



Surveillance de la qualité de l'air en région Centre

Zones 30

Simulation de l'impact des aménagements urbains sur

la qualité de l'air

Rapport final

Novembre 2008

Lig'Air - Surveillance de la qualité de l'air en région Centre

3 rue du Carbone - 45 100 ORLEANS

Tél : 02.38.78.09.49 - Fax : 02.38.78.09.45 - Courriel : ligair@ligair.fr - Site internet : www.ligair.fr

Sommaire

| | |
|--|------------------|
| Avertissement | 3 |
| I- Introduction et cadre de l'étude | 4 |
| II- Hypothèses et limites des simulations utilisées..... | 5 |
| II-1 Généralités | 5 |
| II-2 Les sources d'émissions..... | 5 |
| II-3 Configuration de la rue | 6 |
| II-4 Données météorologiques | 7 |
| II-5 La pollution de fond | 7 |
| III- Simulations et résultats | 7 |
| III-1 Concentrations en NO₂ et vitesses de circulation | 7 |
| III-2 Influence des aménagements sur les concentrations en NO₂ . | 10 |
| <i>III-2-1 Mise en place des simulations</i> | <i>10</i> |
| <i>III-2-2 Résultats et discussions.....</i> | <i>11</i> |
| Conclusion | 14 |
| Annexes..... | 15 |

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure/la simulation d'un ensemble d'éléments en un instant donné caractérisé par des conditions climatiques propres.

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Lig'Air.

Lig'Air ne saurait être tenue pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou l'utilisation des informations faites par un tiers.

I- Introduction et cadre de l'étude

La réduction des vitesses, dans les zones utilisées par les piétons et/ou les cyclistes, a un objectif principal : améliorer la sécurité routière. La diminution de la pollution de l'air au niveau de ces zones n'est pas forcément un objectif prioritaire ; cependant, il est intéressant de se pencher sur la question suivante : la mise en place de structures telles que les zones 30¹ permet-elle d'améliorer la qualité de l'air ?

Cette question a été abordée par Lig'Air, à la demande de la DRIRE Centre, dans le cadre des Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) des agglomérations d'Orléans² et de Tours³.

Deux approches différentes mais complémentaires ont été utilisées pour comprendre et quantifier la variation de la pollution entre « zones 30 » et « zones 50 » :

- la sensibilité des émissions à la vitesse de circulation,
- l'étude de terrain visant la mesure des concentrations en oxydes d'azote et en benzène sur 6 « zones 30 » par agglomération.

L'étude de sensibilité a montré que pour une circulation adaptée aux centres urbains (≤ 50 km/h), toute réduction de vitesse entraîne une augmentation des émissions en oxydes d'azote et en Composés Organiques Volatils (COV).

En terme de concentration, les études de terrain ont montré l'absence de corrélation simple avec la vitesse de circulation.

Les concentrations en « zones 30 » peuvent dépasser celles en « zones 50 ». Mais elles peuvent aussi être inférieures ou de même ordre de grandeur, montrant ainsi leurs dépendances vis-à-vis d'autres paramètres.

En effet, en dehors des conditions météorologiques, l'intensité de la circulation, la fluidité du trafic ainsi que la configuration des rues semblent jouer un rôle sur la variabilité des concentrations observées.

La présente étude constitue une suite aux précédentes études^{2,3}. Elle a pour objectif d'approcher, par simulation numérique, l'influence du trafic automobile, en terme d'intensité et de fluidité, et de la configuration des rues sur les concentrations en dioxyde d'azote susceptibles d'être observées.

La fluidité du trafic automobile dans les « zones 30 » est approchée en simulant les deux principaux aménagements urbains utilisés pour réduire la vitesse dans les « zones 30 » : la chicane et le dos d'âne.

L'ensemble de ces simulations est effectué suivant deux situations météorologiques, l'une « critique » : favorable à l'accumulation des polluants dans l'air et l'autre « non critique ».

¹ En France, la définition officielle est donnée par l'article R110-2 du Code de la Route : « Le terme "Zone 30" désigne une section ou un ensemble de sections de routes constituant, dans une commune, une zone de circulation homogène où la vitesse est limitée à 30 km/h et dont les entrées et les sorties sont annoncées par une signalisation et font l'objet d'aménagements spécifiques. »

² Rapport Lig'Air : « PPA ORLEANS – Concentrations et émissions en zones 30 – Automne 2006 »

³ Rapport Lig'Air : « PPA TOURS – Concentrations et émissions en zones 30 – Automne 2007 »

II- Hypothèses et limites des simulations utilisées

II-1 Généralités

Les polluants primaires sont émis dans l'atmosphère par différentes sources naturelles ou anthropiques. Une fois présents dans l'atmosphère, ils vont subir différentes interactions chimiques (réactions chimiques, photolyse, ...) et/ou physiques (dépôt, dispersion, transport, stagnation, ...) conduisant à leur dilution/disparition ou au contraire à leur accumulation dans l'air. La concentration mesurée est alors une résultante de l'ensemble de ces processus à un instant donné. Par conséquent, la prédominance d'un processus par rapport à un autre ou d'une source par rapport à une autre, dans la détermination de la concentration finale est une question complexe qui ne peut pas être approchée uniquement par la mesure.

La simulation numérique reste l'outil incontournable pour approcher et comprendre ces phénomènes complexes et pour apporter des éléments de réponse à ces considérations.

Dans le domaine de la qualité de l'air, les simulations numériques sont généralement utilisées pour prédire la qualité de l'air à l'échelle journalière du jour « J » à « J+2 » pour des études de scénario et de projection à plusieurs années mais aussi pour des études de sensibilité afin de comprendre le comportement des polluants par rapport à la variabilité d'un processus donné.

Les simulations réalisées dans le cadre de cette étude sont des simulations de sensibilité visant la compréhension de la variation des concentrations en NO₂ en fonction de certains paramètres liés à la configuration et à l'aménagement des rues, d'une part et à la circulation automobile en terme de vitesse et d'intensité du trafic automobile, d'autre part.

Les simulations sont réalisées à l'aide du modèle ADMS Urban. Ce dernier est adapté au milieu urbain et prend en compte un grand nombre de processus chimiques et physiques qui s'imbriquent entre eux pour décrire cette forme de pollution.

