

Variabilité spatio-temporelle du CO dans le centre de Limoges : apport des mesures itinérantes

Spatiotemporal variability of CO in the center of Limoges: itinerant measures' contribution

Lise-Marie GLANDUS¹, Salem DAHECH², Gérard BELTRANDO³

Résumé

L'objectif est de montrer la variabilité spatio-temporelle d'un polluant fortement présent en milieu urbain : le monoxyde de carbone (CO). Ce gaz est en effet un bon marqueur de la pollution d'origine automobile et ses concentrations peuvent varier dans l'espace et le temps, au sein de la partie centrale d'une ville moyenne comme Limoges. La situation atmosphérique, le trafic routier et l'architecture urbaine peuvent influencer sur les fluctuations spatio-temporelles du CO à une échelle temporelle fine. Le travail s'appuie sur des campagnes de mesures réalisées dans l'hypercentre de Limoges, site aux vitesses de circulation réduites. Les mesures ont été menées de façon itinérante à quatre reprises, à l'aide d'un capteur effectuant des enregistrements toutes les 5 secondes, le long d'un circuit d'une longueur de 4 km pour environ 1 h de marche le long de divers types de voies. Ces campagnes ont été effectuées les dimanche 10 et lundi 11 février 2008, dans des conditions anticycloniques, avec des vents de vitesse faible à modérée. Il s'avère que les plus fortes teneurs (jusqu'à 7,6 ppm) sont mesurées en présence des vitesses de vent les plus faibles (1,3 m/s), alors que la pollution la plus faible est enregistrée lorsque le vent est le plus fort (0,9 ppm en moyenne pour un vent moyen de 4,2 m/s). La hausse du trafic automobile sur un boulevard, les arrêts au feu rouge et le passage de quelques véhicules sur une rue étroite engendrent également des hausses parfois sensibles de pollution.

Mots-clés

CO. Trafic automobile. Centre-ville. Échelles spatio-temporelles fines. Limoges.

Abstract

The aim is to show the spatiotemporal variability of a typical urban pollutant: the carbon monoxide (CO). This gas is indeed well representative of car traffic-related pollution and its concentrations are likely to vary in the center of a medium-sized city as Limoges, in both space and time. On a fine temporal scale, spatiotemporal fluctuations of CO can be dependent on atmospheric conditions, road traffic and urban architecture (such as urban street layout and the difference between wide and narrow streets). This paper is based on itinerant measures' series, carried out within the town center of Limoges. This place corresponds to the historical and commercial center, which is particularly frequented by pedestrians and motorists, with a low speed traffic, frequent slowing downs and accelerations. Itinerant measures have been done four times, thanks to a "Testo" sensor with every 5 seconds recordings, along a specific way: a 4 kilometers long and 1 hour's walk along various types of streets (pedestrian, narrow and wide ones, squares and crossroads). Those measures' series have been carried out on Sunday 10th and Monday 11th February 2008, during anticyclonic conditions, with low or moderate wind speeds. It is turned out that the upper CO concentrations (until 7,6 ppm) appear during the lowest wind speeds (1,3 m/s), whereas the average lowest pollution (0,9 ppm) is recorded when the average highest wind speeds are present (4,2 m/s). Moreover, it is shown that noticeable pollution increases can be recorded in the case of car traffic increase on a boulevard, stops at red lights and a few cars' traffic on a narrow street.

Keywords

TCO. Car traffic. Town center. Fine spatiotemporal scales. Limoges.

1. Université de Limoges – UMR 6042 du CNRS (GEOLAB) – 39E, rue Camille Guérin – 87036 Limoges – lise-marie.glandus@unilim.fr

2. Université de Sfax (Tunisie) – Laboratoire SYFACTE – FLSH Sfax – route de l'aéroport km5 – salem.dahech@univ-paris-diderot.fr

3. Université Denis Diderot (Paris VII) – UMR 8586 du CNRS (PRODIG) – case courrier 7001 – 75205 Paris Cedex 13 – beltrando@univ-paris-diderot.fr

Introduction

Le monoxyde de carbone (CO) est un bon marqueur de la pollution d'origine automobile et de nombreuses études ont démontré que l'exposition prolongée des personnes au trafic en milieu urbain entraîne des conséquences sanitaires : maux de tête et vertiges [1], hospitalisations de personnes âgées pour maladie cardiovasculaire [2]. Le CO, en se mêlant à l'hémoglobine, empêche en effet l'oxygénation de l'organisme, même s'il est présent en faibles quantités, dans le cas d'une exposition prolongée [3]. Ce polluant, qui constitue un danger, se trouve particulièrement présent dans les centres urbains, les caractéristiques de la circulation automobile étant propices à ce type d'émissions. Les normes « Euro » ont cependant permis une diminution des émissions globales, notamment depuis 1993 et l'obligation d'équipement en pot catalytique des véhicules essence neufs et, plus récemment, l'instauration des normes Euro 5 rendant obligatoire l'équipement des nouveaux véhicules diesel en filtre à particules. Par ce biais, les moteurs diesel émettent moins de CO que les moteurs essence, ce qui constitue un avantage au regard de la forte présence des véhicules diesel dans le parc automobile français (plus de la moitié du parc total et environ 70 % des voitures neuves). Les mesures du CO présentent également l'avantage d'être assez fiables et assez faciles à réaliser au moyen de capteurs portables. La réalisation de campagnes de mesures itinérantes du CO permet ainsi d'apporter des informations sur la variabilité spatio-temporelle des teneurs en CO à une échelle temporelle fine et au sein d'un espace restreint : l'hypercentre de Limoges, ville moyenne de 140 000 habitants. Les objectifs sont ici d'étudier les variations des teneurs en CO, au gré des multiples facteurs pouvant les influencer : les conditions météorologiques, notamment la vitesse du vent et la pression atmosphérique, le trafic automobile, ainsi que la configuration des voies de circulation.

