

La ZFE Lyonnaise sera sans effet sur la pollution à 15 ans, mais doublera nos émissions de CO2 pour un coût de 5 Milliards d'Euro.

1 Pourquoi se préoccuper de la pollution ?

La Métropole projette de renforcer les contraintes de la ZFE (Zone à Faible Émissions).

La commission écologique de l'UCIL s'en est saisi, car c'est un sujet qui impactera fortement la mobilité des lyonnais.

L'extension de la ZFE aura-t-elle un impact écologique favorable ?

Quels en seront les coûts cachés et les baisses de recettes, compte tenu du nombre considérable d'automobilistes navetteurs, qui se déplacent régulièrement entre périphérie et centre,

Qui les payera :

⇒ le contribuable métropolitain ?

⇒ les navetteurs ?

2 La ZFE au 1er Janvier 2021

Elle concerne les poids lourds et les véhicules utilitaires légers transportant des marchandises (classe N).

L'accès au périmètre de la ZFE est autorisé aux vignettes 0+1+2, au lieu de 0+1+2+3 en 2020. Le périmètre est limité à l'intérieur du périphérique hors traversées

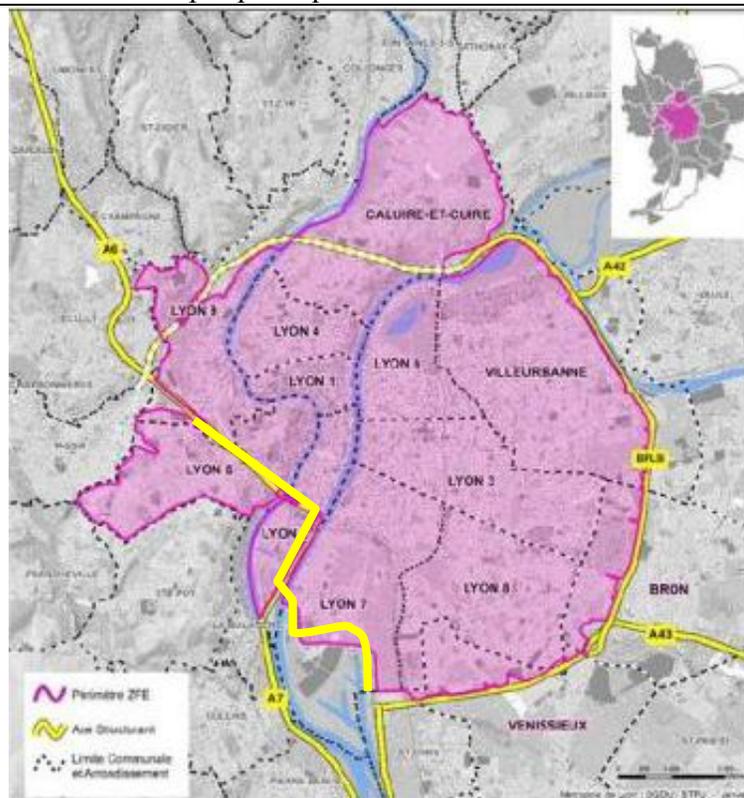


Figure 2-1 : La ZFE actuelle

Les traversées du Sud à l'Ouest et de l'Est à l'Ouest restent possibles via le tunnel de Fourvière et par le Nord via TEO.

La ZFE était nécessaire, pour obtenir un financement pour établir le PCAET. Elle a été limitée au minimum possible par le précédent Président de la Métropole, par crainte de l'opinion défavorable des Lyonnais.

Les PL et VUL professionnels représentent selon le plan Oxygène : 20% des émissions. Cependant, dans la stricte zone de la ZFE, les poids lourds sont déjà interdits. Selon certaines données d'ATMO-AuRA, le taux des véhicules concernés serait plutôt de 10%. La limitation aux professionnels rend son efficacité limitée à environ 5%, sans prendre en compte le refus d'œuvrer en centre ville manifesté par de nombreux artisans.

3 Les objectifs poursuivis

3.1 Les objectifs à poursuivre

Les objectifs d'amélioration de la mobilité devraient être de réduire (par ordre de priorité) :

- ⇒ les émissions de CO₂ ;
- ⇒ l'exposition à la pollution ;
- ⇒ les temps de transport ;
- ⇒ les coûts de transport.