Dans le cadre de cette étude et afin de mettre en relief la variation des concentrations en NO₂ suivant les paramètres choisis (vitesse de circulation, intensité du trafic, configuration et aménagements de la rue), nous avons ignoré volontairement les variations spatiales et temporelles d'un certain nombre de facteurs. La prise en compte de ces derniers facteurs aurait rendu complexe l'interprétation des résultats ainsi que la mise en évidence de l'influence des paramètres étudiés.

Par conséquent, les résultats de ces simulations ne peuvent pas prétendre à une description complète de l'état de pollution, mais ils servent uniquement à mettre en relation l'action de ces facteurs sur la variabilité des concentrations en NO₂.

II-2 Les sources d'émissions

Pour toute cette étude, seules les émissions issues du trafic routier ont été prises en compte. Les autres sources d'émission de polluants comme les sources issues du chauffage résidentiel ou d'origine industrielle, agricole et biogénique ont été volontairement omises lors de cette étude.

En ce qui concerne le trafic automobile, les variations temporelles ont été ignorées. Les simulations sont axées sur l'heure de pointe du soir.

Deux flux automobiles ont été utilisés : 500 véhicules/heure et 1000 véhicules/heure, représentant approximativement un trafic moyen journalier respectivement de 5000 et

10 000 véhicules/jour. Les concentrations obtenues, sont donc représentatives d'un maximum horaire engendré uniquement par le trafic automobile.

Le parc automobile pris en compte est celui fourni par le CITEPA pour l'année 2005. Il prend en compte 241 catégories de véhicules réparties selon 4 grandes classes de véhicules : les VP (Véhicules Particuliers), les VUL (Véhicules Utilitaires Légers), les PL (Poids Lourds, comprenant les bus) et les 2R (les 2 Roues).

Ce parc automobile a été réparti suivant quatre classes de la manière suivante :

- pourcentage de VP : 85,5%
- pourcentage de VUL : 9,4%
- pourcentage de PL : 3,8% (2% de bus et 1,8% de camions)
- pourcentage de 2R : 1,3%.

Cette répartition est représentative d'un parc circulant en centre urbain.

Les émissions liées au trafic automobile sont calculées pour chacune des classes à partir du logiciel COPERT IV. Seules les émissions à chaud sont prises en compte.

Les perturbations des émissions liées à l'accélération et à la décélération sont ignorées puisque COPERT IV et ADMS ne permettent pas de les simuler.

II-3 Configuration de la rue

Les simulations ont été effectuées sur deux typologies de rue différentes : « canyon » et « non canyon ». La hauteur du bâti varie en fonction de la typologie de la rue tout en restant uniforme des deux cotés de la rue. En dehors de cette typologie, les deux rues présentent les mêmes caractéristiques :

- longueur : 1 km
- largeur : 6 m : 4 m de chaussée avec 1 m de trottoir de chaque côté de la rue (figure 1)

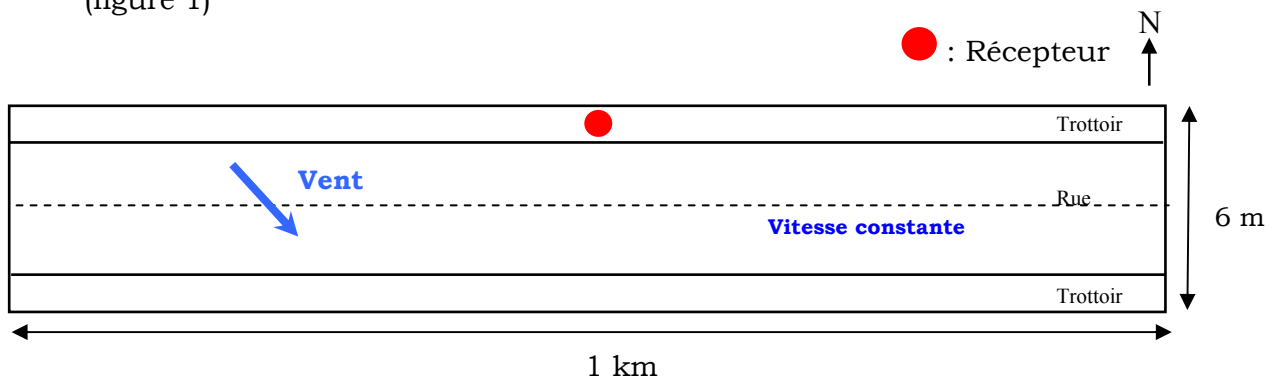


Figure 1 : rue et trottoir

Les rues ont été choisies arbitrairement de façon à être orientées dans l'axe ouest-est ; elles ne présentent, par ailleurs, aucune pente.

Lors des simulations et suivant la configuration de la rue, les concentrations maximales n'étaient pas observées sur le même côté de la rue. Par conséquent, afin de faire des comparaisons objectives, nous avons étudié les concentrations simulées au niveau d'un récepteur situé au niveau du trottoir de la rue modélisée à 50 cm du mur et à 2 mètres de hauteur, sur la partie « haute » de la rue (point rouge sur la figure 1).

II-4 Données météorologiques

La direction du vent a été fixée arbitrairement au nord-ouest.

En ce qui concerne la vitesse du vent (paramètre jouant un grand rôle dans la dispersion des polluants), deux vitesses de vent ont été étudiées, simulant une situation favorable à l'accumulation de la pollution, en particulier en période hivernale (météorologie « critique » avec une vitesse de vent de 1 m/s) et une situation météorologique « non critique » matérialisée principalement par un vent de 3 m/s, représentatif d'une situation printanière.

Les deux situations météorologiques étudiées sont hors période pluviale.

II-5 La pollution de fond

La pollution de fond concernant les principaux polluants primaires issus du trafic routier ainsi que les niveaux d'ozone introduits dans ADMS Urban sont renseignés dans le tableau n°1.

| Polluants | Concentration de fond (moyenne horaire) |
|---------------------------------|---|
| Dioxyde d'azote NO ₂ | 7,7 |
| Ozone O ₃ | 80 |
| Oxydes d'azote NO _x | 9,6 |

Tableau n°1 : pollution de fond horaire en µg/m³

III- Simulations et résultats

Le but principal de ces simulations est d'approcher l'impact sur la qualité de l'air (et en particulier sur les concentrations en dioxyde d'azote) des différents aménagements utilisés dans les « zones 30 » afin d'obliger les conducteurs à respecter la vitesse de circulation. Cependant, afin de faciliter la lecture et l'interprétation des résultats de ces simulations, nous avons réalisé une étude de sensibilité des concentrations en NO₂ aux vitesses de circulation.