1. Site d'étude et méthodologie

1.1. Un site représentatif de la pollution automobile de proximité : l'hypercentre de Limoges

Le choix du site s'est orienté vers un espace soumis à une pollution automobile de proximité, au travers de voies globalement assez fréquentées par les piétons, voire très fréquentées (des rues piétonnes commerciales), et dans lequel les conditions de circulation induisent des émissions plus élevées de CO : vitesse réduite de circulation, ralentissements et redémarrages répétés. La littérature évoque en effet souvent l'influence des types de conduite sur les niveaux d'émissions de divers polluants, parmi lesquels le CO [4, 5].

D'une part, les espaces centraux, lorsqu'ils sont caractérisés par un trafic dense et un manque de place (partage de la voirie avec d'autres usagers :

transports en commun, piétons voire cyclistes), induisent des vitesses de circulation automobile plus faibles qu'en zones périurbaines et surtout rurales. De ce fait, les émissions de CO s'y trouvent plus élevées, dans le cas des véhicules diesel comme des véhicules essence [6]. Si les niveaux émis par les véhicules diesel ont tendance à s'accroître avec une vitesse de circulation relativement faible et une fréquence des arrêts, les niveaux des véhicules essence augmentent, eux, plus particulièrement avec les nombreuses accélérations, *a fortiori* si celles-ci sont fortes [5]. En effet, les conduites agressives sont reconnues comme des causes d'augmentations des émissions, au regard de conduites considérées comme normales [7].

D'autre part, l'hypercentre de Limoges, à l'image des autres espaces de ce type, présente des aménagements urbains influençant la concentration des polluants : des rues assez étroites bordées de bâtiments assez hauts, des larges boulevards, des places et des carrefours. La géométrie des bâtiments localisés le long des voies urbaines est reconnue comme ayant un impact sur la circulation du vent et la dispersion des polluants. Plus particulièrement, il a souvent été observé que les rues larges sont favorables à la dispersion des substances, alors que les rues de moindre largeur bordées de bâtiments hauts sont plutôt propices à la concentration de la pollution, lorsqu'elles ne sont pas orientées dans la direction du vent dominant. La qualité de l'air se détériore au niveau de certaines voies, ce qui augmente la contamination des différents usagers (automobilistes, cyclistes et piétons) [8].

Enfin, il faut préciser que l'association régionale de surveillance de la qualité de l'air en Limousin (Limair) n'avait pas encore, en 2008, année au cours de laquelle les mesures ont été réalisées, implanté de station de type « trafic » à Limoges. Or cette catégorie de station de mesures, devant être située à moins de 5 m des voies de circulation, a pour vocation de mesurer la pollution directement influencée par les émissions routières. La seule station existant en centre-ville est une station de fond de type « urbain » (c'est-à-dire les stations localisées au sein d'espaces relativement éloignés des sources d'émissions et présentant de ce fait la qualité de l'air « moyen » respiré en zone urbaine). Dans le cas de cette station, l'air ambiant est prélevé à environ 3 m au-dessus du substrat. Contrairement aux campagnes itinérantes menées, ce type de mesures fixes ne permet pas de percevoir les niveaux de pollution présents à proximité du trafic routier.

1.2. Protocole des mesures itinérantes des taux de CO

Les mesures ont été réalisées de façon itinérante le long d'un circuit d'une longueur de 4 km pour environ 1 h de marche et donc de mesures. Celles-ci ont été accomplies sur les trottoirs longeant les voies de circulation, à moins de 1,5 m de celles-ci, afin de se placer dans la situation des piétons et de connaître

ainsi les concentrations auxquelles ils sont soumis. La sonde du capteur est placée au niveau de l'appareil respiratoire (à environ 1,5 m du sol – Figure 1). Divers types de voies ont été empruntés afin de montrer la variabilité spatiale du CO : des rues piétonnes, des voies étroites et de larges artères, ainsi que des places et carrefours (Figure 2).

Le matériel utilisé est un capteur portable de type « Testo 400 », programmé pour effectuer des enregistrements toutes les 5 secondes*.

De plus, des mesures fixes d'une durée d'1 minute ont été effectuées à onze reprises, à des emplacements spécifiques : carrefours, places ou voies assez



Figure 1.

