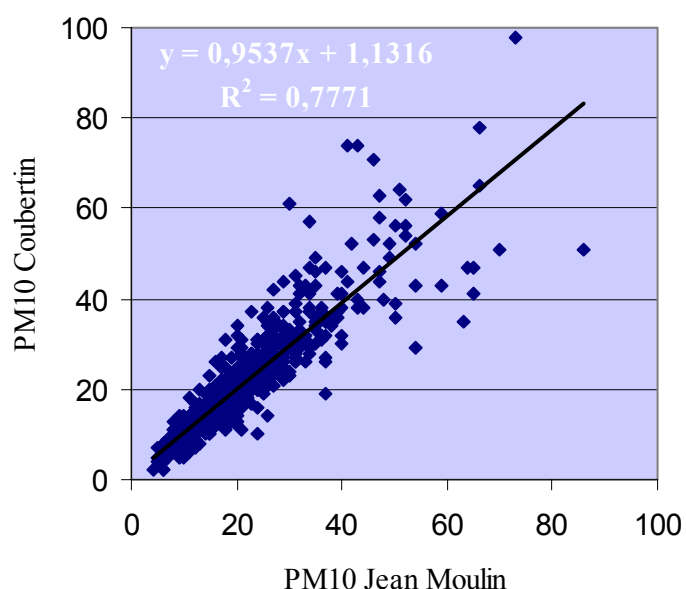
## d - Particules en suspension

Entre 1994 et 1998, les particules en suspension inférieures à 10 µm de diamètre (PM10) étaient mesurées en automatique place Jean Moulin par la technique des Jauges Bêta. Ce graphique représente l'évolution journalière de ces particules d'avril 1996 à novembre 1997 en comparaison avec le site de Saint-Etienne Coubertin.

**Evolution journalière des particules en suspension sur Saint-Etienne (1996/1997)**



Corrélation des particules en suspension mesurées sur les sites de Saint-Etienne Jean Moulin et Coubertin

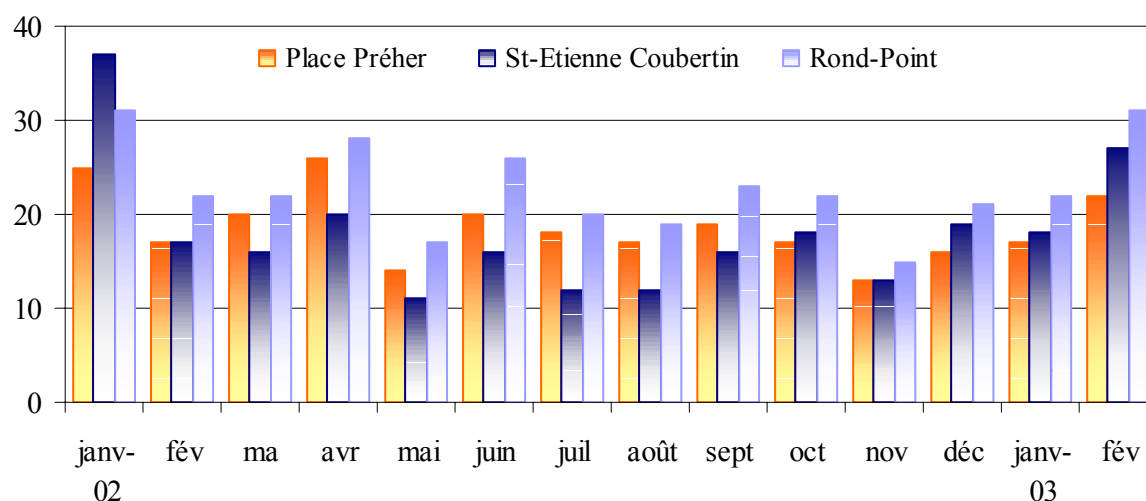


Les taux de particules entre les 2 sites sont proches en moyenne mais se différencient lorsque les concentrations augmentent avec une prédominance à Coubertin.

Pourtant à proximité de voiries fortement circulées comme l'avenue de la Libération (13 000 véh/jour), les sources de particules sont multiples : véhicules diesel, usure des pneumatiques et de la chaussée ainsi que de l'usure des pièces mécaniques.

Ces résultats montrent que les particules fines (PM10) semblent être davantage influencées par les variations du niveau de fond sur l'agglomération plutôt que de la proximité des sources automobiles.

### Évolution mensuelle des Particules à Saint-Etienne en 2002



Au contraire des polluants gazeux, le climat ne joue pas un rôle prédominant sur la variation temporelle des poussières. On peut les retrouver à de fortes concentrations aussi bien en hiver qu'en été. Néanmoins, en situation de stabilité thermique, des phénomènes d'accumulation des masses d'air peuvent accentuer leur concentration dans l'atmosphère.

Les concentrations de poussières les plus élevées sont généralement mesurées sur la station trafic du Rond-Point. Toutefois, des conditions météorologiques particulières peuvent occasionner une élévation ponctuelle des particules sur des sites urbains ou périurbains.

Or, pour une proportion de poussières équivalente entre un site urbain et un site trafic, leurs effets au niveau sanitaire sont susceptibles de varier en fonction de leur composition chimique plus ou moins nocive selon les sources d'émissions (hydrocarbures imbrûlés, métaux toxiques, sable, pollens, ...).

Dans le cadre de cette étude, les particules ont été mesurées par une autre méthode dite des fumées noires (FN) qui consiste à prélever la phase particulaire totale de l'air au cours d'une journée. Les particules sont aspirées puis déposées sur un filtre papier qui va se noircir proportionnellement à la quantité de particules présentes dans l'échantillon d'air. La mesure de l'opacimétrie du filtre permet ensuite d'en déduire la concentration moyenne.

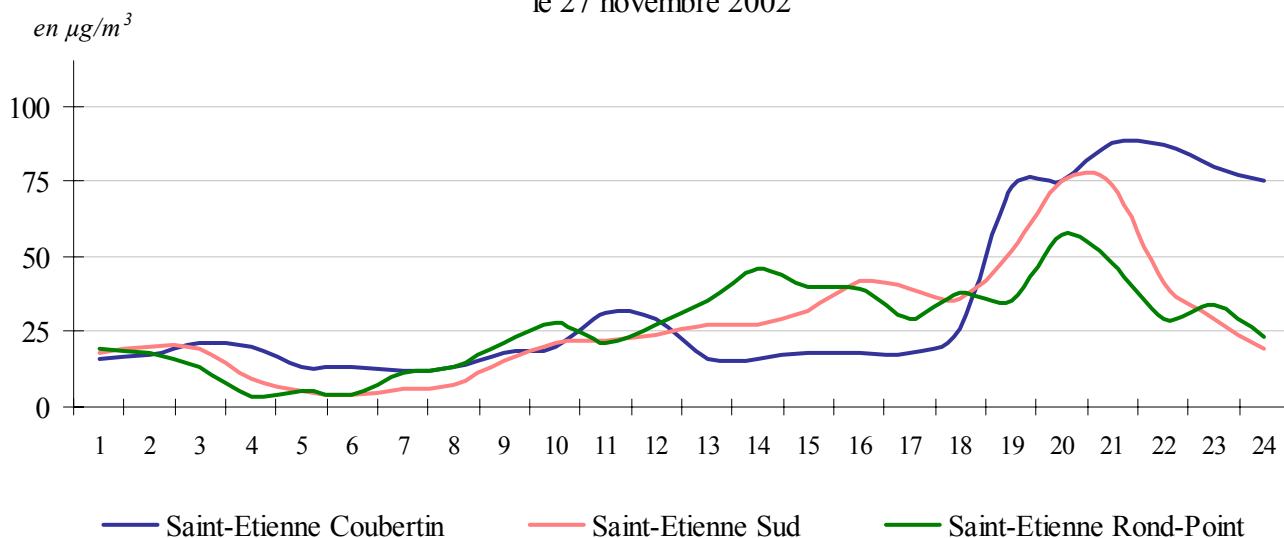
#### Référence aux normes réglementaires en 2002

(selon décret n°98-361 du 6 mai 1998)

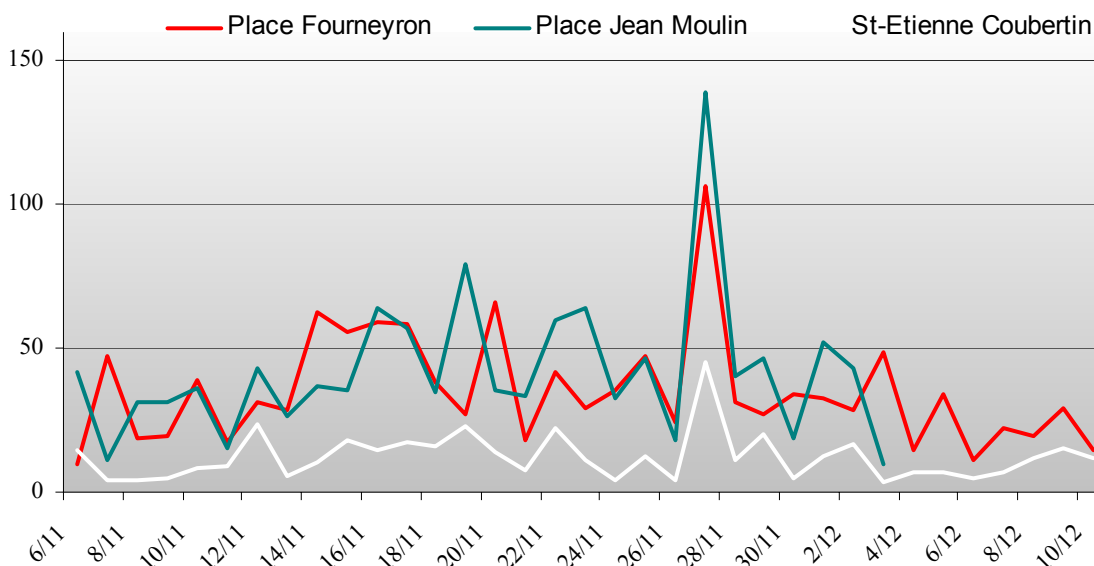
Fumées noires	Seuils (µg/m³)	Période de référence	Jean Moulin	Fourneyron	Dépassements
Objectif de qualité	100 à 150	Moyenne journalière	<b>139 µg/m³</b>	<b>106 µg/m³</b>	1 dépassement sur chaque station
Valeur limite	250	Valeur journalière à ne pas dépasser pas plus de 3 jours de suite	Aucun dépassement	Aucun dépassement	

Au cours de la journée du 27 novembre, les deux sites surveillés le long du futur tracé de tramway ont dépassé le seuil journalier de 100 µg/m<sup>3</sup>. L'absence de vent et la stabilité thermique ont favorisé une accumulation progressive des particules dans l'atmosphère comme le montre les profils de poussières des stations fixes de Saint-Etienne.