III-1 Concentration en NO₂ et vitesses de circulation

Pour l'étude de sensibilité, quatre vitesses de circulation ont été utilisées, chacune d'elle représente un mode de circulation susceptible d'être observé en centre urbain :

- 10 km/h : circulation difficile (bouchon, embouteillage, circulation aux alentours d'un ralentisseur, dos d'âne, arrêt fréquent...),
- 20 km/h : circulation moyenne (circulation alternée, route encombrée mais avec une certaine fluidité...),
- 30 km/h : vitesse maximale autorisée en « zone 30 »,
- 50 km/h : vitesse maximale autorisée en centre urbain.

Pour chaque tranche de vitesse, huit simulations ont été réalisées visant la variabilité des concentrations en NO₂ suivant la configuration de la rue (« canyon » et « non canyon »), l'intensité du trafic automobile (5000 et 10 000 véhicules/jour) et en fonction de deux situations météorologiques (critique et non critique, (cf. II-4)). Les résultats de ces simulations sont représentés sur la figure 2. Les valeurs chiffrées sont consultables en annexe 1.

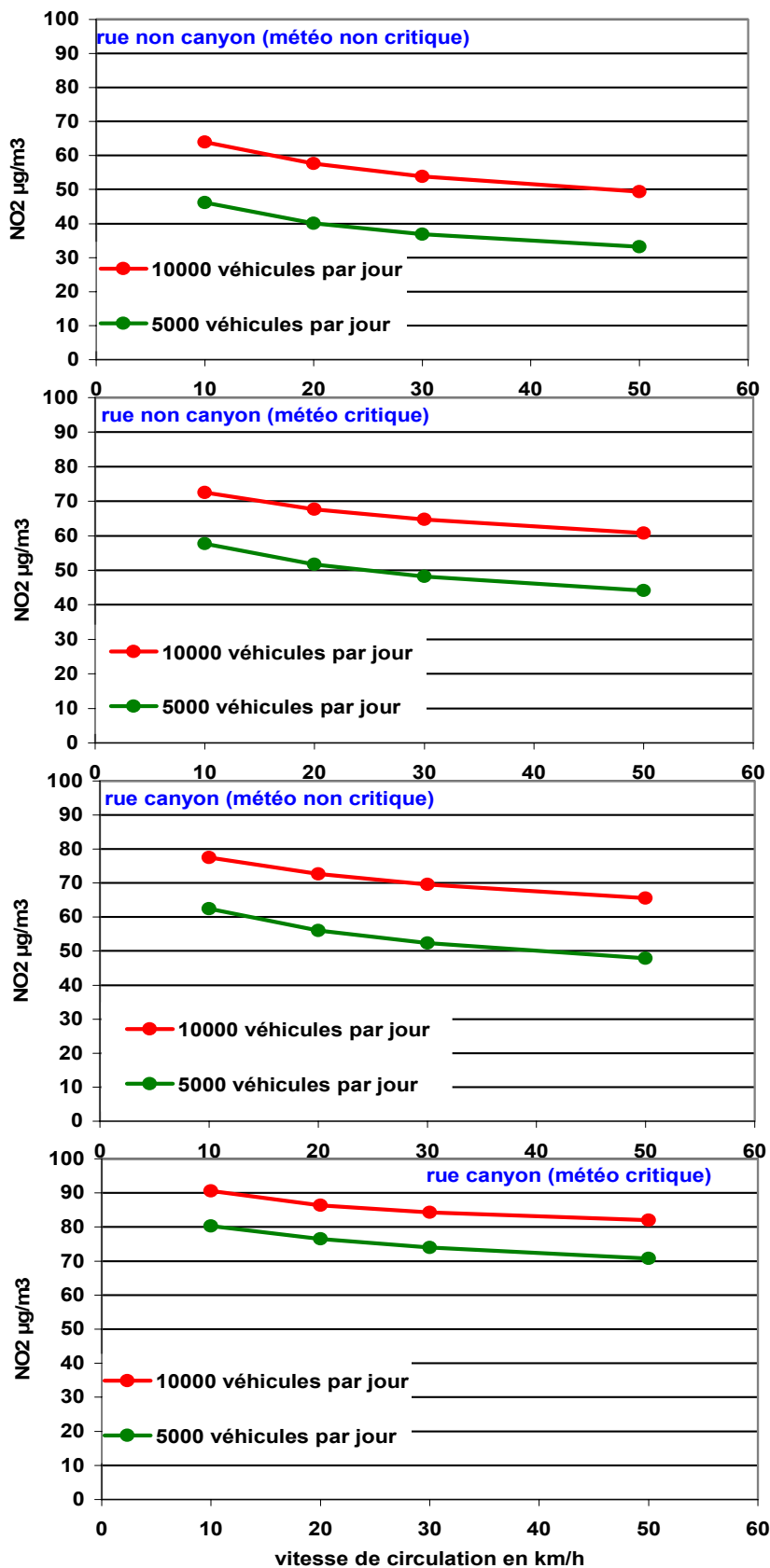


Figure 2 : variabilité des concentrations en NO₂ suivant la configuration des rues, l'intensité du trafic automobile et les situations météorologiques

Les résultats de ces simulations sont discutés par rapport aux concentrations calculées au niveau d'un même récepteur (cf. II-3 figure 1).

La première lecture de la figure 2, montre, d'une manière générale, que quelles que soient la typologie de la rue et les conditions météorologiques et pour un nombre de véhicules donné, les concentrations en NO₂ décroissent lorsque la vitesse de circulation augmente. Cette tendance est directement liée aux émissions routières qui augmentent avec la réduction des vitesses de circulation^{4,5}. Rappelons ici, que ce résultat est applicable uniquement pour les tranches de vitesses étudiées et qui sont représentatives d'une circulation en centre urbain. Pour les vitesses représentatives d'une circulation sur les axes autoroutiers et les voies express, les émissions des oxydes d'azote décroissent avec la réduction des vitesses de circulation.

Comme attendu, toutes les simulations réalisées dans cette partie, combinaison entre la typologie de la rue et les deux conditions météorologiques, montrent que la réduction du trafic automobile conduit à une réduction des concentrations d'émissions (figure 2). Cependant, cette réduction présente une variation suivant la typologie de la rue et suivant la situation météorologique.