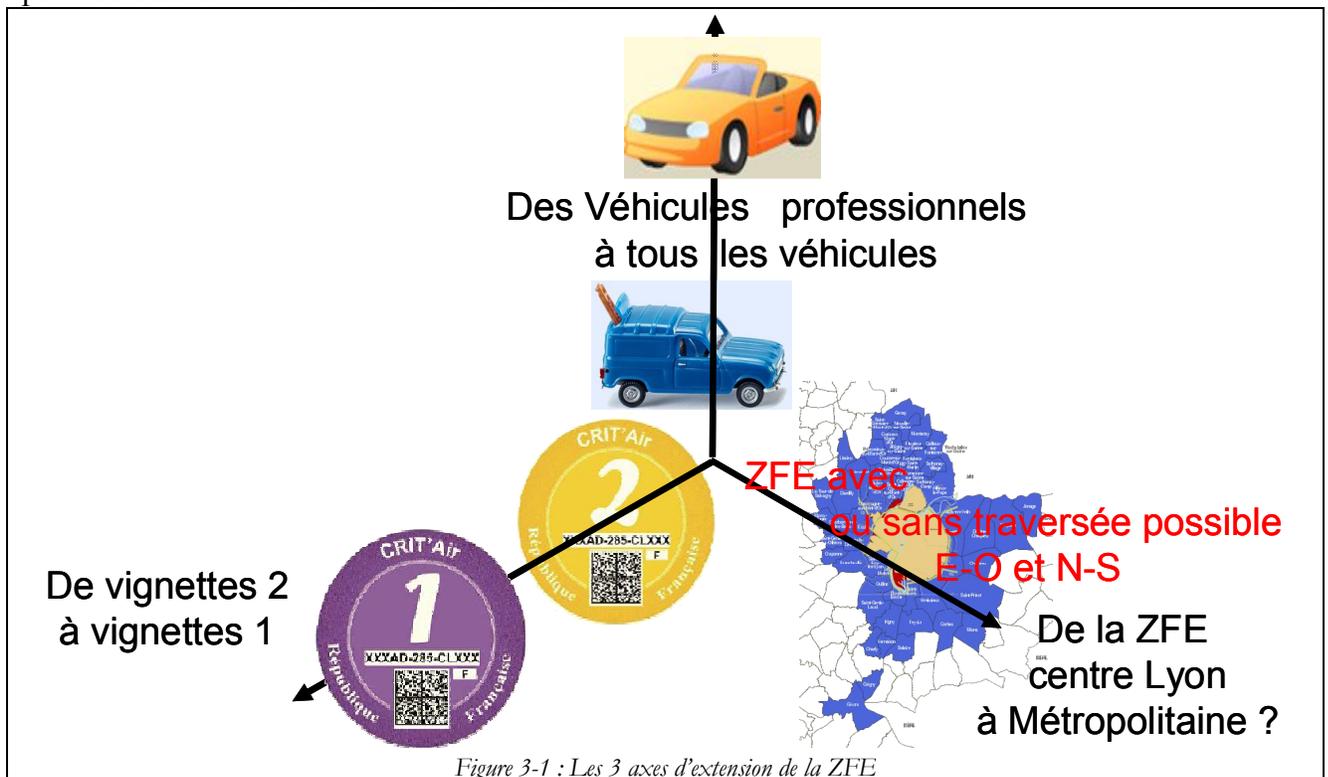
L'objectif de la Métropole "est qu'à terme le parc automobile soit à la fois réduit et dépollué".

Bruno Bernard, Président de la Métropole a ainsi défini son projet de renforcer la ZFE.

Il a affirmé son souhait d'amplifier le dispositif :

- ⇒ **Généraliser** la ZFE, des professionnels à tout le monde ;
- ⇒ **Durcir** la sévérité en interdisant les vignettes >1, pour « sortir du diesel » ;
- ⇒ **Étendre son périmètre** en ôtant les traversées voire en l'étendant géographiquement à d'autres communes.

Plusieurs communes ont déjà fait part de leur souhait d'intégration, d'étendre le dispositif aux particuliers. Seuls les véhicules disposant des vignettes Crit'Air 0 et 1 seraient alors autorisés dans le périmètre de la ZFE d'ici la fin du mandat.



