



Réseau de surveillance de la qualité de l'air en région Centre

Impact des mesures d'urgence sur la qualité de l'air en cas de pic de pollution

**Application à
l'agglomération tourangelle**

Rapport final

Novembre 2007

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

135 rue du Faubourg Banner - 45 000 ORLEANS

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

Sommaire

Sommaire	2
Avertissement	3
Introduction et cadre de l'étude	4
I- Comprendre l'origine des polluants pour mieux agir.....	5
II- Mesure d'urgence à court terme : résultats mitigés !.....	7
II-1 Impact des mesures d'urgence prises sur le trafic.....	8
II-1-1 Restriction de circulation dans les agglomérations	8
II-1-2 Restriction du trafic de transit routier.....	9
II-1-3 Réduction des vitesses maximales autorisées de 20 km/h.....	9
III- Estimation de l'impact de la limitation de vitesse sur les émissions autour de l'agglomération de Tours	11
Conclusion	12

Avertissement

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

Ce rapport d'études est la propriété de Lig'Air. Il ne peut être reproduit, en tout ou partie, sans l'autorisation écrite de Lig'Air. 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.

Introduction et cadre de l'étude

Le plan de circulation d'urgence sur l'agglomération tourangelle, prévu dans l'arrêté préfectoral du 31 mai 2006, relatif aux mesures d'urgence en cas de pollution atmosphérique, est déclenché dès que les concentrations de l'ozone ou celles de dioxyde d'azote dépassent respectivement le premier seuil d'alerte (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une heure pendant 3 heures) ou le seuil d'alerte (400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une heure ou 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si le seuil d'information et de recommandation a été dépassé la veille, le jour même et qu'il risque d'être dépassé le lendemain). Ce plan prévoit, entre autres, une réduction des vitesses maximales autorisées de 20 km/h sur toute section routière où la vitesse est habituellement égale ou supérieure à 70 km/h. Son objectif est de limiter l'ampleur et les effets des pointes de pollution sur la population, en agissant sur les émissions des sources mobiles.

Dans le cas d'une pollution au dioxyde d'azote, cette action peut conduire à une diminution des émissions des polluants primaires et donc à celle des oxydes d'azote.

Dans le cas d'une pollution à l'ozone, cette mesure d'urgence peut conduire à une diminution des émissions des polluants rentrant dans le cycle de formation de l'ozone (oxydes d'azote et Composés Organiques Volatils COV). C'est une action indirecte qui vise la diminution des concentrations en ozone en agissant sur celles de ses précurseurs. C'est une action qui peut avoir un effet inverse, en particulier si la diminution des oxydes d'azote se fait plus rapidement que celle des COV.

Afin de se rendre compte de l'impact de cette mesure d'urgence, Lig'Air a été sollicité par la DRIRE Centre pour réaliser une étude d'expertise visant le recensement et la synthèse des études réalisées sur cette mesure d'urgence, au niveau national. Parallèlement à cette synthèse, une estimation de l'impact de cette action sur les émissions en oxydes d'azote, a été réalisée sur les deux principaux axes concernés par cette mesure.

I- Comprendre l'origine des polluants pour mieux agir

Les deux principaux polluants visés par les mesures d'urgence sont le dioxyde d'azote NO₂ et l'ozone O₃.

En ce qui concerne le dioxyde d'azote, il est émis principalement, sous forme de monoxyde d'azote NO, par toutes sources de combustions. Dans les centres urbains, la circulation automobile reste la principale source de ce polluant. Ses émissions dépendent, entre autres, des vitesses de circulation. Pour des vitesses de circulation relativement élevées, supérieures à 70 km/h, toute réduction de vitesse peut se traduire par une diminution des émissions d'oxydes d'azote NO_x. Cette réduction peut avoir un effet positif sur les concentrations en NO₂, qui à défaut de les diminuer peut ralentir leur augmentation. A ce jour et depuis la création de Lig'Air, aucun dépassement du seuil d'information de NO₂ n'a été observé sur l'agglomération tourangelle. Le risque d'application des mesures d'urgence dans le cas de ce polluant, est donc faible.