En effet, pour une situation météorologique non critique, le passage de 10 000 à 5000 véhicules/jour conduit à une réduction moyenne (toutes vitesses de circulation confondues) des concentrations en NO₂, de 44% et de 30% respectivement pour une rue « non canyon » et une rue « canyon ». Pour une situation météorologique critique, la diminution des concentrations en NO₂ est d'environ 32% pour une configuration de rue « non canyon » contre seulement 13% pour une configuration de rue « canyon ».

La réduction des concentrations en NO₂ est plus sensible à la diminution du trafic automobile dans les rues à configuration « non canyon » que dans les rues « canyon ». Cette sensibilité diminue aussi lors des situations météorologiques favorables à la stagnation des polluants. La faible dispersion des polluants, dans les rues « canyon » et lors des situations météorologiques critiques, augmente les concentrations en NO₂ et limite ainsi l'influence positive de la réduction du trafic dans ce type de rue et dans ces conditions météorologiques. A titre d'exemple, pour une situation météorologique non critique, les concentrations en NO₂ dans une rue « canyon » et pour un trafic automobile de 5000 véhicules/jour sont de même ordre de grandeur que celles observées dans une rue « non canyon » mais avec deux fois plus de véhicules (figure 3).

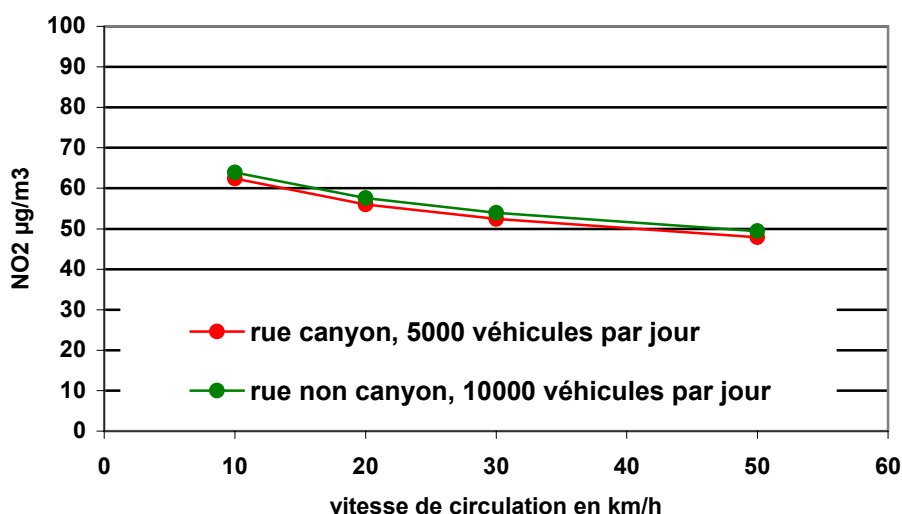


Figure 3 : influence de la typologie de la rue sur les concentrations en NO₂. Conditions météorologiques non critiques

⁴ Rapport Lig'Air : « PPA ORLEANS – Concentrations et émissions en zones 30 – Automne 2006 »

⁵ Rapport Lig'Air : « PPA TOURS – Concentrations et émissions en zones 30 – Automne 2007 »

III-2 Influence des aménagements sur les concentrations en NO₂

III-2-1 Mise en place des simulations

Les aménagements de voirie en milieu urbain visent à modifier le comportement du conducteur en l'amenant à adopter une conduite souple. L'objectif principal de ces aménagements est d'améliorer la sécurité routière. Dans les centres urbains, ils sont localisés en particulier dans les zones 30 pour faire cohabiter les véhicules motorisés, les vélos et les piétons en toute sécurité sur le même espace. Cependant, leur mise en place influe directement sur l'environnement proche des voies, notamment en terme de nuisances sonores⁶ et de qualité de l'air qui en résulte.

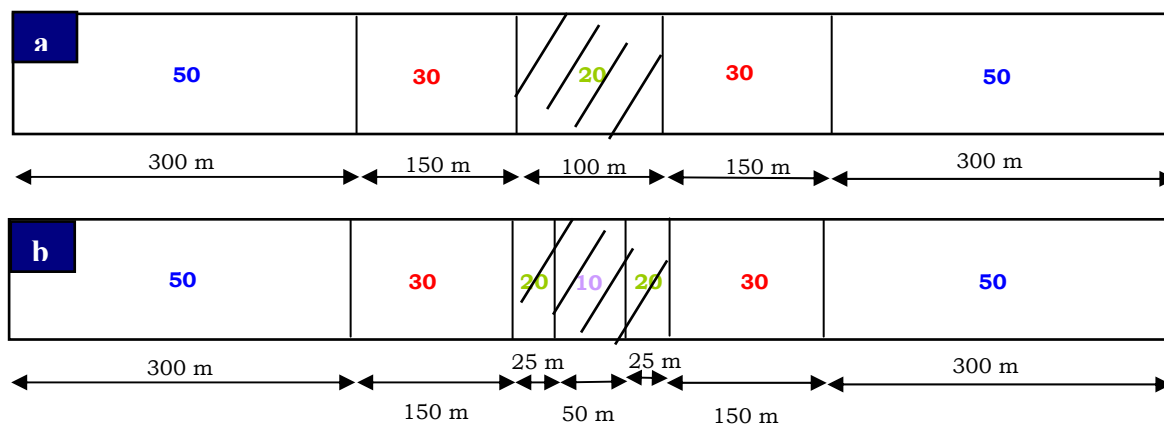
En ce qui concerne la qualité de l'air, une réduction des vitesses de circulation conduit directement à une augmentation des émissions et des concentrations en NO₂ (cf. III-1). Cependant, suivant le type d'aménagement, les vitesses de circulation ne sont pas réduites de la même façon et les conditions de circulation, générées par l'aménagement, peuvent aussi varier d'un aménagement à l'autre. Par conséquent, l'impact de la réduction des vitesses de circulation sur la qualité de l'air doit varier suivant les aménagements de voirie utilisés.

Les présentes simulations visent à approcher l'impact des aménagements de voiries sur les concentrations en NO₂. Pour ce faire, nous avons axé nos simulations sur deux types d'aménagements susceptibles d'être présents en zone 30 :

1. Les aménagements qui diminuent la vitesse tout en maintenant une circulation fluide le long de la zone aménagée (chicane, alternance du côté du stationnement (pour produire un effet de chicane), rétrécissement de la chaussée sans alternance de passage...)
2. Les aménagements qui baissent fortement la vitesse et conduit à une circulation saccadée dans la zone aménagée (dos d'âne, coussins, plateaux surélevés, rétrécissement de la chaussée avec alternance de passage...)