Evolution journalière de la pollution particulaire à Saint-Etienne  
le 27 novembre 2002



Évolution journalière des fumées noires

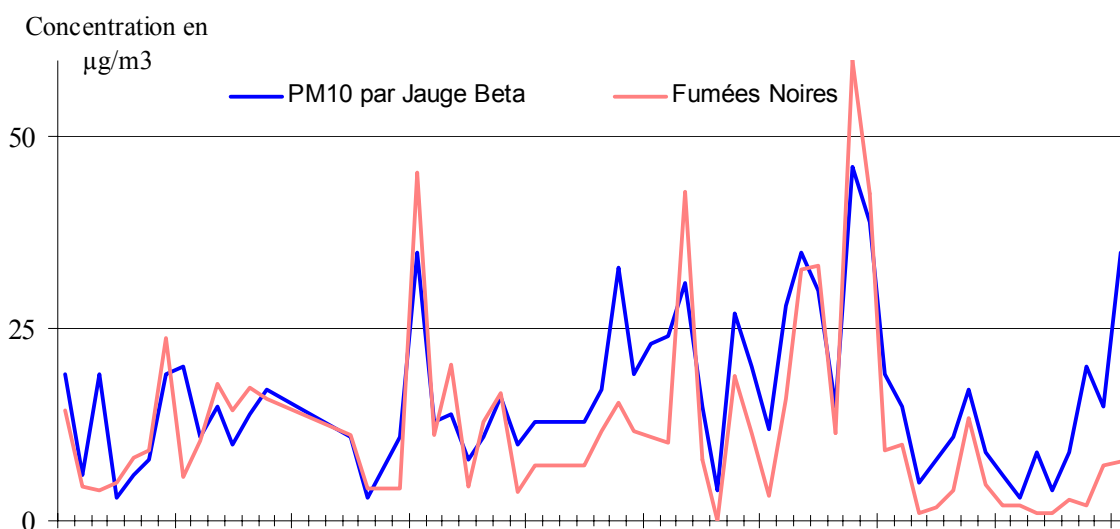


En dehors de l'épisode du 27 novembre, les particules en suspension sur les sites de Jean Moulin et Fourneyron se situent à des niveaux moyens, respectivement de 39 et 42 µg/m<sup>3</sup> et évoluent de façon similaire.

Les particules mesurées à Coubertin affichent des concentrations nettement plus faibles même en période de pic. Les niveaux y sont en effet inférieurs d'un facteur 3 à 4.

La méthode des fumées noires, non sélective sur la taille des particules, ne permet pas de quantifier les fines particules, inférieures à 10 µm de diamètre, seules susceptibles d'induire des effets nocifs sur la santé. Afin de procéder à une comparaison des résultats des deux techniques, deux analyseurs ont été placés en parallèle sur le site de Coubertin.

Comparaison des deux techniques de mesure de poussières en suspension sur le site de Saint-Etienne Coubertin



Le nombre limité de prélèvement à partir des deux techniques ne permet pas d'en déduire une relation évidente. En théorie, le prélèvement de la totalité des particules par la méthode des fumées noires doit surestimer en quantité les particules fines correspondant uniquement à la phase particulaire inférieure à 10 µm.

Au cours de cette période d'échantillonnage de 3 mois, on observe l'effet inverse avec une surestimation des fines particules notamment lors des journées de faible pollution, inférieures à 15 µg/m<sup>3</sup>. La théorie est uniquement respectée pour les teneurs élevées, supérieures à 40 µg/m<sup>3</sup>, où les fumées noires sont supérieures de l'ordre de 30 à 40 %.

Trois éléments peuvent expliquer ces résultats :

1. **la différence de méthode de détection** : la méthode des fumées noires, basée sur la mesure du noircissement d'un filtre par des particules, est moins précise à basse concentration car il est possible que pour des concentrations inférieures à 15 µg/m<sup>3</sup>, il n'y ait pas assez de particules pour noircir suffisamment le filtre. La mesure par jauge bêta est par contre plus sensible à ces teneurs et donc plus précise dans des conditions similaires.
2. **la couleur des particules** : les mesures par fumées noires deviennent non reproductibles d'un site à un autre lorsque la nature des particules change notamment en terme de couleur : les particules d'origine automobile sont foncées tandis que les particules en zone périurbaine peuvent provenir de plusieurs sources anthropiques ou terrigènes moins foncées voir très claires pour les pollens, le sable, etc...

3. **la nature des particules** : les particules émises par la circulation automobile place Jean Moulin comportent une très grande proportion de grosses particules provenant de l'usure des pneumatiques, de la chaussée ou des pots d'échappements. Or, ces dernières influencent considérablement la méthode des fumées noires car elles ont la capacité de noircir rapidement le filtre et par conséquent indiquer de fortes valeurs alors qu'elles n'induisent aucun effet sur la santé.

Une fois dans l'atmosphère, ces grosses particules sous l'effet de la gravité sont les premières à retomber au sol du fait de leur masse bien supérieure aux fines particules qui restent plus longtemps en suspension dans l'air. C'est pourquoi, sur des sites plus éloignés comme celui de Coubertin, les masses d'air ont perdu la majorité de ces grosses particules : les mesures de fumées noires y sont donc nettement plus faibles tandis que la quantité de fines particules demeure comparable entre les deux sites (cf. représentation des valeurs journalières entre Coubertin et Jean Moulin en 1996-1997).

En conclusion, on constate une forte pollution particulaire en centre ville induite par la circulation automobile à l'origine de nuisances notables sur les bâtiments (phénomène de noircissement des monuments et des surfaces vitrées). Concernant leur impact au niveau sanitaire, l'historique des données sur ce site semble indiquer des niveaux en fines particules équivalents au niveau de fond urbain rencontré sur l'agglomération stéphanoise. Des mesures complémentaires seraient néanmoins nécessaires pour identifier les espèces chimiques qui les composent afin de connaître leur degré réel de toxicité.

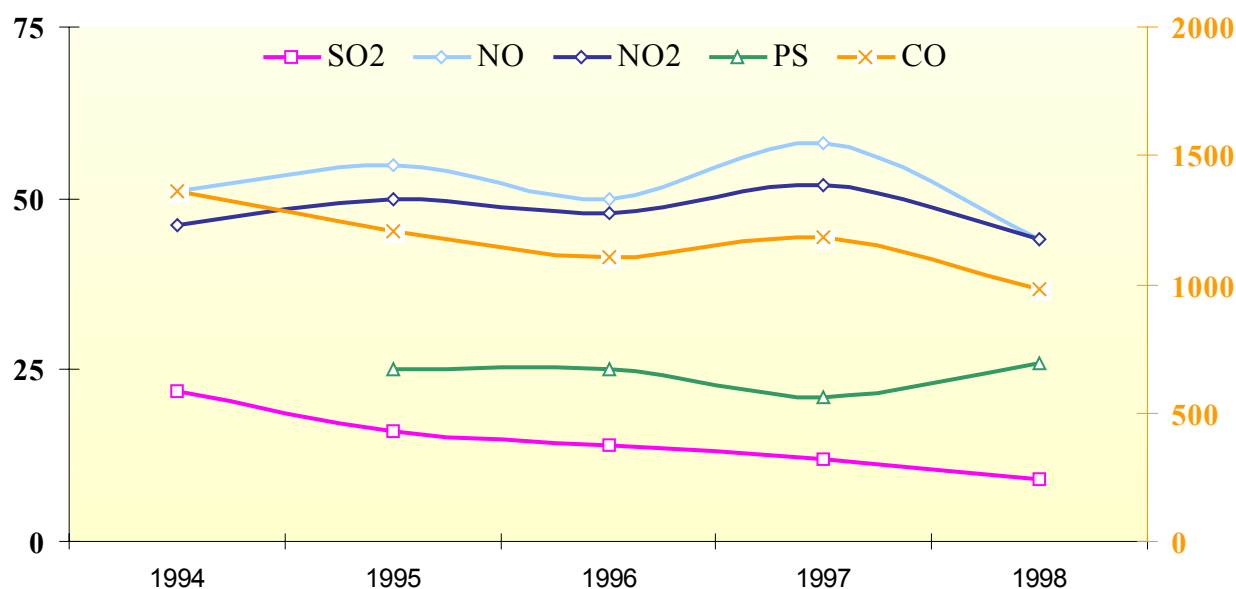
### 3. EVOLUTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE PLACE JEAN MOULIN

#### A - Historique de la station

La station de mesure de la place Jean Moulin est la première station fixe du réseau AMPASEL implantée en septembre 1993 avec celle de Saint-Etienne Coubertin (au nord).

Son objectif était de quantifier les niveaux de pollution atmosphérique présents dans l'hyper-centre de Saint-Etienne, représentatif de l'air respiré par une grande partie de la population. La station a été supprimée en octobre 1998 suite à la rénovation et l'aménagement urbain de la place.