Contrairement au dioxyde d'azote, l'ozone est un polluant secondaire. Il n'a pas de sources émettrices. Il est formé dans l'atmosphère suite à une succession de transformations chimiques mettant en jeu les oxydes d'azote, les composés organiques volatils (COV) et l'oxygène de l'air. Ces transformations sont accélérées en présence de rayonnement ultraviolet solaire, ce qui conduit à des niveaux d'ozone élevés en période estivale. La nécessité d'une forte intensité solaire dans ces mécanismes réactionnels, confère un caractère saisonnier aux fortes concentrations d'ozone et limite l'apparition de ces dernières, uniquement pendant les périodes bien ensoleillées et chaudes, généralement entre avril et septembre. C'est pendant ces périodes propices à l'activité photochimique, que la probabilité d'application des mesures d'urgence, dans le cas de l'ozone, devient importante.

Comme l'ozone est un polluant secondaire, sans sources émettrices, l'application des mesures d'urgence, est une action indirecte qui vise la diminution des niveaux de ce polluant en agissant sur les sources de ses précurseurs (NO_x et COV). Cependant, cette action peut avoir des effets négatifs en particulier au sein de l'agglomération concernée par ces mesures. En effet, la relation entre l'ozone et ses précurseurs (NO_x et COV) est une relation complexe et non linéaire. Elle est la résultante de l'ensemble des réactions photochimiques reliant ces trois polluants et de la compétition entre ces réactions. Ajoutant à cela, que les précurseurs de l'ozone, NO_x et COV, sont aussi des consommateurs d'ozone.

La figure 1, qui représente les iso-concentrations d'ozone en fonction des concentrations de NO_x et de COV (graphe isoplète), traduit très bien cette relation complexe qui relie l'ozone à ses précurseurs. En effet, pour une même concentration d'ozone, le système réactionnel atmosphérique peut se retrouver dans l'un des deux régimes mentionnés sur la figure 1 : régime limité par les COV (fortes concentrations en NO_x et faibles concentrations en COV) et le régime limité par les NO_x (fortes concentrations en COV et faibles concentrations en NO_x). Les actions à mener pour réduire l'augmentation de l'ozone, varient suivant le régime dans lequel se trouve le système réactionnel. Prenons le cas de la concentration d'ozone représentée par la courbe jaune sur la figure 1. Deux cas se présentent :

- 1- Dans le cas du régime limité par les COV, la réduction des concentrations d'ozone ne peut être obtenue rapidement que par une diminution des COV (flèche verte). Dans ce cas-là, une réduction des NO_x conduit d'abord à une augmentation des niveaux de l'ozone (flèche rouge). La diminution des

concentrations d'ozone, ne peut être observée qu'après une forte réduction de NOx dépassant les 70% ;

- 2- Si le système réactionnel est dans le régime limité par les NOx, alors l'action principale à mener pour réduire les niveaux de l'ozone, serait une réduction de NOx (flèche verte). La réduction de COV, dans ce cas-là, n'apportera des résultats concluants qu'après une très forte diminution de ces composés.

Il est à noter que quel que soit le régime dans lequel se trouve le mécanisme réactionnel, une réduction des COV n'entraîne en aucun cas une augmentation des concentrations d'ozone. Elle a toujours un impact positif sur la baisse des concentrations en ozone.