Les simulations sont réalisées en considérant deux scénarios d'aménagement d'une rue. Un scénario simulant le premier type d'aménagement, appelé par la suite « chicane ». Le second scénario représente le deuxième type d'aménagement, appelé par la suite « dos d'âne ».

La rue étudiée présente une « zone 30 » de 400 m de longueur dont une zone aménagée de 100 m (zone hachurée sur la figure 4). La rue commence et finit par une « zone 50 » de 300 m de chaque côté (figure 4).



⁶ Impact acoustique des aménagements de voirie en milieu urbain. Certu, fiche générale – juin 2008.

Dans le cas d'un aménagement de type chicane (figure 4, aménagement a), nous avons considéré une circulation fluide à une vitesse constante de 20 km/h le long de la zone aménagée. Pour l'aménagement de type dos d'âne (figure 4, aménagement b), la circulation est considérée comme étant saccadée avec des vitesses variant entre 20 et 10 km/h dans la zone aménagée.

A l'extérieur de la zone aménagée, la circulation se fait de manière fluide à une vitesse constante de 30 km/h dans la « zone 30 » et de 50 km/h dans la « zone 50 ».

Pour chaque aménagement, les simulations ont été réalisées en considérant la typologie de la rue « non canyon » et « canyon », l'intensité du trafic automobile « 5000 et 10 000 véhicules/jour » et les conditions météorologiques « critique et non critique ».

III-2-2 Résultats et discussions

Les résultats de ces simulations sont présentés sous format de cartographies montrant la distribution des concentrations en NO₂ le long de la rue en fonction des paramètres utilisés en annexes. Les figures 5 et 6 sont des exemples des résultats obtenus respectivement pour les typologies « canyon » et non « canyon » suivant les deux flux de trafic utilisés (5000 et 10000 véhicules/jour) et pour une météorologie non critique.

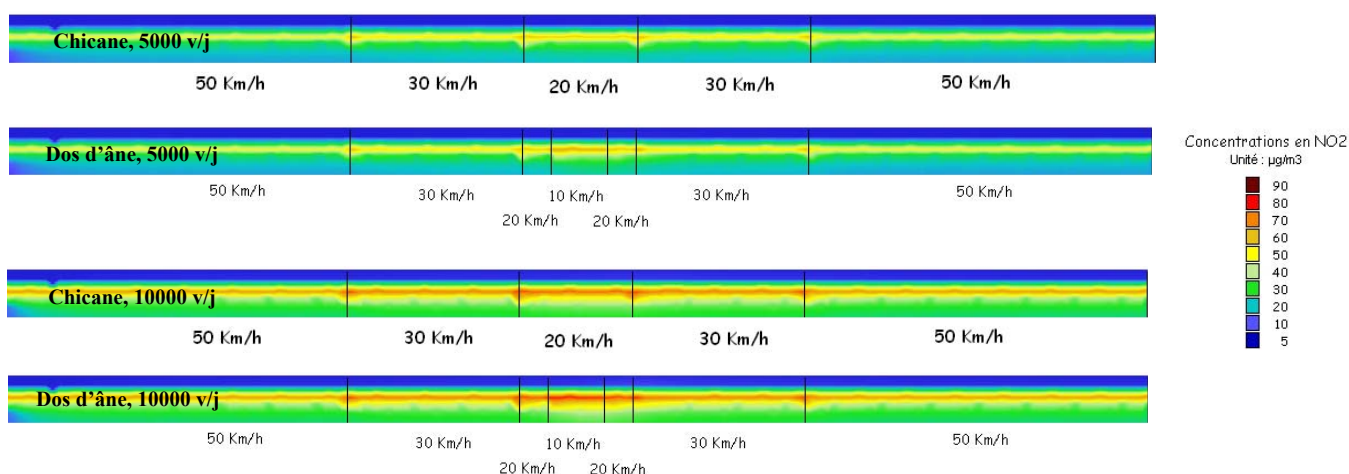


Figure 5 : comparaison de l'impact de l'aménagement sur la qualité de l'air en fonction du trafic automobile pour une rue « canyon » et une météo non critique

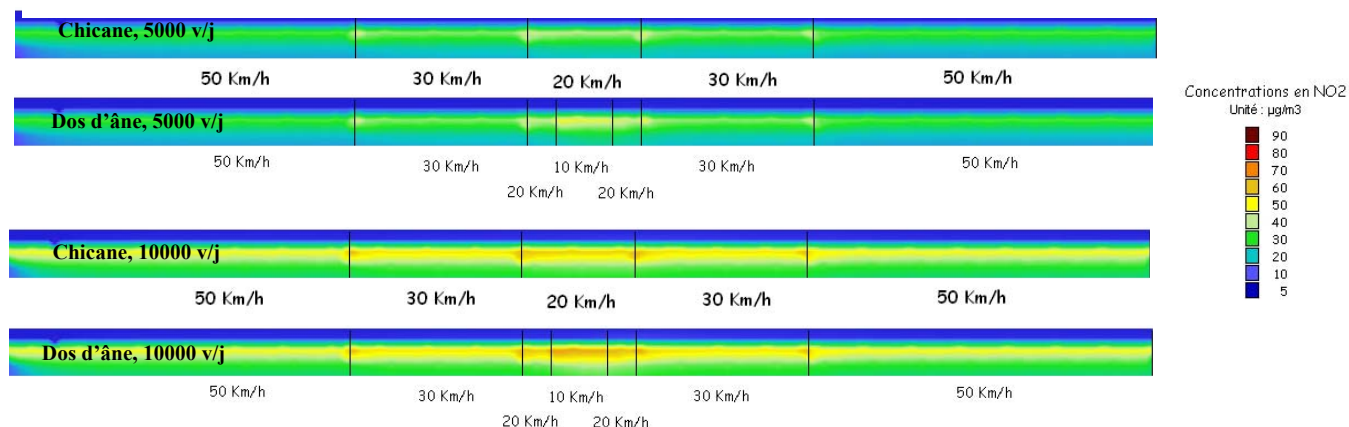


Figure 6 : comparaison de l'impact de l'aménagement sur la qualité de l'air en fonction du trafic automobile pour une rue « non canyon » et une météo non critique

La figure 7 représente les écarts relatifs calculés sur les concentrations en NO₂ obtenues dans un aménagement type dos d'âne par rapport à un aménagement type chicane simulés dans les mêmes conditions de typologie de rue, d'intensité du trafic automobile et dans les mêmes conditions météorologiques.