#### *Evolution annuelle des polluants atmosphériques place Jean Moulin*



En cinq ans, on a observé une diminution constante du SO<sub>2</sub> d'environ 60%, pour atteindre en 1998 des concentrations très faibles de 9 µg/m<sup>3</sup>. Cette évolution s'explique principalement par l'amélioration des combustibles pour le chauffage domestique et des carburants (gazole).

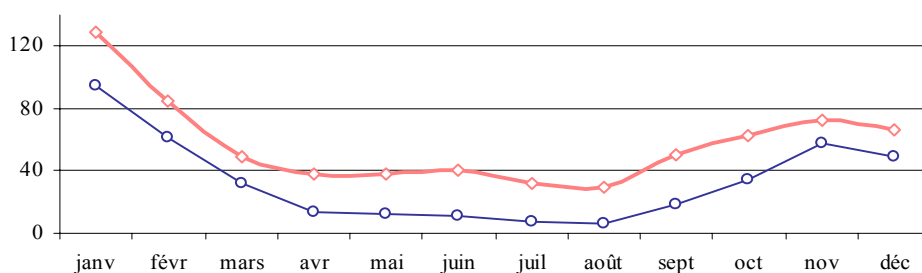
De même, les concentrations de monoxyde de carbone ont baissé de 28 % sur cette même période. Cette amélioration est à mettre en relation avec les modifications apportées aux véhicules (principalement par la généralisation du pot catalytique qui oxyde le CO en CO<sub>2</sub>) principaux émetteurs de ce composé sur l'agglomération stéphanoise à hauteur de 80%.

L'évolution des oxydes d'azote n'est pas aussi évidente. Leur variation est influencée selon les années par les conditions météorologiques plus ou moins favorables à leur dispersion. En cinq ans, la diminution du dioxyde d'azote est inférieure à 1% par an. Malgré le renouvellement progressif du parc automobile, la circulation croissante sur l'agglomération masque les progrès technologiques.

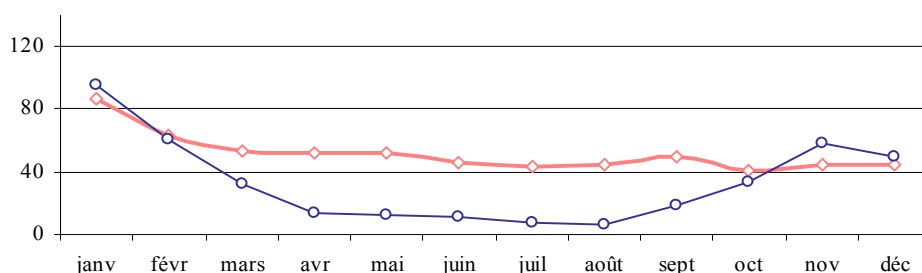
De même que les oxydes d'azote, les particules en suspension ne montrent pas de tendance précise. En situation défavorable, ce polluant est encore susceptible de dépasser les normes réglementaires.

## B - Comparaison au site de Saint-Etienne Coubertin

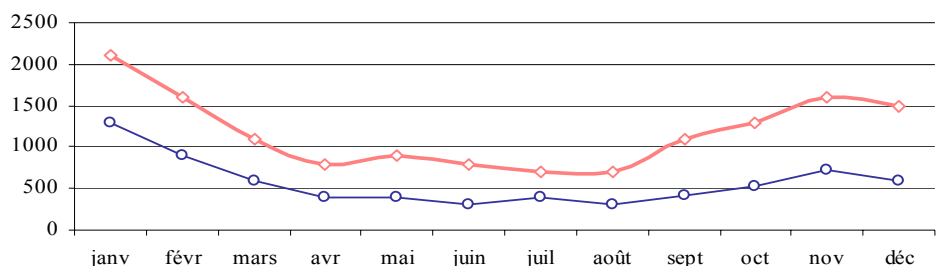
### *Monoxyde d'azote (NO)*



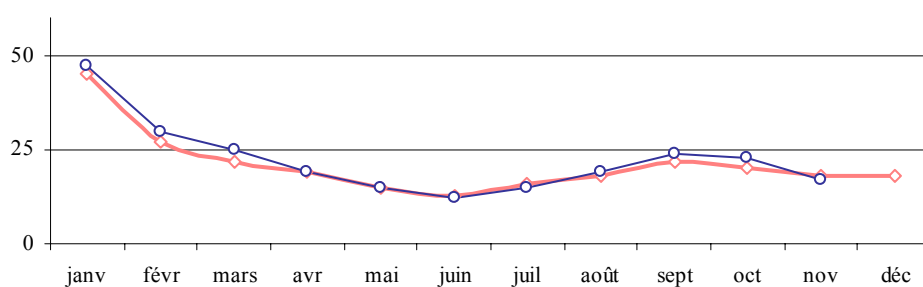
### *Dioxyde d'azote (NO2)*



### *Monoxyde de carbone (CO)*



### *Poussières en suspension (PS)*



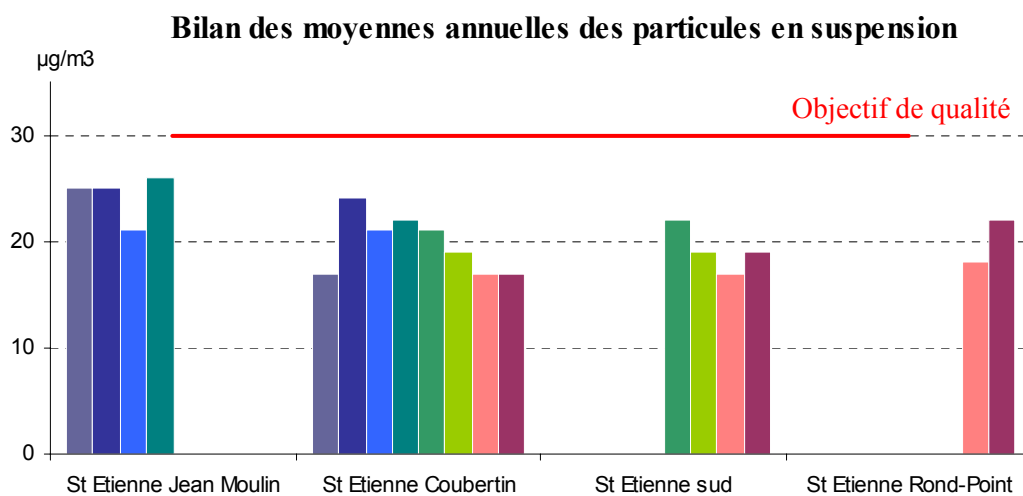
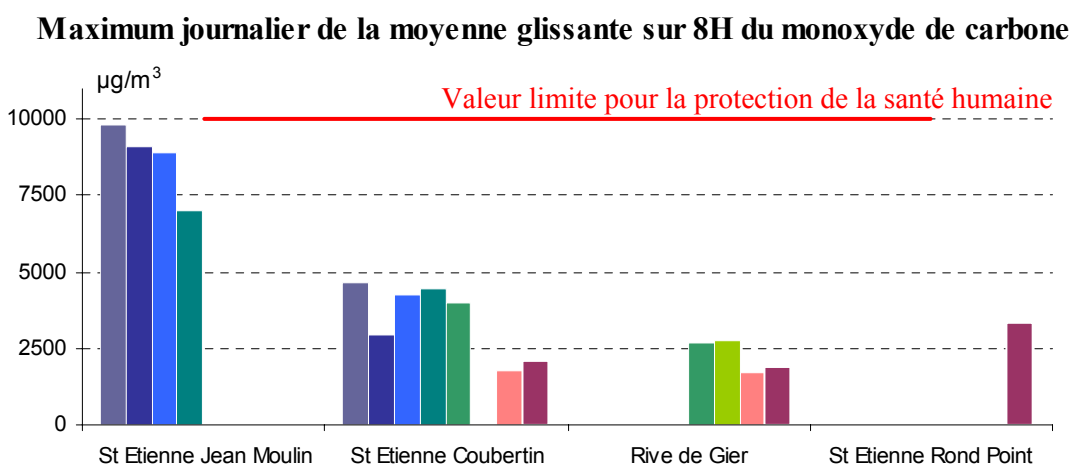
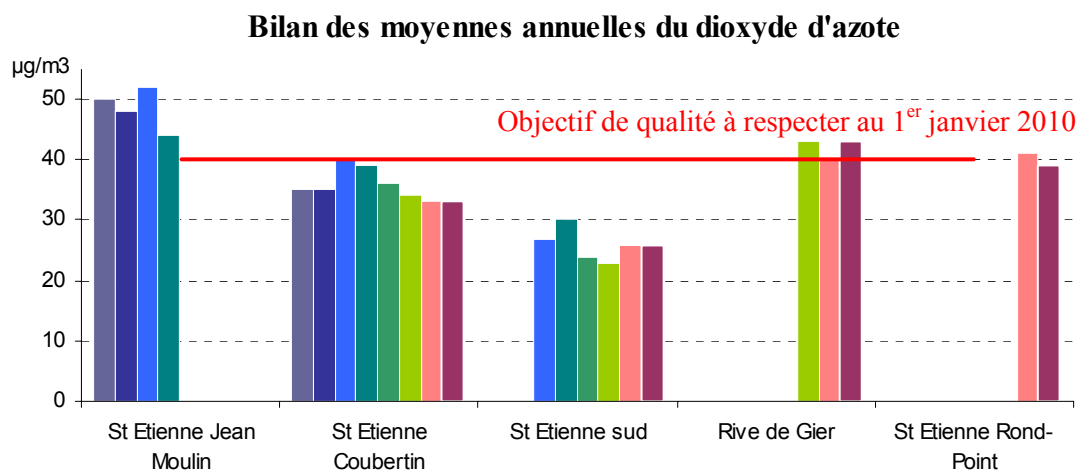
La station périurbaine de Saint-Etienne n'étant pas influencée à la même proportion que Jean Moulin aux polluants d'origine automobile, elle présente logiquement des concentrations inférieures de 30 à 50 % pour NO et CO et de 10 % pour NO<sub>2</sub>. Malgré ces écarts, les profils mensuels de ces deux sites évoluent de la même manière au cours de l'année, largement influencés par les variations saisonnières.