Mesures au moyen du capteur portable « Testo 400 », en bordure immédiate des voies de circulation.

fréquentées (Figure 2). Le but est ici de compter les véhicules en circulation ou arrêtés aux feux rouges, afin d'établir un lien entre les niveaux de pollution mesurés et le trafic réel.

Ces campagnes ont été réalisées les dimanche 10 et lundi 11 février 2008, dans des conditions anti-cycloniques, avec des vents de vitesse faible à modérée (4 m/s au maximum) ; soit la situation souhaitée, le choix de ces journées ayant été déterminé par le suivi préalable des conditions météorologiques. Afin d'établir un lien entre teneurs en CO et conditions météorologiques, notamment la vitesse du vent, les moyennes horaires mesurées par Météo-France sur la station de Limoges-Bellegarde sont utilisées (Tableau 1). Cette station – la plus proche de la zone d'étude – est située à 402 m d'altitude, soit 100 m de plus que le centre-ville, au sein d'un site bien dégagé dominant la ville de Limoges.

Ces conditions météorologiques sont favorables à l'observation d'une variabilité spatiale de la pollution. En effet, la présence d'un temps stable et de vents de vitesse relativement faible permet une dispersion limitée des polluants émis et une répartition inégale de la pollution à l'échelle locale.

Des mesures de la vitesse du vent avaient été effectuées tout au long des circuits, mais les valeurs obtenues étaient significativement plus faibles et en grande majorité quasi nulles (vitesse moyenne maximale inférieure à 1,5 m/s, mais fréquemment en-dessous de 0,5 m/s). Ceci nous a donc conduits à ignorer ces données, indiquant la difficulté de mesurer le vent instantané.

Le circuit a été parcouru à quatre reprises, selon les rythmes d'activités urbaines, afin d'observer la variabilité temporelle des taux de CO : le dimanche (de 15 h à 16 h) et le lundi (de 8 h 50 à 9 h 50 ; de 12 h 35 à 13 h 35 et de 16 h 40 à 17 h 40).

Cependant, il faut préciser que les dates des campagnes entrent dans une période de vacances scolaires : ces dates choisies sur des critères météorologiques correspondent probablement à une période de diminution du trafic et donc des émissions. Ces campagnes ne sont donc que très spécifiques et pas

* Ce capteur avait été étalonné en 2006 [9] et il possède une marge d'incertitude d'environ 5 %.

Tableau 1.

Valeurs moyennes horaires correspondant aux heures de mesures, issues de la station Météo-France de Limoges-Bellegarde. (Températures mesurées à 1,70 m et vents mesurés à 10 m du sol).

Journées	Horaires	Température (°C)	Pression (hPa)	Vent moyen (m/s)
Dimanche 10	15 h 00 - 16 h 00	13,5	1 027,5	1,10
Lundi 11	9 h 00 - 10 h 00	3,8	1 028,7	3,00
	12 h 00 - 13 h 00	8,3	1 028,1	4,20
	13 h 00 - 14 h 00	9,6	1 027,6	4,20
	16 h 00 - 17 h 00	12	1 025,8	1,90
	17 h 00 - 18 h 00	12,1	1 025,7	1,10