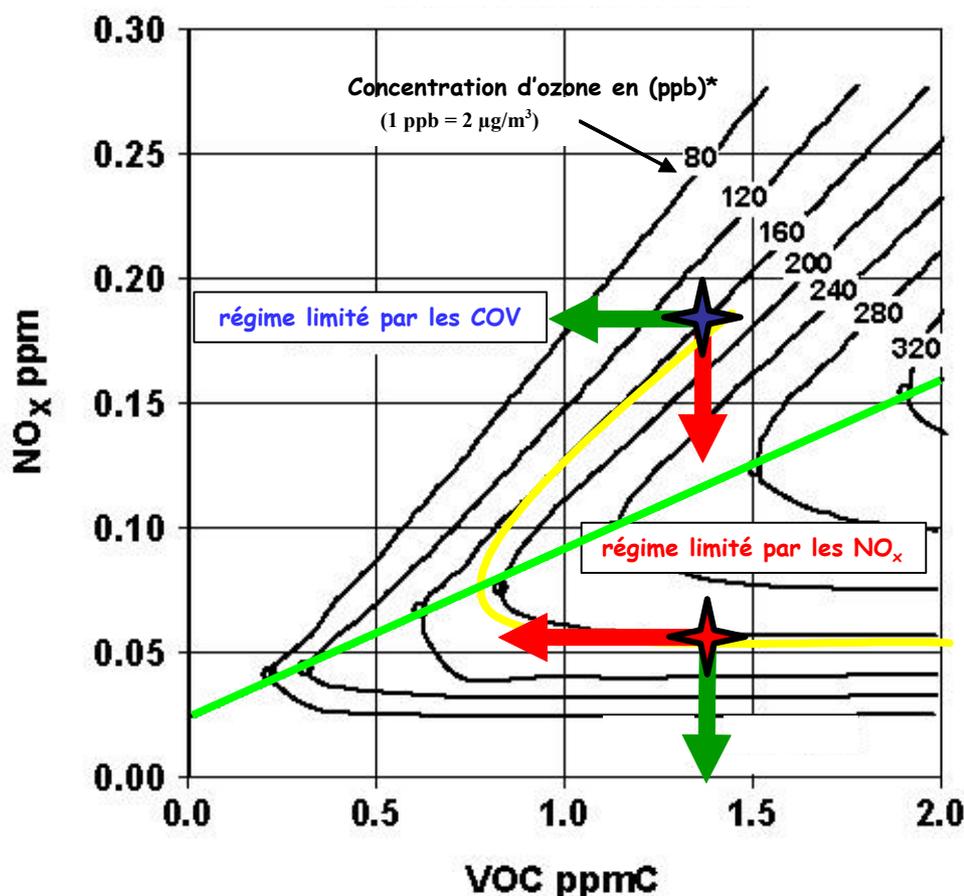


Figure 1 : Pics des concentrations d'ozone en fonction des précurseurs, d'après le modèle RADM2

D'une manière générale, les centres urbains sont plutôt associés à un système réactionnel caractérisé par un régime limité par les COV. Dans les zones périurbaines et rurales, c'est plutôt le régime limité par les NOx qui caractérise l'état du système réactionnel atmosphérique. Les mesures efficaces à prendre pour réduire les pics d'ozone, dépendent donc aussi de la zone visée.

Les fortes concentrations en ozone, sont observées dans les zones périurbaines et rurales situées sous le panache des agglomérations et centres urbains. Par conséquent, toute action sur les émissions de ces agglomérations, peut avoir aussi des conséquences sur les niveaux de l'ozone dans les zones situées sous le panache des centres urbains.

Les relations décrites ci-dessus ne tiennent compte que de la production ou de la consommation de l'ozone, à une échelle plus au moins locale. Or les masses d'air, lorsqu'elles arrivent sur une zone donnée, sont déjà chargées en ozone et en ses

précurseurs. Le transport de l'ozone et de ses précurseurs d'une zone à une autre, limite les marges de réduction en agissant uniquement sur les émissions locales. En effet, une étude¹ de simulation réalisée sur le Rhin supérieur pendant un épisode généralisé du seuil d'information (12 juin 2003), montre que la suppression totale des émissions anthropiques sur tout le Rhin supérieur ne conduit qu'à une baisse relative de 28% des niveaux d'ozone dans le panache de Strasbourg. Au moment du pic de pollution, et malgré l'absence d'émissions locales, les niveaux de NO₂ et de COV ne baissent parallèlement que de 66% pour NO₂ et de 52% pour les COV.

II- Mesure d'urgence à court terme : résultats mitigés !

La réglementation française dans le cas de pic de pollution, et notamment les circulaires ministérielles d'application du 18 juin et 30 juillet 2004, comporte une riposte graduée en trois niveaux selon que les dépassements atteignent pour l'ozone 240 µg/m³ sur 1h pendant 3h, 300 µg/m³ sur 1h pendant 3h ou 360 µg/m³ sur 1h. En ce qui concerne la circulation automobile, les mesures d'urgence à court terme sont : la diminution de la vitesse maximale autorisée sur les principaux axes pour le premier seuil. A cette première action s'ajoute la limitation du trafic routier de transit lors d'un dépassement du deuxième seuil d'alerte. Les mesures d'urgence deviennent encore plus contraignantes, avec la limitation de circulation pour certains véhicules, si le troisième seuil d'alerte est dépassé.