A noter, la similitude des taux de particules prélevées sur les deux sites pourtant très éloignés l'un de l'autre. L'influence locale des poussières issues du trafic à Jean Moulin ne semble pas être dominante par rapport aux phénomènes de répartition plus globaux à l'échelle de l'agglomération.



## C - Dépassements des seuils réglementaires

### ◆ Objectifs de qualité – Valeurs limites



1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 — Valeur limite

Entre 1993 et 1998, la station Jean Moulin a dépassé régulièrement les normes réglementaires définies pour le NO<sub>2</sub>, tant pour l'exposition de la population à la pollution de fond (objectifs de qualité) que pour les épisodes de pollution atmosphérique.

Ce polluant est caractéristique des grandes agglomérations urbaines où la problématique des transports est devenue majeure en terme de pollution atmosphérique.

Concernant le monoxyde de carbone, bien que 2 à 3 fois supérieur aux autres sites surveillés sur le département, il n'a jamais atteint la valeur limite. De plus, sa diminution progressive constatée depuis 1993 ne devrait plus occasionner de risque de dépassement à l'avenir.

Les niveaux moyens de particules en suspension, relativement homogènes sur l'ensemble de l'agglomération, n'ont pas dépassé à ce jour les seuils préconisés pour la protection de la santé.

♦ Seuils de recommandations du public et d'alerte à la pollution

En cas d'épisode de pollution de courte durée sur l'ensemble de l'agglomération stéphanoise, la population est informée le plus rapidement possible par de multiples supports d'information (presse écrite, radio, télévision, internet) afin de connaître l'état de la qualité de l'air et les recommandations sanitaires à respecter.

Cette procédure définie par l'arrêté préfectoral de la Loire du 22 février 1999 modifié par l'arrêté du 2 août 2002 s'applique en deux étapes, selon les concentrations atteintes par le polluant incriminé. Place Jean Moulin, le polluant responsable de ces dépassements était le dioxyde d'azote :

**Seuil de recommandations du public : Nombre d'heures supérieures à 200 µg/m<sup>3</sup>**

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Place Jean Moulin	0	5	4	28	9	-	-	-	2*
Coubertin	0	1	0	5	8	1	0	0	1
Place Préher				0	0	0	0	0	1
Rond Point								0	0

(\* nombre de dépassements relevés au cours de cette étude du 4 novembre au 31 décembre 2002)

**Seuil d'alerte à la pollution : Nombre d'heures supérieures à 400 µg/m<sup>3</sup>**

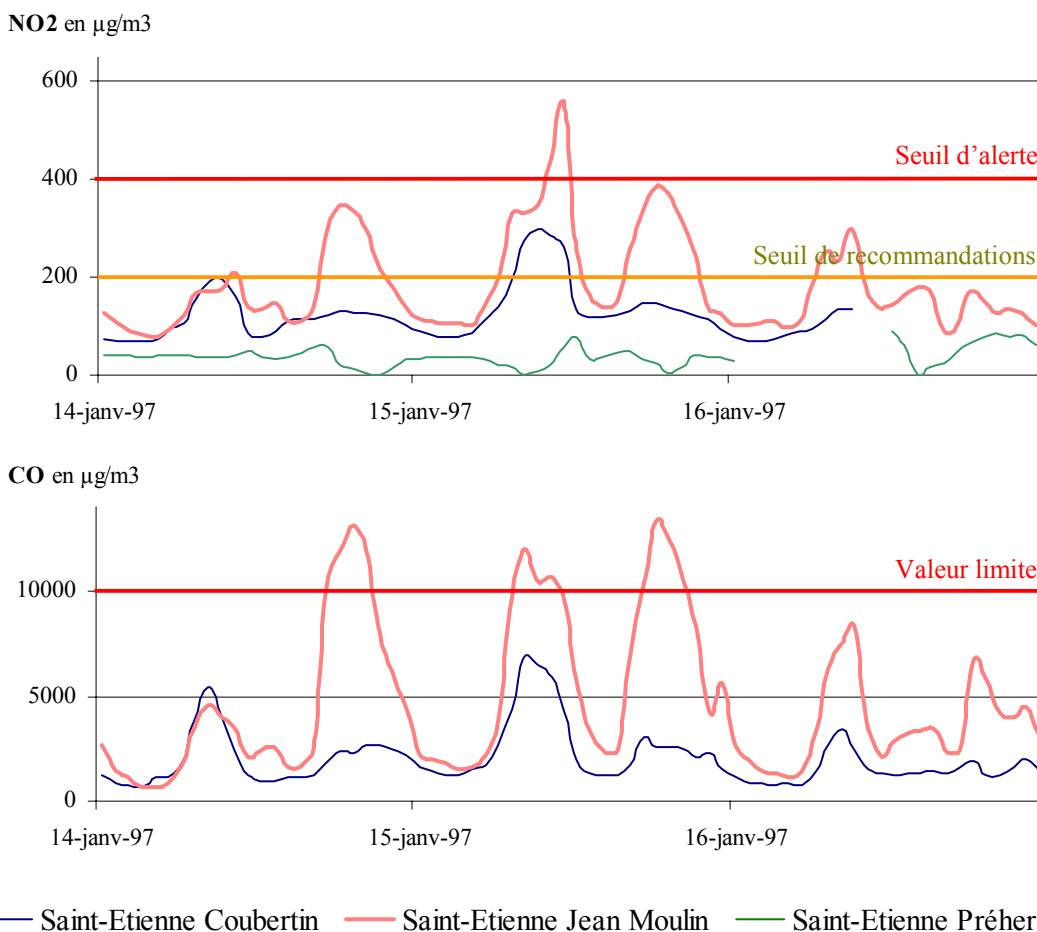
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Place Jean Moulin	0	0	0	2*	0	-	-	-	-

(\* le 15 janvier 1997, valeurs de 432 et 558 µg/m<sup>3</sup> entre 11 et 12 heures)

La fréquence de dépassement de ces seuils place Jean Moulin est bien supérieure aux autres sites stéphanois : un épisode particulièrement intense le 15 janvier 1997 a été responsable pour la première fois du dépassement du seuil d'alerte sur Saint-Etienne. Cette pollution induite par des conditions météorologiques particulières en Europe avait aussi été observée dans d'autres agglomérations françaises à la même date (Paris, Lyon,...).

D'après les résultats de la campagne de mesure ponctuelle, prolongée place Jean Moulin jusqu'au mois de février 2003, il est possible qu'en situation d'inversion thermique très défavorable, ce type de pollution se réitère à nouveau. Le dépassement éventuel du seuil d'alerte au dioxyde d'azote ne serait pas exclu.

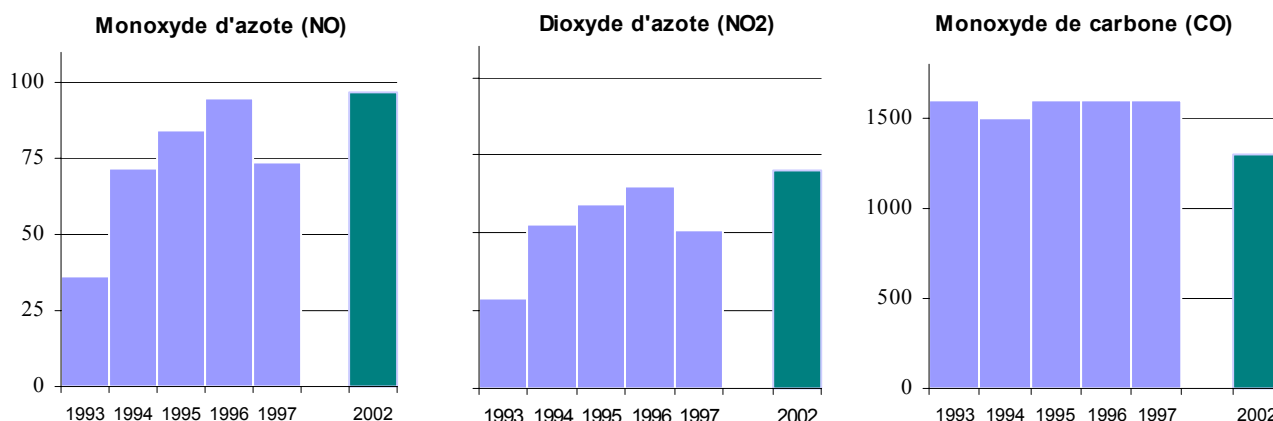
**Episode de pollution hivernale du 15 janvier 1997 à Saint-Etienne**  
 évolution du dioxyde d'azote et du monoxyde de carbone



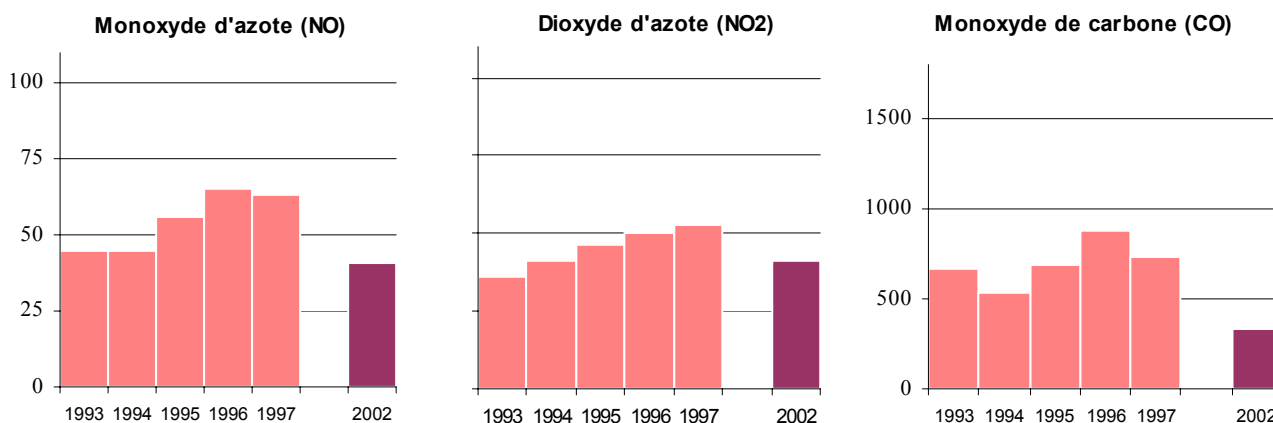
**D - Bilan de la période hivernale 2002**

L'implantation de la station mobile place Jean Moulin du 4 novembre 2002 au 28 février 2003 (17 semaines) a permis de mesurer les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone sur une période représentative du niveau de pollution hivernale. Ces mesures nous permettent de faire le point sur l'évolution de la qualité de l'air après 5 années d'interruption en les comparant aux valeurs des années antérieures sur la même période hivernale.