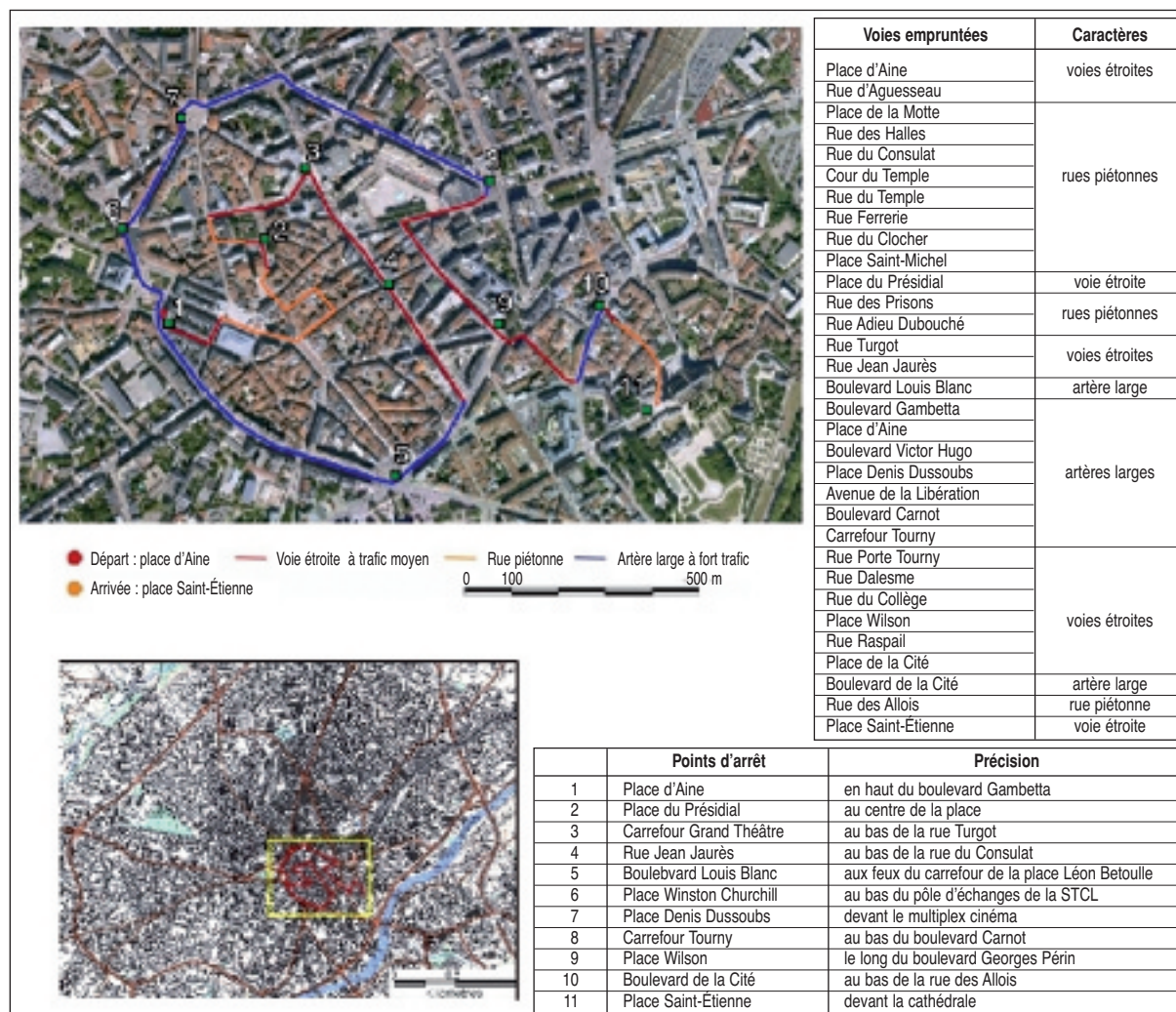


Figure 2.

Présentation du circuit de mesures, des différentes voies empruntées et des 11 points d'arrêts effectués.
(Fond de carte : Google Earth © 2009 ; IGN).

totalelement représentatives de l'état moyen de la ville de Limoges, même si elles permettent malgré tout de percevoir une partie de la variabilité spatiale du CO en milieu urbain.

2. Variabilité temporelle des teneurs en CO

Les comptages effectués à l'occasion des onze points d'arrêt de cette campagne montrent une progression de la circulation automobile entre le dimanche après-midi et le lundi en fin d'après-midi : de 56 à 163 voitures comptées au total, en circulation ou arrêtées aux feux rouges (Tableau 2). On peut alors supposer que cette évolution du trafic doit entraîner une hausse des concentrations en CO. Or au regard des concentrations maximales et des moyennes sur les points d'arrêt, on constate que les variations des taux de CO et du trafic ne suivent pas un cheminement exactement parallèle.

Une élévation des valeurs maximales est perceptible entre le circuit du dimanche après-midi et celui du lundi de 16 h 40 à 17 h 40, au cours duquel les valeurs les plus élevées sont enregistrées. Cette hausse suit ainsi celle du trafic. Néanmoins, les deux autres circuits du lundi montrent des concentrations maximales sur les 11 points d'arrêt (2,4 et 1,8 ppm) inférieures à celle du dimanche après-midi (3,3 ppm), alors que la circulation automobile est assez faible ce jour-là.

Outre la relation entre trafic et pollution, une autre composante non négligeable, la vitesse du vent, doit être intégrée afin de comprendre les variations des concentrations en CO (Tableau 2).

La moyenne des mesures réalisées sur 1 heure permet de constater que les taux les plus élevés sont relevés quand le vent est faible et l'atmosphère la plus stable : dimanche après-midi et lundi en fin d'après-midi. Au contraire, les taux les plus faibles apparaissent le lundi entre 12 h 35 et 13 h 35 : à cet

Tableau 2.
Données relatives aux quatre circuits et aux onze points d'arrêt
des campagnes de mesures effectuées les 10 et 11 février 2008 dans l'hypercentre de Limoges.

Données relatives aux circuits et points d'arrêt	Dimanche 15 h 00	Lundi 8 h 50	Lundi 12 h 35	Lundi 16 h 40
Taux moyens de CO (en ppm) sur les 11 points d'arrêt	2,28	1,32	0,71	2,30
Taux moyens de CO (en ppm) sur l'ensemble du circuit	2,52	1,15	0,89	2,37
Concentrations maximales en CO (en ppm) sur les 11 points d'arrêt	3,30	2,40	1,80	4,70
Concentrations maximales en CO (en ppm) sur l'ensemble du circuit	5,90	7,00	5,90	7,60
Concentrations minimales en CO (en ppm) sur les 11 points d'arrêt	1,10	0,40	0,00	0,90
Concentrations minimales en CO (en ppm) sur l'ensemble du circuit	0,60	0,00	0,00	0,30
Vitesse moyenne du vent à Bellegarde (en m/s)	1,1	3	4,2	1,5
Nombre de voitures comptabilisées sur les 11 points d'arrêt	56	101	113	163

horaire-ci, la vitesse du vent est la plus élevée (4,2 m/s, contre seulement 1,1 m/s le dimanche), facilitant la dispersion de la pollution, d'autant plus que le CO est un polluant volatil ; sa dispersion est donc rapide lorsque le vent est de vitesse modérée ou forte. Le circuit du lundi matin (entre 8 h 50 et 9 h 50) présente également des contrastes globalement moins marqués et des concentrations plus faibles que le dimanche.