A l'heure actuelle, il existe peu de retours d'expérience sur l'application et l'impact des mesures d'urgence, dans le cas de dépassement de l'un des 3 seuils d'alerte à l'ozone. Dans la plupart des régions françaises, comme en région Centre, le premier seuil d'alerte (240 µg/m³ sur 3h) est rarement atteint et les deux autres seuils sont encore plus rares. Par conséquent, les études d'impact des mesures d'urgence, lorsqu'elles existent, sont basées sur les dépassements du seuil d'information (180 µg/m³ sur 1h).

Dans le Rhin supérieur, l'impact des mesures d'urgence applicables au troisième niveau d'alerte d'ozone (figure 2) a été étudié² sur des épisodes généralisés du seuil d'information (180 µg/m³).

Dans ce scénario, la restriction de la circulation a été appliquée aux 12 grandes agglomérations dont la population dépasse les 50 000 habitants. Le reste des mesures d'urgence a été appliqué à l'ensemble du Rhin supérieur.

Les résultats de ce scénario montrent que les maxima d'ozone obtenus diffèrent légèrement de ceux simulés dans le cas de base de la période étudiée (journée du 12 juin 2003). Les réductions maximales sont atteintes au cœur des panaches d'agglomération sous le vent des grandes zones d'émissions. Du fait que les mesures d'urgences sont principalement des réductions de trafic et donc des baisses d'émissions de NO_x, les régimes d'ozone correspondants engendrent une diminution d'ozone dans les zones périurbaines et rurales mais une légère augmentation globale dans les zones urbaines.

¹ Système commun d'évaluation et d'information sur la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur. Projet INTERREG III A Rhin supérieur (www.atmo-rhena.net)

² Simulation de scénarios de réduction des émissions à court terme (mesures d'urgence) et à long terme (CAFE 2020). ASPA-06072104-ID. 2006.

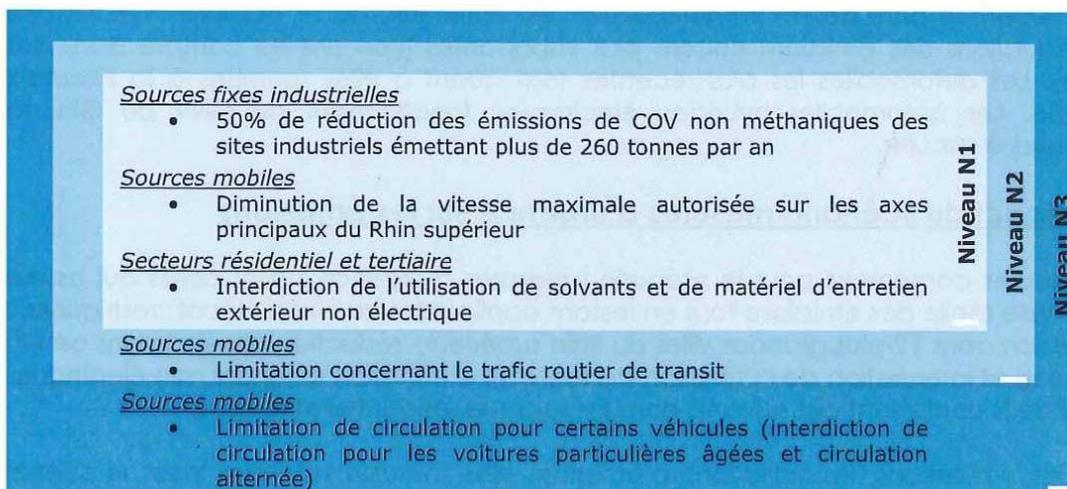


Figure 2 : Mesures d'urgence simulées sur le Rhin supérieur

La baisse la plus forte des maxima d'ozone en appliquant les mesures d'urgence est de 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (environ 7% de baisse par rapport au cas de base). Elle était localisée à l'endroit où le panache était le plus concentré.

La répercussion sur l'ozone de la réduction des émissions des précurseurs peut avoir un impact positif à distance des grandes agglomérations. Dans les lieux d'émission des précurseurs, centre urbain par exemple, une augmentation d'ozone peut se produire, donnant ainsi lieu à un impact négatif de l'application des mesures d'urgence.