◆ Concentrations moyennes place Jean Moulin



◆ Concentrations moyennes de Saint-Etienne Coubertin

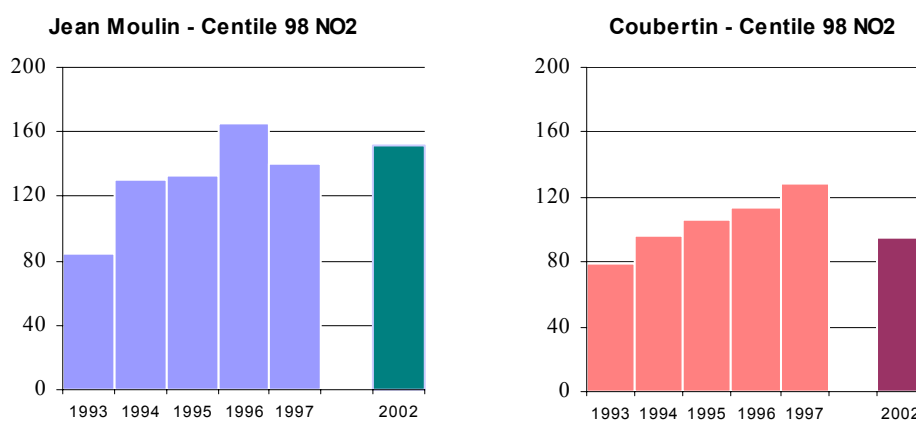


Les teneurs moyennes des oxydes d'azote cet hiver sont légèrement supérieures aux années antérieures alors que les conditions météorologiques n'ont pas été particulièrement propices à des niveaux de pollution élevés au cours de cette période.

Ceci confirme une certaine stabilité des teneurs en oxydes d'azote déjà observée entre 1993 et 1998. L'augmentation du parc automobile sur Saint-Etienne et la congestion régulière du trafic à cet endroit y contribuent certainement.

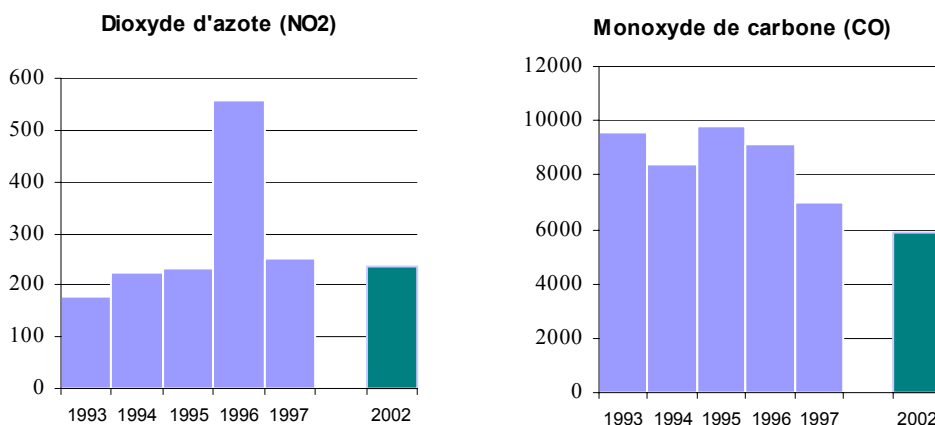
A l'inverse, les premières mesures de monoxyde de carbone semblent confirmer la diminution de ce polluant déjà amorcée entre 1993 et 1998. Cette évolution est toutefois plus douce avec une baisse de 10 % en 5 ans.

◆ Valeur limite pour la protection de la santé humaine : Centile 98 de 200 µg/m<sup>3</sup>



La valeur limite de 200 µg/m<sup>3</sup> de dioxyde d'azote n'a jamais été atteinte sur l'agglomération stéphanoise. Le site Jean Moulin présentait les valeurs les plus élevées du dispositif stéphanois au même titre que cette année. La différence avec le site de Coubertin est d'ailleurs plus importante en 2002 que pour les années antérieures.

♦ Concentrations maximales place Jean Moulin



Le constat observé sur les valeurs moyennes se vérifie pour les valeurs de pointe. Les moyennes glissantes sur 8 heures pour le monoxyde de carbone s'infléchissent aussi à la baisse.

En dehors du phénomène de pollution exceptionnel du 15 janvier 1997, le NO<sub>2</sub> atteint des valeurs de pointes équivalentes aux années antérieures mais avec un nombre de dépassements beaucoup moins fréquent : 2 heures cette année contre 10 heures en 1998 et 29 heures en 1997.

Au cours de cette période de mesure, seule la station mobile située place Jean Moulin a dépassé le seuil horaire de 200 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> à 2 reprises le 20 décembre 2002 à 9h et 18 h pour des valeurs horaires de 236 et 206 µg/m<sup>3</sup>.



## CONCLUSIONS

Cette étude a permis de faire le point sur l'état de la qualité de l'air à proximité des grandes avenues qui accueilleront en 2006 la seconde ligne de tramway en site propre à Saint-Etienne.

La combinaison de toutes ces mesures donne une image précise du niveau de pollution automobile présent dans cette zone et permet d'en déduire :

- ❖ Une influence importante de cette pollution le long de l'avenue de la Libération et au début de l'avenue Denfert-Rochereau. Les secteurs particulièrement congestionnés de Jean Moulin et Fourneyron aux heures de pointe de circulation sont responsables du dépassement des seuils pour la protection de la santé humaine pour les poussières et le dioxyde d'azote. Au même titre que le carrefour entre le boulevard urbain rue Etienne Mimard et rue de la Montat, ces zones sont considérées comme les plus sensibles en terme de pollution atmosphérique.
- ❖ En revanche, à proximité de voies plus fluides ou de trafic moindre dans le quartier de Châteaureux et place du Peuple, ces polluants ont nettement diminué et présentent des niveaux en dioxyde d'azote moyen pour cette période hivernale.
- ❖ De la même manière, lorsque l'on s'éloigne de ces sources d'émission la dispersion des polluants atmosphérique est accrue : dans une rue piétonne sur une distance de 250 mètres, les teneurs en NO<sub>2</sub> baissent de 30 %.

La place Jean Moulin, de par sa localisation vis à vis des voies de forte circulation, est un site directement exposé à la pollution automobile, notamment aux oxydes d'azote et aux particules en suspension.

Une attention particulière a été portée sur ce site en raison d'un historique de mesures entre 1993 et 1998. Les premiers résultats obtenus après 5 ans d'interruption indiquent une diminution de 10% du monoxyde de carbone tandis que le niveau moyen des oxydes d'azote demeure stable voir même en légère hausse pour le NO<sub>2</sub> malgré le changement du plan de circulation de la ville de Saint-Etienne en 1999.

La future mise en service de la ligne de tramway en 2006 devrait modifier considérablement la répartition des modes de transports dans ce secteur, et particulièrement celui des voitures avec la réduction des voies de circulation sur l'avenue de la Libération. Ces actions devraient avoir des répercussions environnementales positives tant à proximité de la voirie qu'en site de fond.

Des mesures complémentaires seront nécessaires à l'avenir pour confirmer ces hypothèses. Une attention particulière devra être appliquée aux voies périphériques comme le boulevard urbain ou la rue de la République pour s'assurer que le report modal n'engendre pas une dégradation excessive de la qualité de l'air.

## ANNEXE 1 : Description des sites de mesure ponctuels

### ◆ Place Jean Moulin

#### - Caractéristiques du site

Typologie du site : trafic (proximité automobile)

Adresse : Devant l'office du tourisme, Avenue de la Libération

Descriptif : environnement urbain dense, à 5 mètres d'un axe de circulation à sens unique de 4 voies, le long du bâtiment.



#### - Caractéristiques des appareils

Date d'installation : 4 novembre 2002

Date de fin : 28 février 2003

Modèle analyseur	Oxydes d'azote NOx	Monoxyde de carbone CO	Particules en suspension FN
Constructeur	Megatec	Environnement S.A.	Environnement S.A.
N° de série	67052356	950	-
Conditions de prélèvement	cabine mobile, climatisée Hauteur de prélèvement : 2,50 mètres		



◆ **Place Fourneyron**

- Caractéristiques du site

Typologie site : trafic (proximité automobile)  
 Adresse : Monument aux mort, au milieu de la place  
 Descriptif : place circulée des 4 côtés, à 2 mètres d'un axe de circulation à sens unique de 4 voies, à droite du monument.