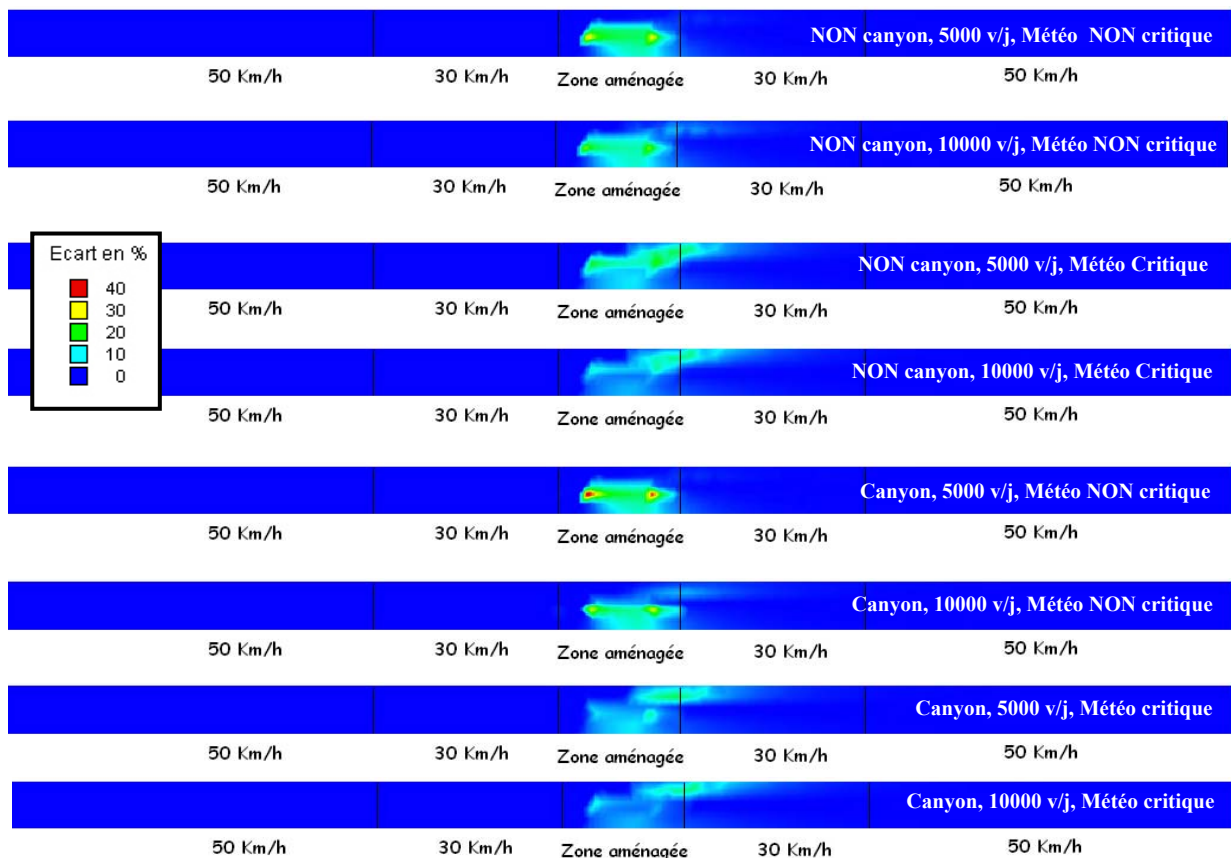


Figure 7 : écarts relatifs des concentrations en NO₂ simulées dans un aménagement type dos d'âne par rapport à un aménagement type chicane

D'une manière générale, l'ensemble des simulations réalisées dans le cadre de cette étude, converge vers un même résultat ; à savoir : un aménagement provoquant une circulation saccadée peut avoir un impact plus important sur la qualité de l'air qu'un aménagement entraînant une circulation plus fluide tout en baissant la vitesse de circulation.

L'utilisation d'un aménagement de type chicane peut conduire, en un point donné, à une diminution des concentrations en NO₂ allant de 10 à plus de 40% par rapport à l'utilisation d'un aménagement de type dos d'âne (figure 7). Le gain le plus important est obtenu dans la configuration d'une rue « canyon » avec un trafic équivalent à 5000 véhicules/jour et dans une situation météorologique non critique (vitesse du vent = 3 m/s). Le gain le plus faible est obtenu dans une rue « canyon » avec un fort trafic automobile (10 000 véhicules/jour) dans une situation météorologique critique (vitesse du vent = 1 m/s). Les écarts les plus importants sont obtenus, bien sûr, dans la zone aménagée (figure 7).

Même si les conditions de circulation, en dehors de la zone aménagée, sont les mêmes d'un scénario à l'autre, l'utilisation d'un aménagement type dos d'âne peut conduire à une augmentation des concentrations en NO₂ en dehors de la zone aménagée, par rapport à l'utilisation d'un aménagement de type chicane (figure 7). Cette augmentation peut atteindre les 20% dans le cas d'une configuration de rue « canyon » mais aussi lors de conditions météorologiques critiques dans le cas d'une rue « non canyon ». La zone impactée est située sous "le panache" de la zone aménagée (figure 7).

En terme de concentrations, les niveaux les plus importants sont observés, d'une manière générale, dans la zone aménagée et, en particulier, dans l'environnement proche de l'aménagement type dos d'âne (figures 5 et 6 et annexes 2 et 3). Ceci implique directement que la multiplicité des aménagements, tend à augmenter les zones de fortes concentrations, en particulier dans le cas des aménagements de type dos d'âne. Ce dernier cas est illustré sur la figure 8, qui représente le cas d'une rue « canyon » aménagée par un seul dos d'âne puis par 3 dos d'âne. Dans ce dernier cas, la vitesse de circulation est saccadée sur tout le long de la zone 30 augmentant ainsi l'apparition des zones à fortes concentrations en NO₂ par rapport à un aménagement avec un seul dos d'âne.