II-1 Impact des mesures d'urgence prises sur le trafic

II-1-1 Restriction de circulation dans les agglomérations

Une étude³ menée à Strasbourg et élargie aux 12 villes concernées du Rhin supérieur a estimé que la baisse en précurseurs d'ozone liée à l'application de la circulation alternée correspondrait dans ces villes à une diminution, pour le trafic routier, de 42% pour les oxydes d'azote et de 70% pour les COV. Des réductions sont aussi notées sur les autres polluants primaires (tableau 1).

Restrictions de circulation	NO _x	COV	PM ₁₀	CO	CO ₂
Réduction en % des émissions dans les 12 villes	-42%	-70%	-46%	-75%	-39%
Réduction en % des émissions totales des 12 villes	-14%	-16%	-14%	-48%	-6%

Tableau 1 : Baisse en précurseurs d'ozone liée à la restriction de la circulation

En ce qui concerne l'impact sur l'ozone, le scénario montre une réduction maximale de 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le panache. Ainsi, la restriction de la circulation conduit, à elle seule, à plus de la moitié de l'effet total des mesures d'urgence (voir ci-dessus). Dans les centres urbains, une légère augmentation de l'ozone est notée.

L'impact de la restriction de la circulation a été jugé faible sur les pointes d'ozone, suite à une étude⁴ de simulation réalisée dans la région PACA. Les réductions calculées varient de 2 à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selon la sévérité du trafic alterné (d'échelle communale à départementale).

³ Simulation de scénarios de réduction des émissions à court terme (mesures d'urgence) et à long terme (CAFE 2020). ASPA-06072104-ID. 2006.

⁴ Simulation de scénarios de réduction d'émissions. Programme PRIMEQUAL2-PREDIT. Rapport de synthèse. Année 2006.

II-1-2 Restriction du trafic de transit routier

La restriction du trafic de transit routier a fait l'objet d'étude dans le Rhin supérieur. Les résultats de cette étude montrent globalement une réduction des polluants primaires (tableau 2).

Routes principales sans trafic de transit	NO _x	COV	PM ₁₀	CO	CO ₂
Réduction en % d'émissions du trafic routier total	-17%	-15%	-12%	-4%	-21%
Réduction en % d'émissions tous secteurs confondus	-8%	-2%	-5%	-1%	-10%

Tableau 2 : Baisse en précurseurs d'ozone liée à la restriction du transit dans le Rhin supérieur

Comme pour la restriction du trafic automobile, l'impact positif sur les niveaux d'ozone n'a été noté que dans les panaches d'agglomérations. Cette mesure contribue à une diminution d'environ 3 µg/m³ dans le panache de Strasbourg, correspondant à 1/5 de l'impact total des mesures d'urgence.

II-1-3 Réduction des vitesses maximales autorisées de 20 km/h

De toutes les mesures d'urgence, la réduction des vitesses maximales autorisées de 20 km/h est considérée comme étant la mesure la moins efficace⁵⁶. Son impact sur les émissions des polluants primaires est jugé non significatif. Elle conduit à des réductions relativement faibles pour les NO_x et à une légère augmentation des COV (tableau 3).

-20 km/h sur les axes principaux du Rhin supérieur	NO _x	COV	PM ₁₀	CO	CO ₂	C ₆ H ₆
Réduction en % d'émissions du trafic routier total	-2%	+1%	-2%	-3%	-2%	+1%
-20 km/h pour toutes les routes interurbaines, pas de réduction sur les routes urbaines limitées à 50 km/h						

Tableau 3 : Impact de la réduction des vitesses maximales autorisées de 20 km/h

En ce qui concerne l'ozone, cette mesure n'a aucun impact sur les maxima d'après ces deux études.

En Ile-de-France, AIRPARIF a réalisé une évaluation⁷ de cette mesure en cas d'épisode de pollution à l'ozone ou au dioxyde d'azote. En ce qui concerne les polluants primaires, cette étude montre que l'impact de cette mesure sur les émissions serait limité et ne dépasserait pas 3% de réduction des émissions pour la globalité de l'Ile-de-France (figure 3). Une légère augmentation des COV est notée.