- Caractéristiques des appareils







Date d'installation : 2 novembre 2002

Date de fin : 10 décembre 2002

Modèle analyseur	Oxydes d'azote NOx	Particules en suspension FN
Constructeur	SERES	Environnement S.A.
N° de série	9120104	-
Conditions de prélèvement	cabine mobile, climatisée Hauteur de prélèvement : 3,00 mètres	

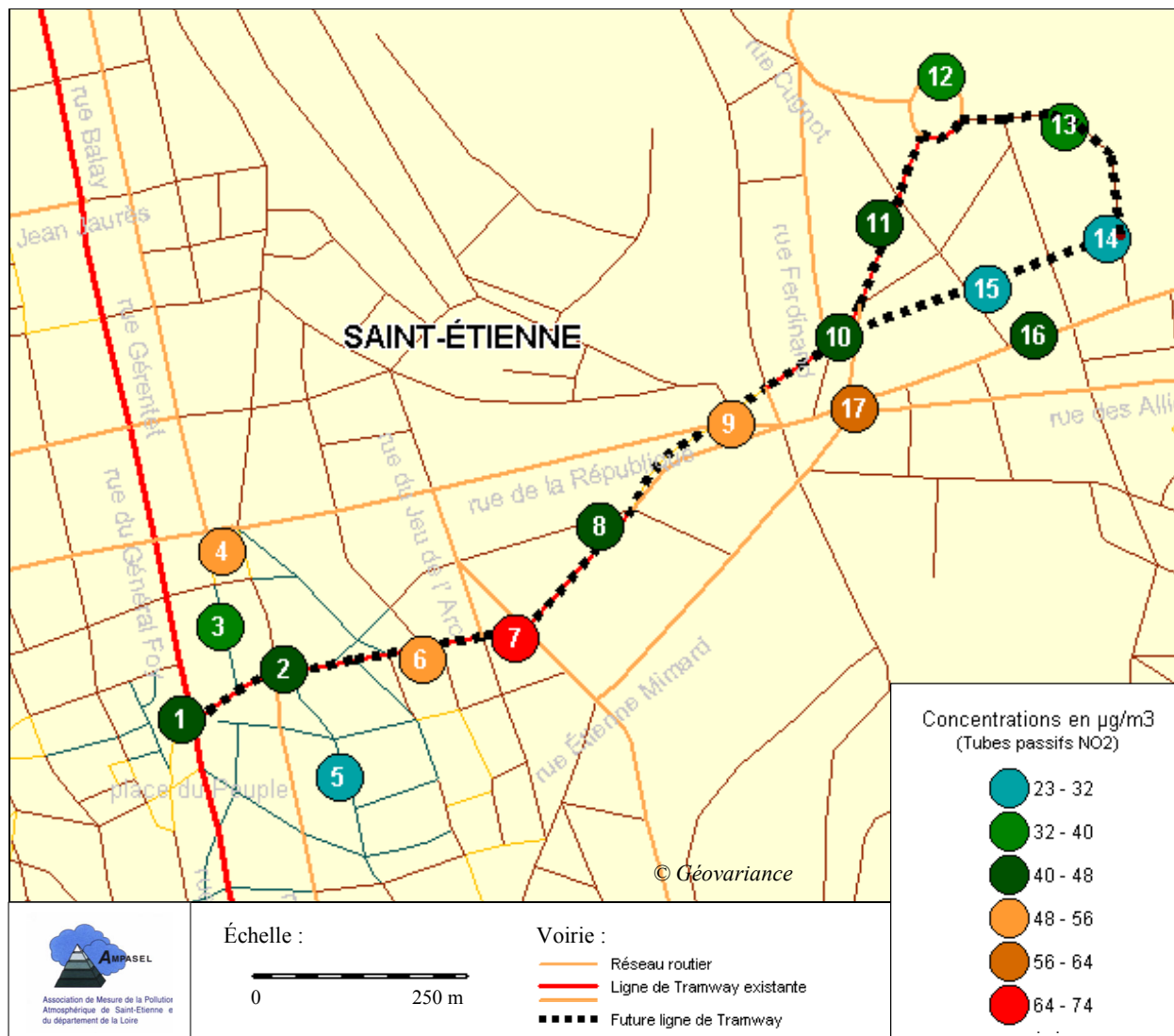
## ANNEXE 2 : Typologie des stations de mesure automatiques

d'après le guide de recommandation de l'ADEME sur la classification et les critères d'implantation des stations de surveillance de qualité de l'air

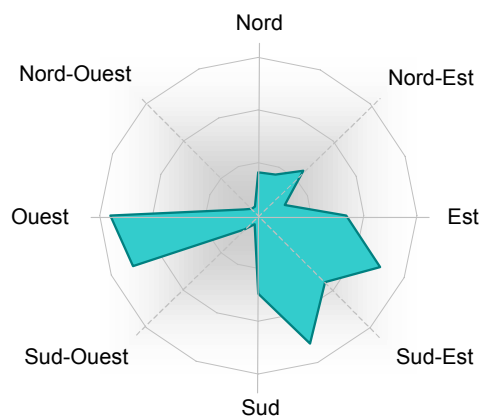
Classe de stations	Objectifs	Critères d'implantation	Règles d'implantation
Station trafic 	surveiller la pollution atmosphérique en proximité des infrastructures de circulation automobile.	Trafic > 10 000 véhicules/jour ou voie canyon avec risque d'accumulation de pollution $R = NO / NO_2 > 2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 5 m de la voie</li> <li>➤ hauteur de prélèvement entre 2 et 3 mètres</li> </ul>
Station industrielle 	surveiller la pollution atmosphérique en proximité des sites industriels.	Près d'industries, sous un panache, 75% de pollution d'origine industrielle	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ hauteur de prélèvement entre 2 et 15 mètres</li> </ul>
Station urbaine 	surveiller la pollution atmosphérique de fond dans les communes urbaines composant le pôle urbain.	Villes < 500 000 habitants, densité de 3 000 hab/km <sup>2</sup> $R = NO / NO_2 < 1,5$	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Distances par rapport aux voies de circulation : 10 m, 1000 à 3000 véh/jour 100 m, 40 à 70 000 véh/jour</li> </ul>
Station péri-urbaine 	surveiller la pollution atmosphérique de fond dans les communes péri-urbaines. Les sources d'émission proviennent de la commune et d'aires urbaines proches.	Sites représentatifs de densité maximum observée $R = NO / NO_2 < 1,5$	Comme les stations urbaines
Station régionale 	surveiller un phénomène de pollution atmosphérique de fond à l'échelle régionale dans une commune influencée par ses propres émissions mais subissant l'influence d'émetteurs urbains proches.	À proximité d'aires urbaines voisines. Suivent les phénomènes photochimiques.	
Station rurale nationale 	surveiller un phénomène de pollution atmosphérique de fond à l'échelle nationale dans une commune rurale éloignée de tout émetteur direct.	Suivent la pollution de fond et les phénomènes transfrontaliers.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ À plus de 10 km des villes de 10 000 habitants.</li> <li>➤ À 500 m, voie trafic &lt; 1500 véh/jour</li> </ul>