Cependant, cette comparaison doit être modérée, les mesures météorologiques provenant de la station Météo-France située à 7 km à l'ouest de la zone d'étude. Ces données ne représentent donc pas les conditions réelles rencontrées lors de ces journées, la ventilation étant influencée par la morphologie urbaine. Malgré tout, cette relation établie entre diminution de la vitesse du vent et hausse de la pollution correspond à ce qui apparaît dans la littérature [10, 11].

Ces premières observations permettent alors de constater que la mise en relation entre teneurs en CO et trafic automobile doit être opérée à une échelle plus fine que l'échelle journalière et même horaire, tant les fluctuations spatiales sont importantes.

3. Variabilité spatiale des teneurs en CO à l'échelle du quartier

3.1. Des hausses ponctuelles de CO liées au trafic automobile

L'observation des valeurs mesurées sur les quatre circuits montre que les lieux où les concentrations en CO sont plus élevées le dimanche après-midi (entre 15 h et 16 h) que le lundi en fin d'après-midi (entre 16 h 40 et 17 h 40) correspondent à des zones de faible trafic. Inversement, les concentrations plus élevées le lundi s'observent au sein de zones de fort trafic. La pollution mesurée le lundi en fin d'après-midi est donc probablement la conséquence directe de la circulation automobile, assez présente à ces heures-

ci (163 voitures comptabilisées sur les 11 points d'arrêt, contre 56 le dimanche). Les taux de CO du dimanche après-midi sont caractéristiques d'une situation météorologique très stable mariée à un faible trafic automobile.

Au regard des mesures sur chacun des circuits (Figure 3), on peut constater que des hausses des valeurs sont visibles sur les voies les plus fréquentées (avenues, carrefours), mais également lors des arrêts des véhicules aux feux rouges.

Les concentrations maximales du dimanche après-midi sont enregistrées au niveau de la place Denis Dussoubs – point d'arrêt n° 7 – (4,3 ppm) et surtout dans l'avenue de la Libération (5,9 ppm), au croisement du boulevard Carnot, les larges artères où les véhicules sont les plus nombreux ce jour-ci. Par la suite, les valeurs diminuent à l'occasion du passage sur des voies étroites et secondaires, peu fréquentées. De même le lundi, entre 12 h 35 et 13 h 35, la hausse la plus marquée se manifeste à partir de la place Denis Dussoubs et particulièrement avenue de la Libération (5,9 ppm). Les valeurs se stabilisent ensuite à de faibles niveaux (environ 0,5 ppm) jusqu'à l'arrivée, à l'exception d'une dernière hausse (5,4 ppm) boulevard de la Cité, du fait d'une fréquentation assez importante de cette voie.

Le dernier circuit du lundi, entre 16 h 40 et 17 h 40 (Figure 4), met en évidence une nette augmentation des concentrations par rapport au circuit précédent, en lien avec l'élévation du trafic. Comme observé précédemment, les teneurs en CO augmentent à partir de la place Denis Dussoubs (point d'arrêt n° 7), les valeurs étant particulièrement élevées dans l'avenue de la Libération (jusqu'à 7,6 ppm, soit 8816 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondant au maximum enregistré lors de cette campagne). Or le trafic est, à cette heure-ci, largement supérieur à celui des trois autres circuits.

Par ailleurs, lors du dernier circuit, les taux oscillent clairement entre les passages et l'absence de véhicule, ainsi qu'entre la circulation et l'arrêt des