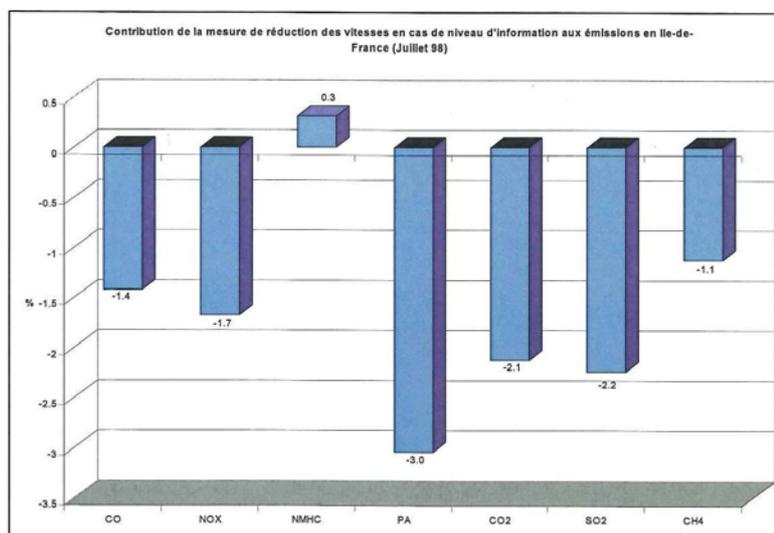


Figure 3 : Différences d'émissions obtenues lors de l'application optimale de la mesure de la limitation des vitesses par rapport à une situation habituelle (en %)

⁵ Simulation de scénarios de réduction d'émissions. Programme PRIMEQUAL2-PREDIT. Rapport de synthèse. Année 2006.

⁶ Simulation de scénarios de réduction des émissions à court terme (mesures d'urgence) et à long terme (CAFE 2020). ASPA-06072104-ID. 2006.

⁷ Quelle efficacité de la limitation de vitesse en cas de d'épisode de pollution ? Dossier ; l'ozone sous toutes ses coutures. Airparif année 2003.

L'impact de cette mesure est d'autant plus limité sur les concentrations d'ozone. L'étude rapporte que cette limitation est due au fait qu'une part importante des concentrations d'ozone mesurées en Ile-de-France, est produite bien en amont de la région et résultent du déplacement des masses d'air (de l'ordre de 60%). Toutefois, les limitations des émissions en Ile-de-France devraient conduire à une baisse des niveaux d'ozone dans les régions voisines, qui sont à leur tour sous l'influence des masses d'air provenant de l'agglomération parisienne.

II-1-4 Autres études d'impact de mesures à court terme prises sur le trafic

En Belgique, la Cellule interrégionale de l'environnement (CELINE) a réalisé une étude⁸ de simulation, sur l'ensemble de la Belgique, visant à quantifier l'impact des mesures d'urgence à court terme prises uniquement sur le trafic. Trois scénarios de réductions ont été considérés :

- ✚ T-30 : Réduction des émissions liées au trafic de 30% pour les NOx et 20% pour les COV.
- ✚ T-100 : Suppression complète des émissions liées au trafic.
- ✚ S-100 : Suppression complète de toutes les sources d'émissions en Belgique.

Ces scénarios ont été testés sur la période du 1 au 13 août 2003 (période de canicule) et les réductions des émissions ont été prises en compte 3 jours avant le début de l'épisode photochimique.

La synthèse des résultats de ces trois scénarios sur l'ensemble de la Belgique figure dans le tableau 4. Ils sont exprimés en différence relative par rapport à la situation réelle pour toute la durée de la période étudiée.

Scénario	Moyenne horaire	AOT60-max8h
T-30	+3%	+11%
T-100	+10%	+20%
S-100	+7%	-67%

Tableau 4 : Impact des mesures d'urgence prises sur le trafic sur l'ensemble de la Belgique suivant les 3 scénarios

En terme de valeur horaire, les trois scénarios prévoient, en moyenne, une augmentation des concentrations maximales sur l'ensemble de la Belgique. L'augmentation est plus marquée en région bruxelloise et dans les provinces d'Anvers, Brabant Flamand et Flandre Orientale. De plus, cette augmentation, touche plus de 80% de la population belge. Une tendance à la diminution des concentrations d'ozone, est notée dans le sud du pays en particulier pour le scénario T-100 (suppression du trafic).

Le seul résultat positif est obtenu sur le AOT60-max 8h avec le scénario utopiste S-100. Ceci signifie que, dans ce cas de figure, les concentrations maximales en ozone sont moins élevées, mais cette réduction est compensée par une augmentation des valeurs minimales.