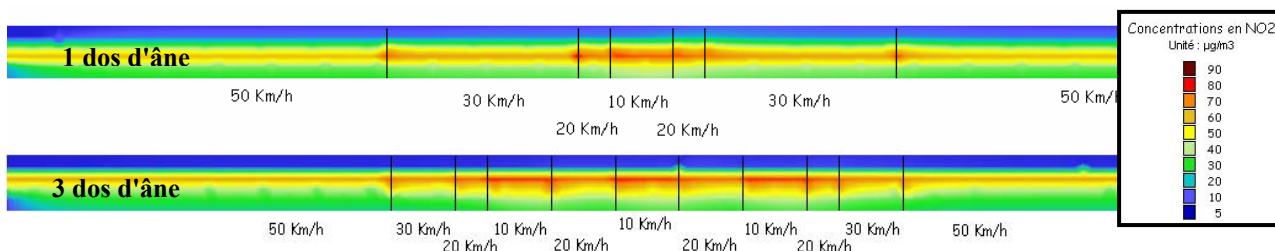


Figure 8: apparition de zones de fortes concentrations en NO₂ avec la multiplicité des aménagements (cas d'une rue « canyon » avec 5000 véhicules/jour et une météorologie critique)

Conclusion

L'objectif principal de cette étude est de mettre en relief l'impact des aménagements de voirie, utilisés pour réduire les vitesses de circulation en zone 30, sur la qualité de l'air. L'étude a été réalisée sur la base de simulations numériques à l'aide du logiciel ADMS Urban.

Deux types d'aménagements (dos d'âne et chicane) ont été étudiés en fonction de la configuration de la rue (« canyon » et « non canyon ») et de l'intensité du trafic automobile (5000 et 10000 véhicules/jour). L'ensemble des simulations est réalisé sous deux conditions météorologiques : critique et non critique.

La sensibilité des concentrations en NO₂ aux vitesses de circulation a aussi été étudiée en fonction de la configuration des rues, de l'intensité du trafic automobile et des conditions météorologiques. Les résultats de cette étude de sensibilité montrent que, dans les classes de vitesses adaptées à la circulation dans les centres urbains (≤ 50 km/h), toute réduction de vitesse entraîne une augmentation des concentrations en NO₂.

La diminution du trafic automobile conduit, dans tous les cas, à une réduction des concentrations en NO₂. Cette réduction est plus sensible dans les rues à configuration « non canyon » que dans les rues à configuration « canyon ». La faible dispersion des polluants dans ce dernier type de configuration, limite l'impact positif de la diminution du trafic.

En ce qui concerne l'aménagement de la voirie, toutes les simulations réalisées convergent vers un même résultat : l'utilisation d'un aménagement qui réduit la vitesse de circulation, tout en maintenant cette dernière fluide et constante le long de la zone aménagée (aménagement de type chicane) a un impact plus faible sur la qualité de l'air que l'utilisation d'un aménagement qui provoque une circulation à vitesse saccadée (aménagement de type dos d'âne). Dans les conditions de simulations réalisées, l'utilisation d'un aménagement de type dos d'âne peut conduire à une augmentation des concentrations en NO₂ allant de 10 à plus de 40% dans la zone aménagée, par rapport à l'utilisation d'un aménagement de type chicane. Une augmentation des concentrations peut être aussi observée dans les zones situées sous « le panache » de la partie aménagée de la zone 30. Cette augmentation peut atteindre les 20% dans le cas d'une configuration de rue « canyon » mais aussi lors de conditions météorologiques critiques dans le cas d'une rue « non canyon ».

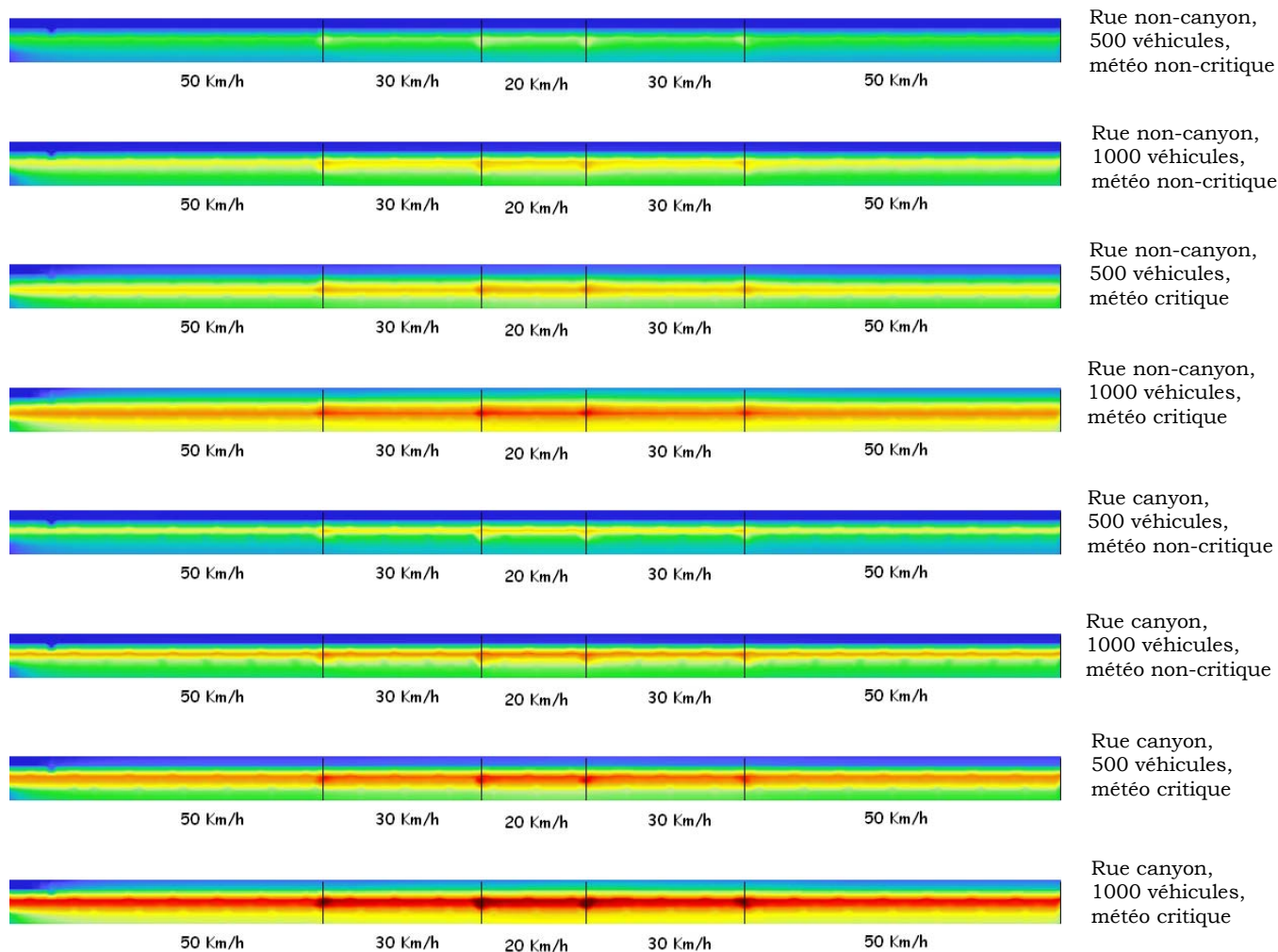
Enfin, la multiplicité des zones aménagées, d'une façon générale, et en particulier sur un même axe, tend à augmenter les zones de fortes concentrations. Cette augmentation peut être accentuée par l'utilisation d'aménagement de type dos d'âne.