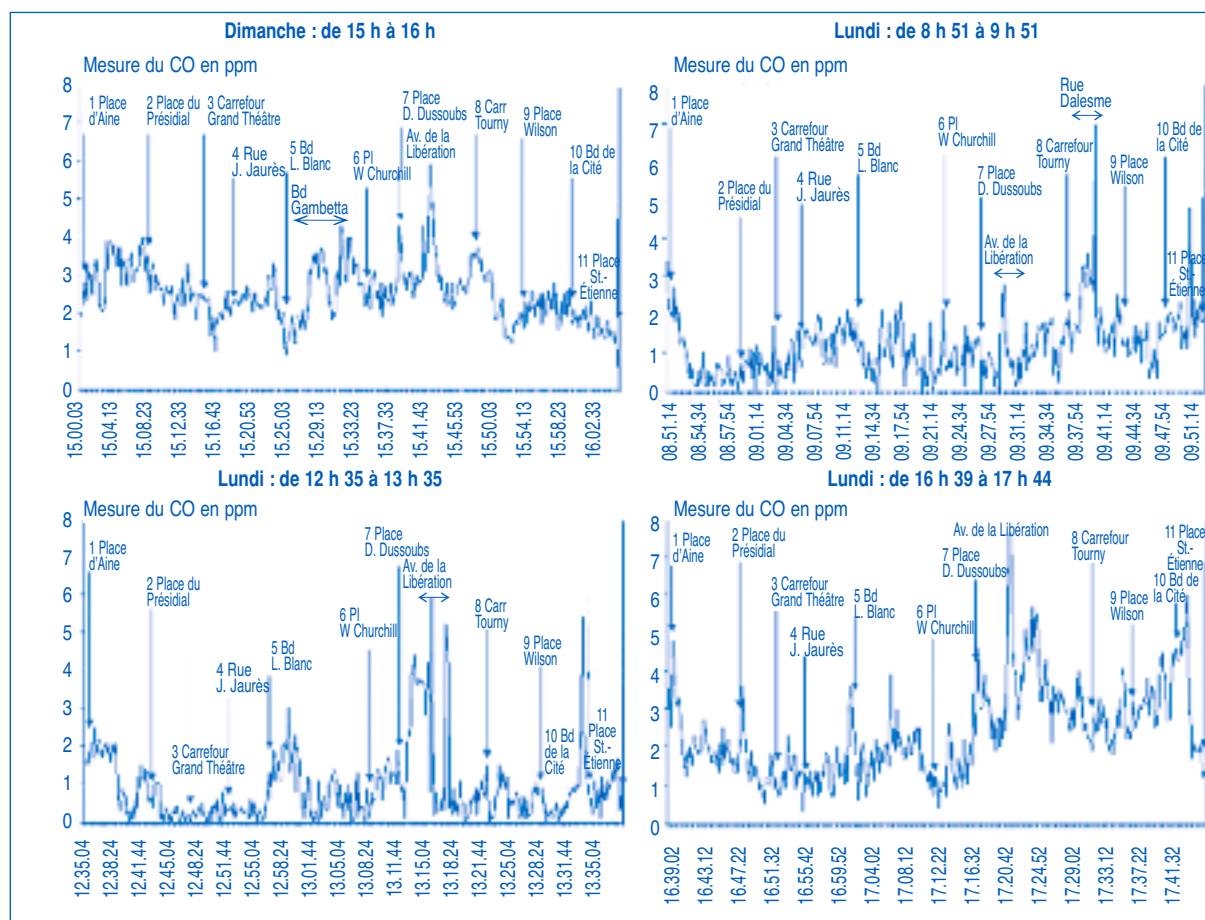


Figure 3.

Fluctuations des concentrations en CO sur les quatre circuits de mesures parcourus les 10 et 11 février 2008 dans l'hypercentre de Limoges

voitures. La pollution en CO augmente boulevard Louis Blanc (point d'arrêt n° 5), notamment au feu rouge. En effet, nous relevons un premier taux important, suivi d'une baisse : la première période correspond à un arrêt des voitures au feu rouge, suivie du passage au feu vert. Un phénomène similaire peut être noté place Wilson (point d'arrêt n° 9) : après une première phase au cours de laquelle les voitures circulent, une hausse des concentrations en CO est enregistrée lors de l'immobilisation au feu rouge.

Le dernier circuit de mesures, réalisé le lundi entre 16 h 40 et 17 h 40, apparaît comme le plus représentatif de l'influence du trafic automobile en centre-ville sur la pollution de proximité : cette situation peut s'expliquer par la relative stabilité atmosphérique et la faiblesse du vent à cette heure-ci (1,5 m/s), limitant la dispersion des polluants et permettant une meilleure appréhension des niveaux de pollution, à une heure où le trafic automobile est le plus intense.

3.2. Des valeurs influencées par la morphologie urbaine

Certaines rues étroites, en dépit de la fluidité du trafic, apparaissent plus polluées que les artères

larges et plus fréquentées. Des mesures de température auraient peut-être pu révéler une diminution des valeurs en entrant dans ces rues, en raison d'une ombre plus marquée, cette situation entraînant une plus grande densité de l'air propice à la concentration du CO. À plus long terme, l'impact croisé de la largeur des rues et de la hauteur des bâtiments sur les niveaux de pollution pourrait être étudié, notamment par le biais de l'indice de construction de Landsberg.

Tout d'abord, il apparaît qu'au sein de l'espace piétonnier, les valeurs du dimanche après-midi se maintiennent aux mêmes niveaux que celles enregistrées place d'Aine (point d'arrêt n° 1), pourtant soumise à la proximité de la circulation automobile. Mais cet espace est composé de rues étroites bordées de bâtiments assez hauts, ces caractères constituant une condition néfaste à une bonne dispersion de la pollution. *A fortiori*, la majorité des rues empruntées ont une orientation sud-ouest/nord-est, contraire à l'orientation sud (170°) du vent dominant mesuré à la station Météo-France de Bellegarde à l'heure des mesures. Toutefois, comme précédemment, des réserves restent à faire quant à l'utilisation de ces données, non représentatives de la réalité du terrain.