Les auteurs de l'étude concluent que les mesures de réduction partielle ou totale du trafic automobile mises en œuvre 3 jours avant un épisode de pollution à l'ozone et pour toute la durée de l'épisode, s'avèrent contre-productives en Belgique. A l'échelle du pays, la réduction du trafic sur le court terme entraînerait une légère augmentation de la mortalité.

⁸ Simulation de l'impact de mesures à court terme prises sur le trafic lors de l'épisode d'ozone du 1 au 13 août 2003. Cellule interrégionale de l'environnement (CELINE), Belgique, Année 2007.

III- Estimation de l'impact de la limitation de vitesse sur les émissions autour de l'agglomération de Tours

Afin de se rendre compte de l'impact sur les émissions qu'aurait une réduction de 20 km/h sur les principaux axes de l'agglomération tourangelle, nous avons effectué une simulation numérique en appliquant cette réduction aux axes entourant l'agglomération et dont la vitesse autorisée est supérieure ou égale à 90 km/h (tableau 5).

axe étudié	Vitesse autorisée actuellement (km/h)
A10 sortie Tours nord à sortie Radegonde	110
A10 sortie Radegonde à Tours centre	110
A10 sortie Saint Avertin à Chambray	110
A10 Sortie Chambray au boulevard périphérique	110
A10 BP au sud	110
A85 D8 à D127	130
A 85 D127 à N585	130
A10 sortie Tours centre à Saint Avertin	90
boulevard périphérique (N10 à A10)	90
boulevard périphérique (A10 à D86)	90
boulevard périphérique (D86 à D751)	90
boulevard périphérique (D751 à rue des sorbiers)	90
boulevard périphérique (rue des sorbiers à D7)	90
boulevard périphérique (D7 à D140)	90
boulevard périphérique (D140 à D88)	90

Tableau 5 : Axes étudiés pour la simulation de la limitation de vitesse de circulation

En terme de moyenne, les résultats de cette première approche montrent que la réduction de vitesse de 20 km/h sur les principaux axes de l'agglomération tourangelle conduit à une baisse des émissions de NOx, de CO et des particules en suspensions (tableau 6). En ce qui concerne les COV et le benzène, cette action peut conduire à une augmentation de ces polluants autour de ces axes.

NOx	COV	CO	PM	Benzène
-3%	+11%	-8%	-9%	+16%

Tableau 6 : Estimation moyenne des évolutions des émissions suite à la limitation des vitesses sur des axes étudiés

En terme de variation individuelle (tableau 7), les plus fortes réductions sont observées sur les axes dont les vitesses autorisées sont supérieures ou égales à 110 km/h. Les plus faibles réductions, voire augmentation des émissions, sont observées sur les autres axes.

NOx	COV	CO	PM	Benzène
-22 à +10%	-13 à +26%	-51 à +25%	-27 à +1%	-29 à +41%

Tableau 7 : Marges des variations des émissions de chaque polluant suivant les axes étudiés

Ceci implique que le gain en terme d'émission, est plus important lorsqu'on réduit les fortes vitesses de circulation. Ce gain sera perdu, si cette mesure s'appliquait aussi aux autres axes.

L'impact de cette mesure sur l'ensemble des émissions de l'agglomération tourangelle n'a pas été estimé lors de cette étude. Cependant, si on considère les résultats des études cités précédemment, il serait faible voire négligeable.

Conclusion

Toutes les études réalisées sur l'impact des mesures d'urgence s'accordent sur le fait que la réduction de 20 km/h des vitesses autorisées, est une mesure non efficace dans le cas de pollution à l'ozone. Elle permet de réduire légèrement les émissions de NOx et des particules en suspension mais elle peut contribuer en même temps, à une légère augmentation des COV.

D'une manière générale, les mesures d'urgence applicables au dépassement du troisième niveau d'alerte d'ozone, peuvent conduire à une minoration de ce polluant dans le panache d'agglomération et à une légère majoration des niveaux d'ozone au cœur des grandes agglomérations tout en restant inférieurs à ceux présents dans le panache.

Si l'impact des mesures d'urgence est faible pour l'ozone, voire négatif dans le cas des agglomérations, il est néanmoins important pour les oxydes d'azote et les particules en suspension, autres polluants toxiques présents en cas ou non de dépassement de seuils réglementaires en ozone.