### ANNEXE 3 : Représentation spatiale des concentrations de NO<sub>2</sub> par campagne

1<sup>ère</sup> campagne : du 2 au 18 novembre 2002

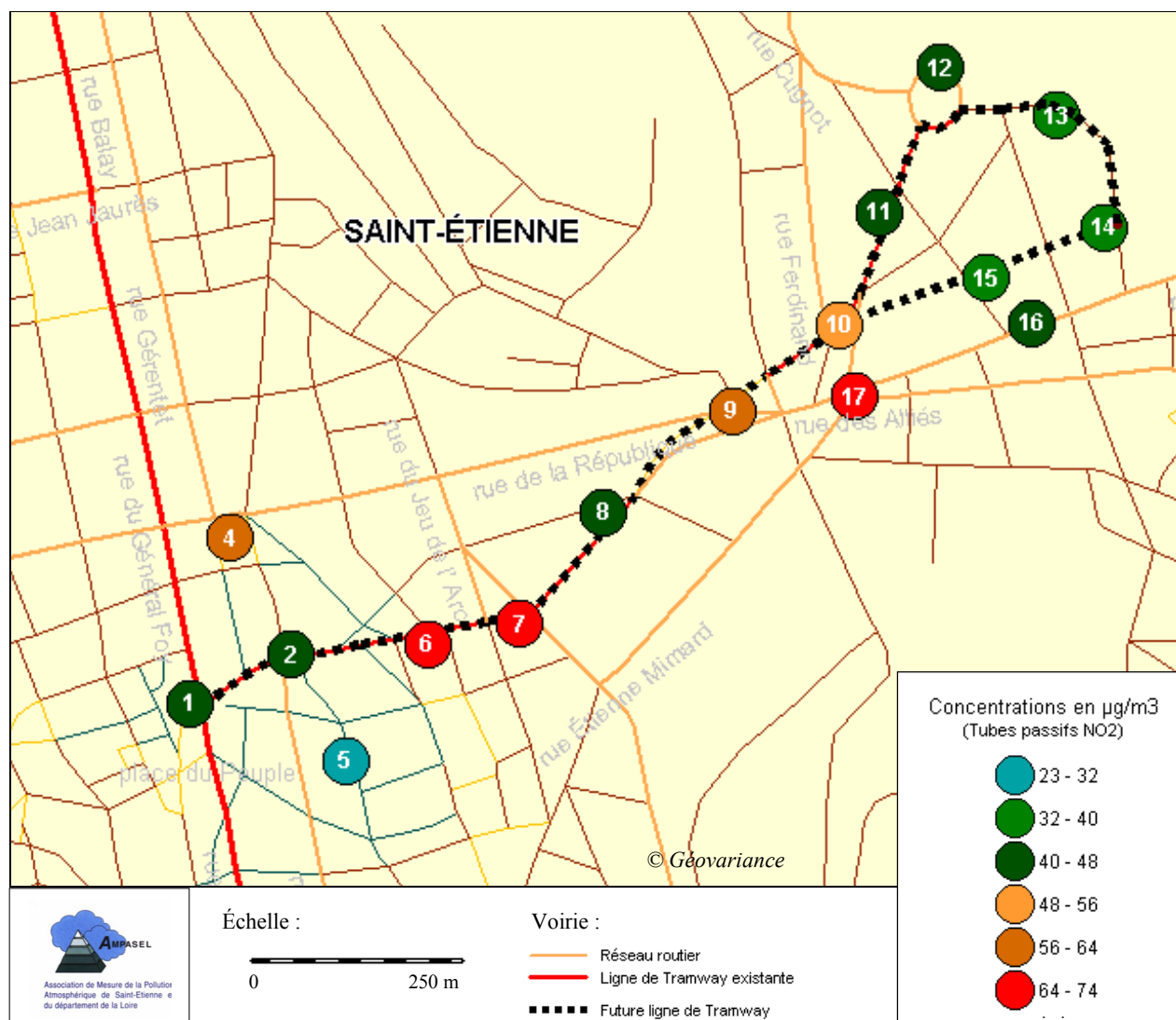


### Rose des vents de la première campagne

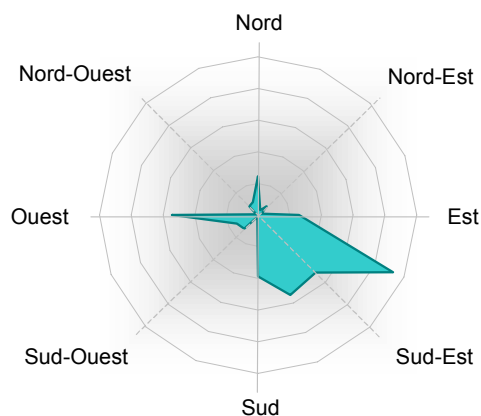


(Source : Météo France)

2<sup>ème</sup> campagne : du 18 novembre au 2 décembre 2002



Rose des vents de la seconde campagne



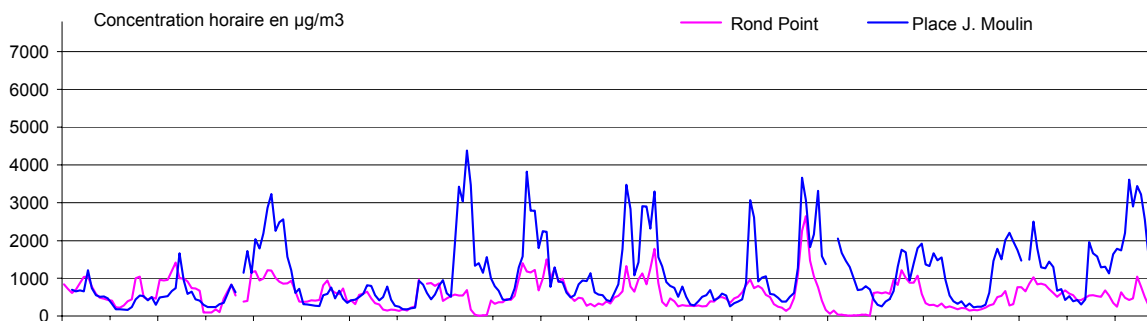
(Source : Météo France)

## ANNEXE 4 : Résultats de mesures (période 4/11/02 à 10/12/02)

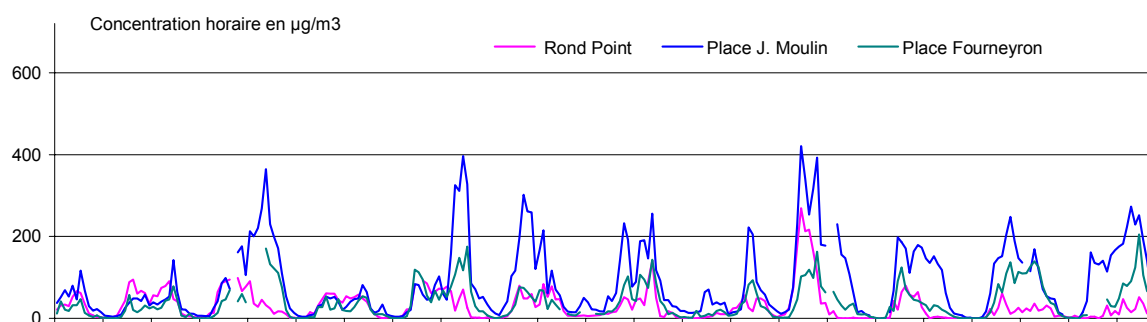
		Jean Moulin	Fourneyron	Saint-Etienne Coubertin	Saint-Etienne Rond Point	Saint-Etienne Sud
Typologie du site :		urbaine	urbaine	périurbaine	trafic	urbaine
<b>NO</b>	Moyenne	91	54	32	37	9
	Minimum horaire	0	0	0	0	0
	Maximum horaire	705	685	478	294	257
	Heure du maximum	27/11/02 à 20h	27/11/02 à 21h	27/11/02 à 21h	18/11/02 à 10h	27/11/02 à 20h
	Minimum journalier	22	20	3	7	1
	Maximum journalier	242	178	153	104	49
	Date du maximum	27/11/02	27/11/02	27/11/02	18/11/02	27/11/02
<b>NO2</b>	Moyenne	66	49	36	34	25
	Minimum horaire	0	1	1	0	0
	Maximum horaire	193	153	109	78	80
	Heure du maximum	27/11/02 à 19h	27/11/02 à 21h	27/11/02 à 20h	2/12/02 à 9h	27/11/02 à 20h
	Minimum journalier	37	30	16	12	11
	Maximum journalier	100	79	59	53	42
	Date du maximum	27/11/02	27/11/02	27/11/02	5/12/02	19/11/02
	Validité de fonctionnement	98.6 %	97.2	97.1%	99.7%	99.7%
<b>CO</b>	Moyenne	1200	-	297	629	-
	Minimum horaire	163	-	17	11	-
	Maximum horaire	7691	-	1561	2644	-
	Heure du maximum	27/11/02 à 20h	-	27/11/02 0 21H	12/11/02 0 9H	-
	Minimum journalier	455	-	104	222	-
	Maximum journalier	2642	-	579	1070	-
	Date du maximum	27/11/02	-	27/11/02	16/11/02	-
	Validité de fonctionnement	99.3%	-	97%	99.1%	-
<b>FN</b>	Moyenne	42	35	12	-	-
	Minimum horaire	-	-	-	-	-
	Maximum horaire	-	-	-	-	-
	Heure du maximum	-	-	-	-	-
	Minimum journalier	10	10	4	-	-
	Maximum journalier	139	106	45	-	-
	Date du maximum	27/11/02	27/11/02	27/11/02	-	-
	Validité de fonctionnement	80%	100%	100%	-	-