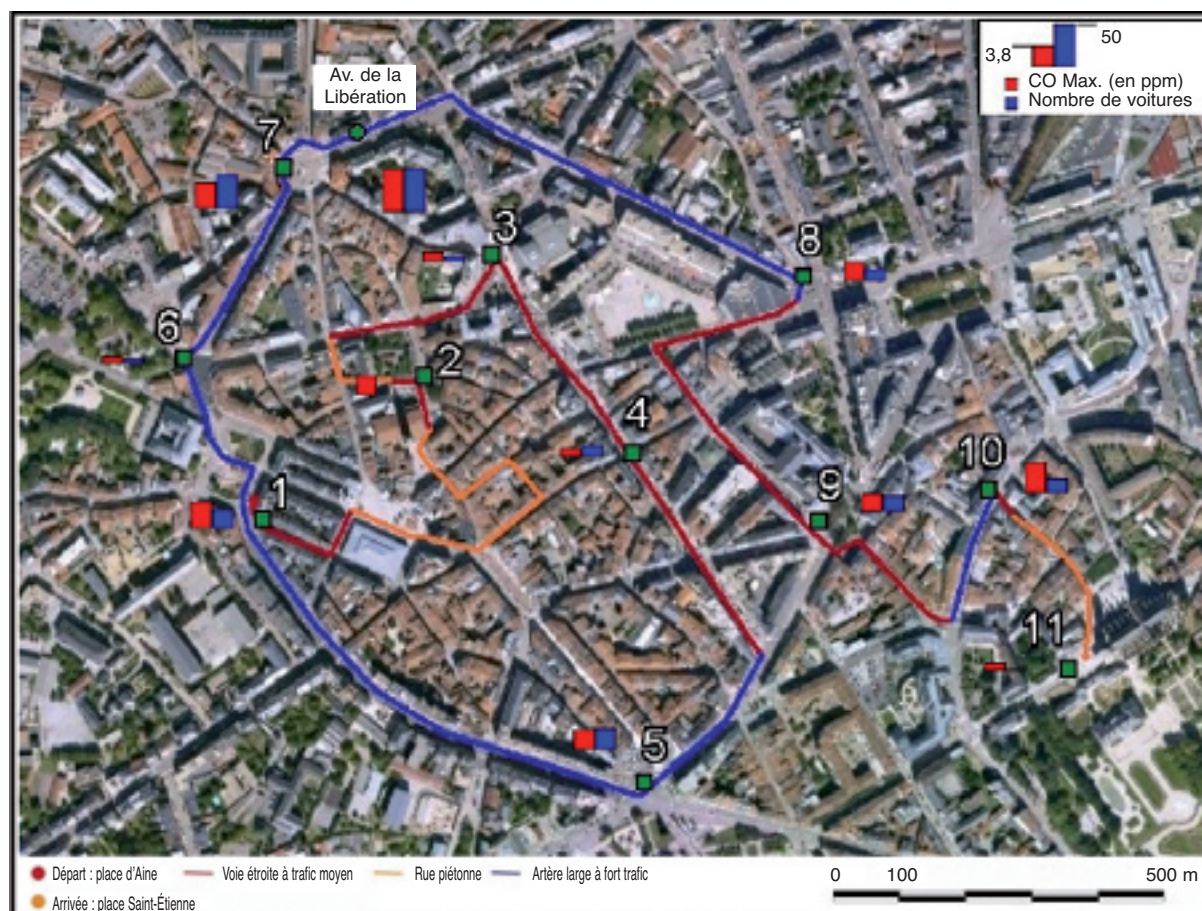


Figure 4.

Concentrations maximales en CO sur 1 mn et le nombre de voitures sur les 11 points d'arrêt et l'avenue de la Libération, le lundi entre 16 h 40 et 17 h 40.

(Fond de carte : Google Earth © 2009).

Ce jour-ci, les concentrations de l'espace piétonnier (3 ppm en moyenne) sont même supérieures à celles mesurées rue Jean Jaurès et boulevard Louis Blanc (2,2 ppm) où huit voitures sont comptabilisées. Or ces dernières voies sont d'une largeur moyenne, pouvant favoriser leur ventilation et, de ce fait, la dispersion des polluants. Cette observation témoigne de la forte variabilité spatiale du CO et de l'influence de la morphologie urbaine sur les niveaux de pollution, comme déjà observé à Paris par exemple [9].