ANNEXE 1 : Concentrations en NO₂

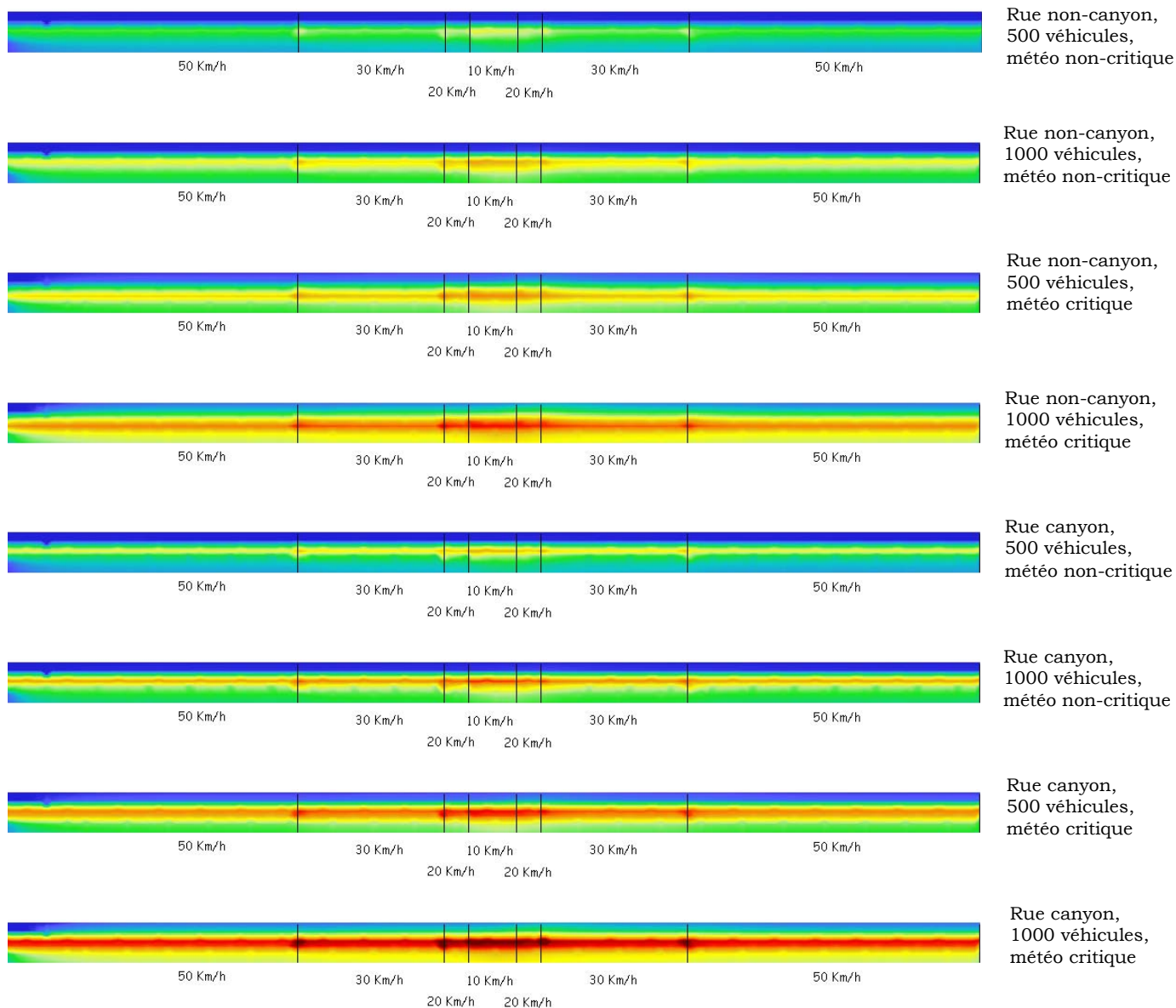
| | | 10 km/h | 20 km/h | 30 km/h | 50 km/h |
|----------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Météorologie non critique | « non canyon », 5000 v/j | 46,1 | 40,1 | 36,9 | 33,2 |
| | « non canyon », 10000 v/j | 63,9 | 57,6 | 53,9 | 49,4 |
| | « canyon », 5000 v/j | 62,4 | 56 | 52,4 | 47,9 |
| | « canyon », 10000 v/j | 77,5 | 72,7 | 69,6 | 65,5 |
| Météorologie critique | « non canyon », 5000 v/j | 57,7 | 51,7 | 48,2 | 44,1 |
| | « non canyon », 10000 v/j | 72,5 | 67,7 | 64,7 | 60,7 |
| | « canyon », 5000 v/j | 80,3 | 76,5 | 74 | 70,7 |
| | « canyon », 10000 v/j | 90,6 | 86,3 | 84,3 | 82 |

*concentrations horaires du dioxyde d'azote en µg/m³
selon la vitesse de circulation, la configuration de la rue, le comptage routier et la météorologie*

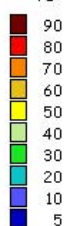
ANNEXE 2 : Rue simulant la présence d'une chicane



ANNEXE 3 : Rue simulant la présence d'un dos d'âne



Concentrations en NO₂
Unité : µg/m³



ANNEXE 4 : Rue simulant la présence de trois dos d'âne



Concentrations en NO₂
Unité : µg/m³