## ANNEXE 5 : Mesures places Jean Moulin et Fourneyron du 4 au 15 novembre 2002

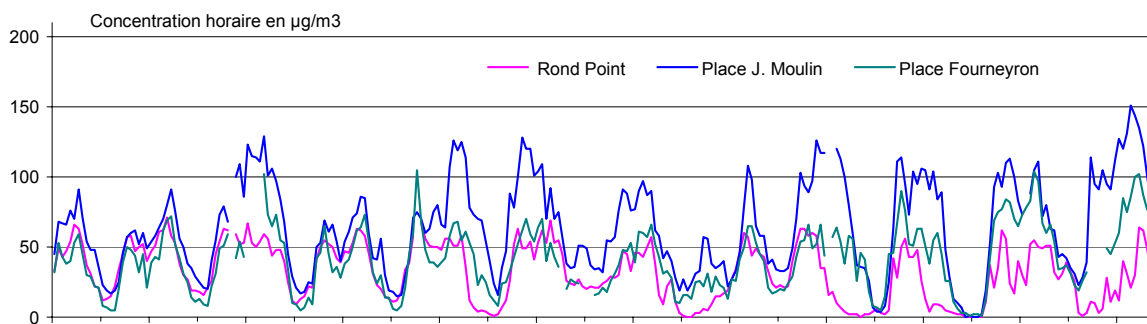
### Monoxyde de carbone



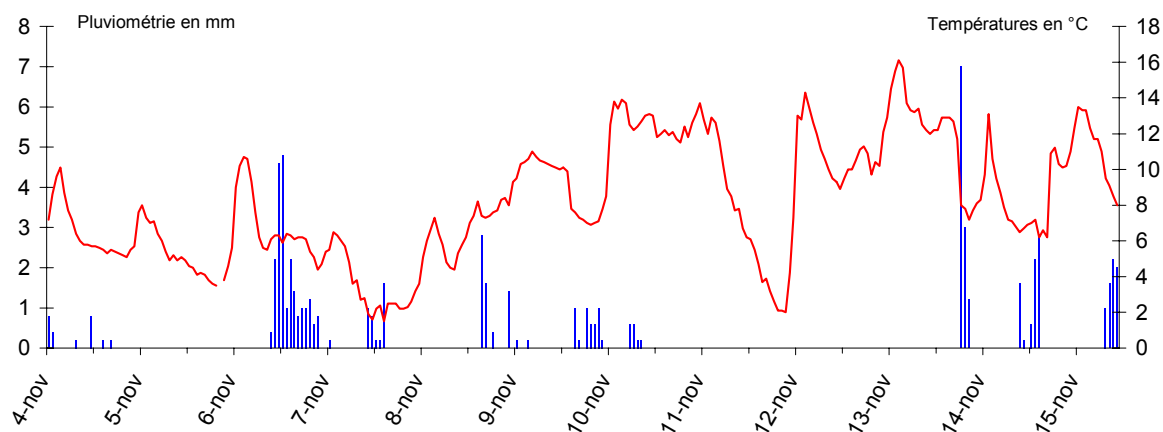
### Monoxyde d'azote



### Dioxyde d'azote

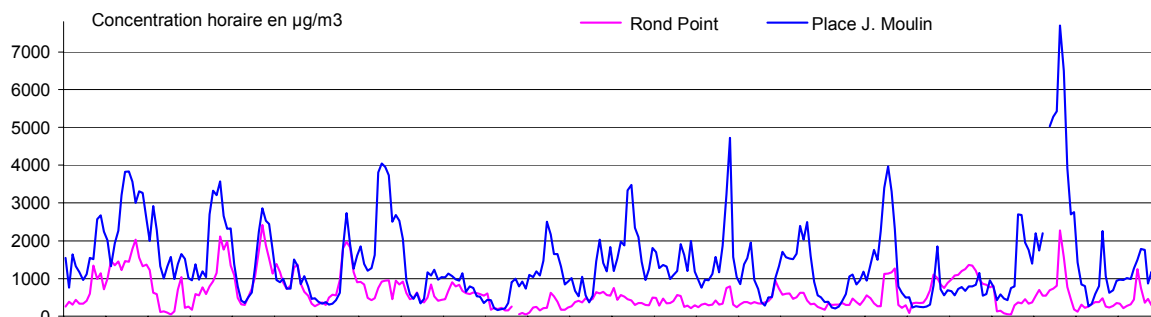


### Paramètres météorologiques

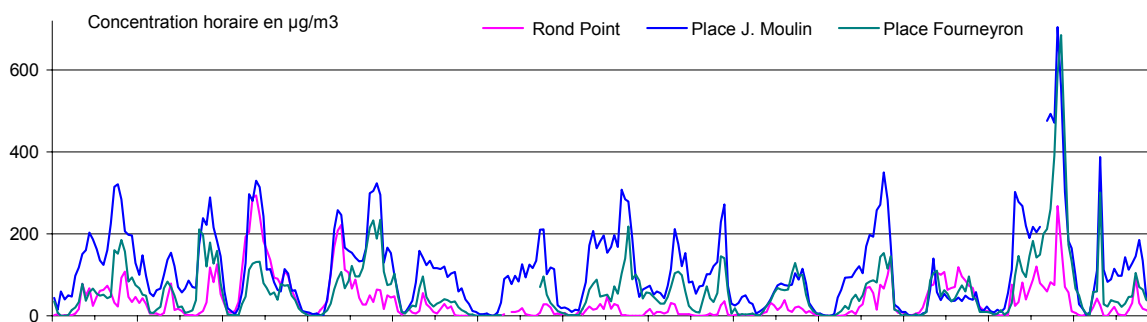


## Mesures places Jean Moulin et Fourneyron du 16 au 28 novembre 2002

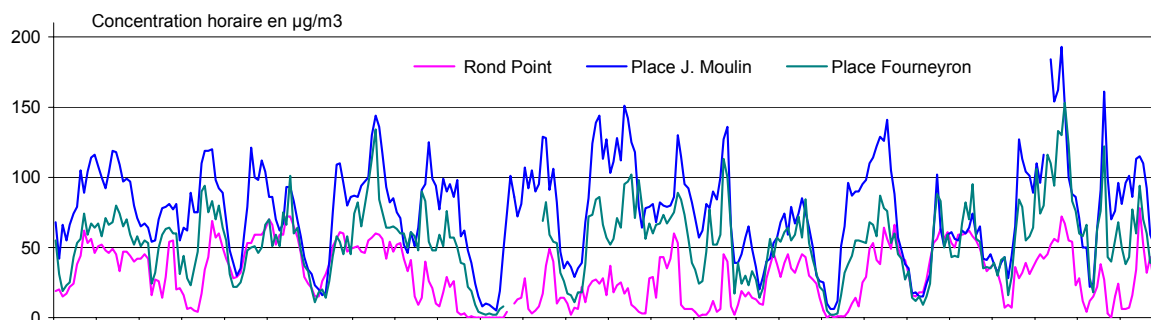
### Monoxyde de carbone



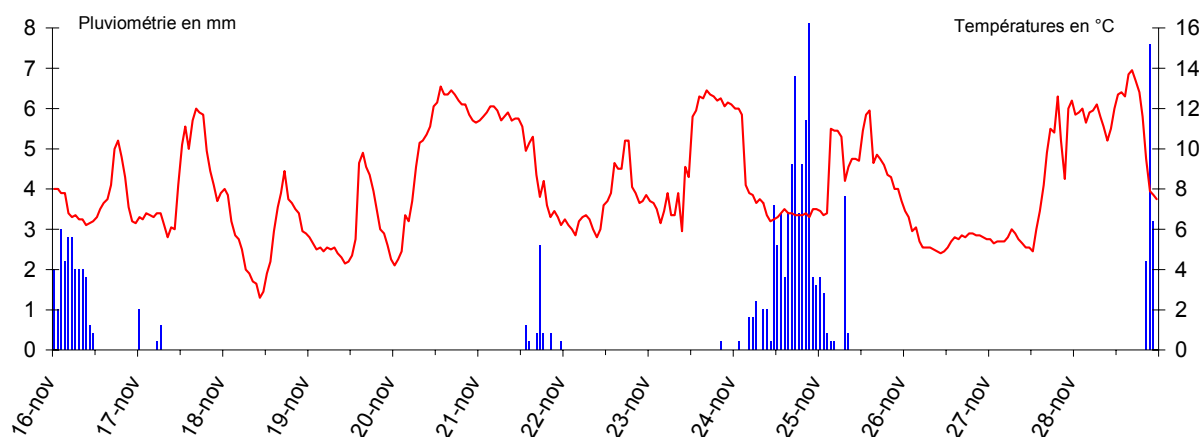
### Monoxyde d'azote



### Dioxyde d'azote

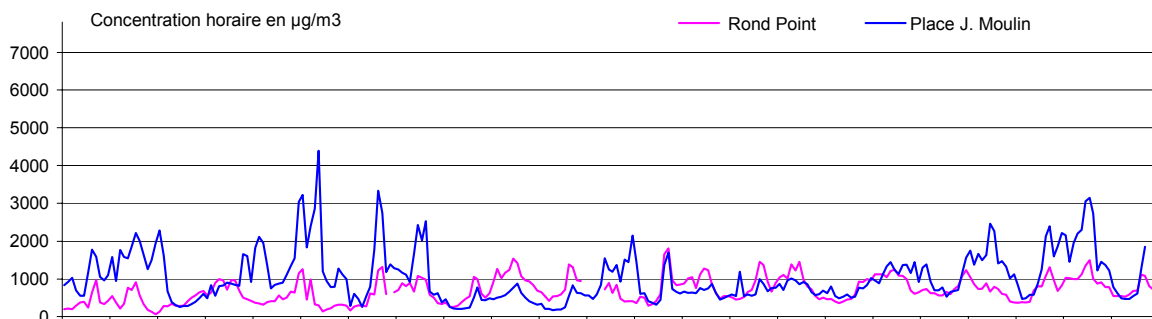


### Paramètres météorologiques

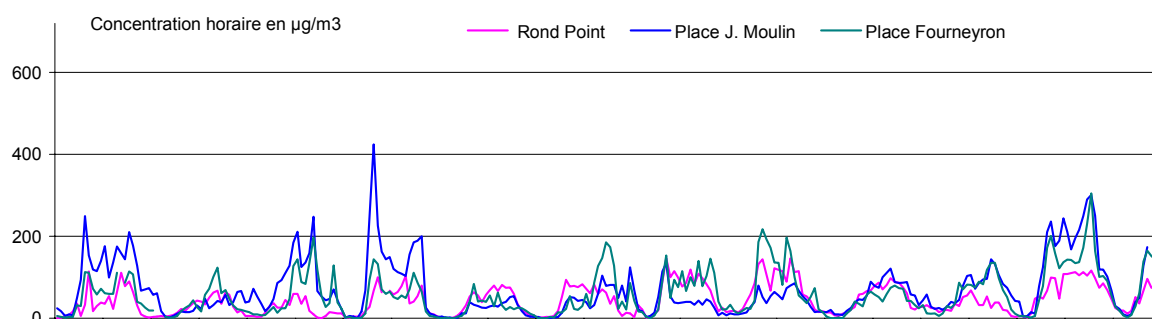


## Mesures places Jean Moulin et Fourneyron du 29 novembre au 10 décembre 2002

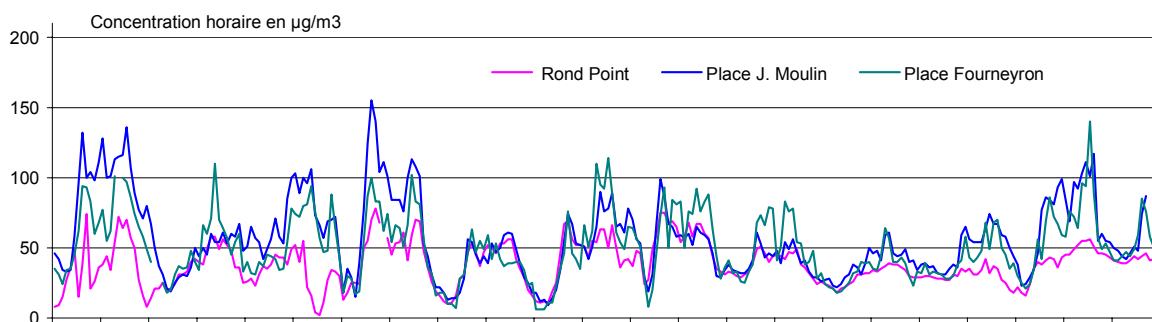
### Monoxyde de carbone



### Monoxyde d'azote



### Dioxyde d'azote



### Paramètres météorologiques