Toutefois, contrairement à ce qui est observé le dimanche, les concentrations des trois circuits du lundi diminuent au sein des rues piétonnes. Notamment, les valeurs chutent brutalement à l'entrée dans le dernier espace piétonnier (entre les points d'arrêt n^{os} 10 et 11) traversé le lundi entre 16 h 40 et 17 h 40. Deux paramètres peuvent alors être intégrés afin d'expliquer ces différences. Tout d'abord, la vitesse du vent mesurée à Limoges (sur la station Météo-France de Bellegarde) est beaucoup

plus élevée lors des deux circuits du lundi matin (entre 8 h 50 et 9 h 50 puis entre 12 h 35 et 13 h 35) : 3 et 4,2 m/s, contre seulement 1,1 m/s le dimanche. Cette hausse de la ventilation peut ainsi permettre une plus grande dispersion de la pollution. Ensuite, le trafic automobile est nettement plus important le lundi en fin d'après-midi (163 véhicules comptabilisés sur les 11 points d'arrêt contre 56 le dimanche), induisant un contraste plus marqué entre les espaces soumis à la circulation et les espaces vierges de trafic.

Enfin, il faut noter l'existence d'une hausse importante des concentrations en CO le lundi matin (entre 8 h 50 et 9 h 50), au passage dans la rue Dalesme (7 ppm) : cette voie est étroite et assez peu fréquentée. Le passage de seulement quelques véhicules roulant à faible vitesse (moins de 30 km/h) aux abords d'un parking et les dimensions de la rue, peu favorables à la dispersion des polluants, entraînent une brusque élévation des concentrations.

Conclusion

Les concentrations en CO dans l'hypercentre d'une ville moyenne comme Limoges varient assez nettement dans le temps et l'espace, en fonction de plusieurs paramètres dont les influences sont couplées : les contrastes dans les vitesses et les directions du vent, les fluctuations du trafic automobile et les différences de configuration des voies de circulation, mais peut-être aussi indirectement la température.

Les valeurs les plus élevées (jusqu'à 7,6 ppm) sont mesurées en présence d'un vent de faible vitesse (1,3 m/s en moyenne horaire), mais aussi dans les conditions de trafic le plus intense. Par ailleurs, la hausse de la circulation automobile sur un boulevard, le passage de quelques véhicules au sein d'une rue étroite et les arrêts au feu rouge provoquent des

hausse parfois sensibles de la pollution en CO. Néanmoins, ces pics restent ponctuels et le retour à un trafic fluide permet la baisse rapide de ces valeurs à des moyennes variant entre 0,9 et 2,5 ppm. Tous ces taux, qu'ils soient des moyennes ou des pics de pollution, sont ainsi inférieurs aux valeurs guides moyennes indiquées par l'OMS pour de courtes périodes (86 ppm sur 15 mn et 26 ppm sur 1 h).

Ces campagnes révèlent la forte variabilité spatiale et temporelle du CO, indicateur de la pollution, mais aussi la faible représentativité des mesures réalisées par les associations de surveillance dans les stations de fond, quant à la pollution à laquelle sont soumis les automobilistes, piétons ou cyclistes. La moyenne des valeurs mesurées par la station située en hypercentre de Limoges (sur la période disponible : du 18 mars au 28 décembre 2006) est largement inférieure à celle de ces campagnes de mesures : 0,26 ppm contre 1,73 ppm.

Références

- [1] Raaschou-Nielsen O, Nielsen ML, Gehl J. Traffic-related air pollution: exposure and health effects in Copenhagen street cleaners and cemetery workers. *Environmental Health* 1995 ; 50 : 207-13.
- [2] Burnett RT, Dales RE, Brook JR *et al.* Association between ambient carbon monoxide levels and hospitalizations for congestive heart failure in the elderly in 10 Canadian cities. *Epidemiology* 1997 ; 8 : 162-7.
- [3] APPA Nord-Pas-de-Calais. Intoxications au monoxyde de carbone. <http://www.appanpc.fr>, 2008.
- [4] Ericsson E. Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors. *Transportation Research Part D* 2001 ; 6 : 325-45.
- [5] André M, Rapone M. Analysis and modelling of the pollutant emissions from European cars regarding the driving characteristics and test cycles. *Atmospheric Environment* 2009 ; 43 : 986-95.
- [6] André M, Hammarström U. Driving speeds in Europe for pollutant emissions estimation. *Transportation Research Part D* 2000 ; 5 : 321-35.
- [7] Vliieger ID, Keukeleere DD, Kretschmar JG. Environmental effects of driving behavior and congestion related to passenger cars. *Atmospheric Environment* 2000 ; 34 : 4649-55.
- [8] Xiaomin X, Zhen H, Jiasong W. The impact of urban street layout on local atmospheric environment. *Building and Environment* 2006 ; 41 : 1352-63.
- [9] Quenol H, Bridier S, Frangi JP *et al.* Space-time variability factors from air pollution inside Paris by CO measurement. *Erdkunde* 2006 ; 60/1 : 40-50.
- [10] Oettl D, Goulart A, Degrazia G, Anfossi D. A new hypothesis on meandering atmospheric flows in low wind speed conditions. *Atmospheric Environment* 2005 ; 39 : 1739-48.
- [11] Holmes NS, Morawska L, Mengersen K, Jayaratne ER. Spatial distribution of submicrometre particles and CO in an urban microscale. *Atmospheric Environment* 2005 ; 39 : 3977-88.