3.2 La ZFE pose questions

Si l'on interroge les gens sur leur opinion actuelle sur la ZFE, ils sont très partagés et les opinions défavorables ne manquent pas. Voici quelques raisons exprimées :

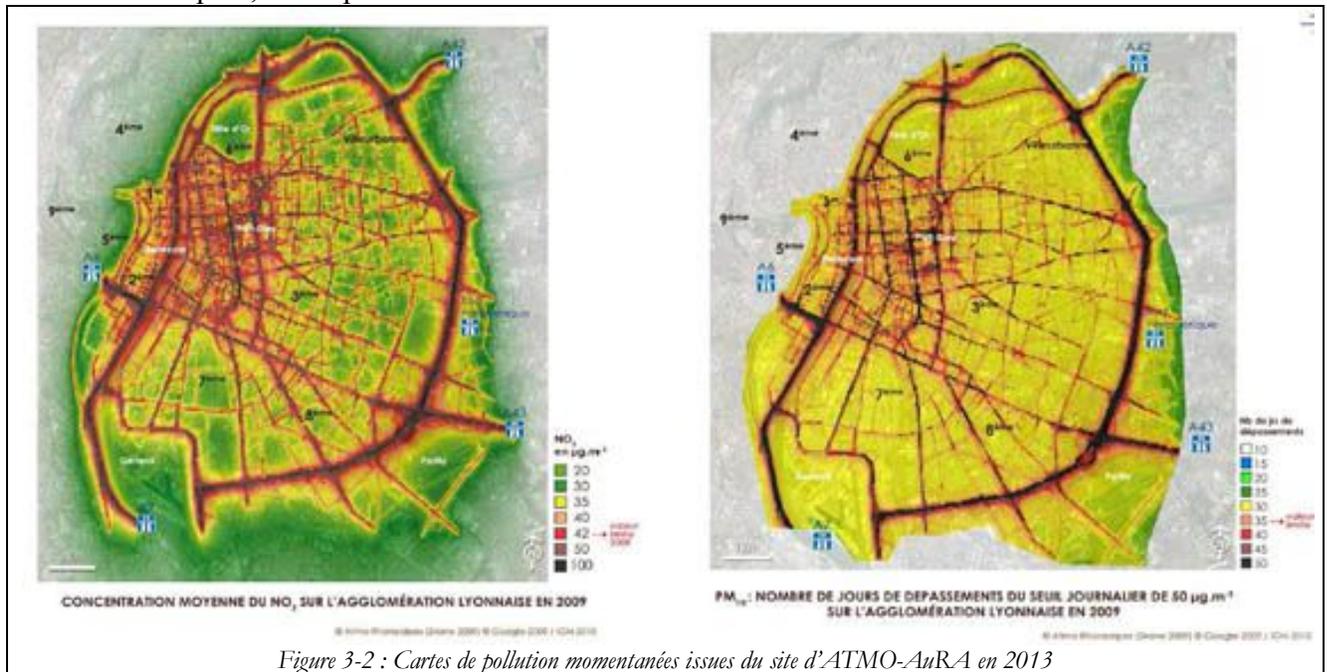
Les raisons d'être favorable	Les problèmes évoqués
Les habitants devraient s'équiper davantage de véhicules non polluants	Les véhicules diesel récents ne polluent pas plus que les véhicules essences.
	La ZFE durcie concernera plus de 70% des véhicules
Les véhicules spéciaux (TCL, pompiers, sécurité, défense, handicapés, invalides...) en seront exemptés.	Il n'est pas réaliste d'obliger les professionnels à changer tous leurs véhicules même spécifiques (déménageurs, livraison, ramassage scolaire...).
	La pollution, c'est aussi des microparticules de freins
	Nombreux seront les artisans qui ne viendront plus travailler en centre ville, comme c'est déjà le cas à Paris.
	Moins de véhicules diesel contraindra à revoir le réglage de nos raffineries de brut, voire à importer de l'essence déjà raffinée
Il y aura des aides à la conversion, notamment pour les plus démunis.	Les aides suffiront-elles pour permettre au travailleur moyen d'acheter un nouveau véhicule ?

3.3 Pourquoi réduire les émissions de polluants ?

La pollution :

⇒ réduit en moyenne de 1 à 2 ans, l'espérance de vie,

⇒ provoque en France 48.000 décès prématurés selon l'OMS (< 65 ans) soit environ 1.000/an en Métropole, à comparer à 30 accidents mortels.



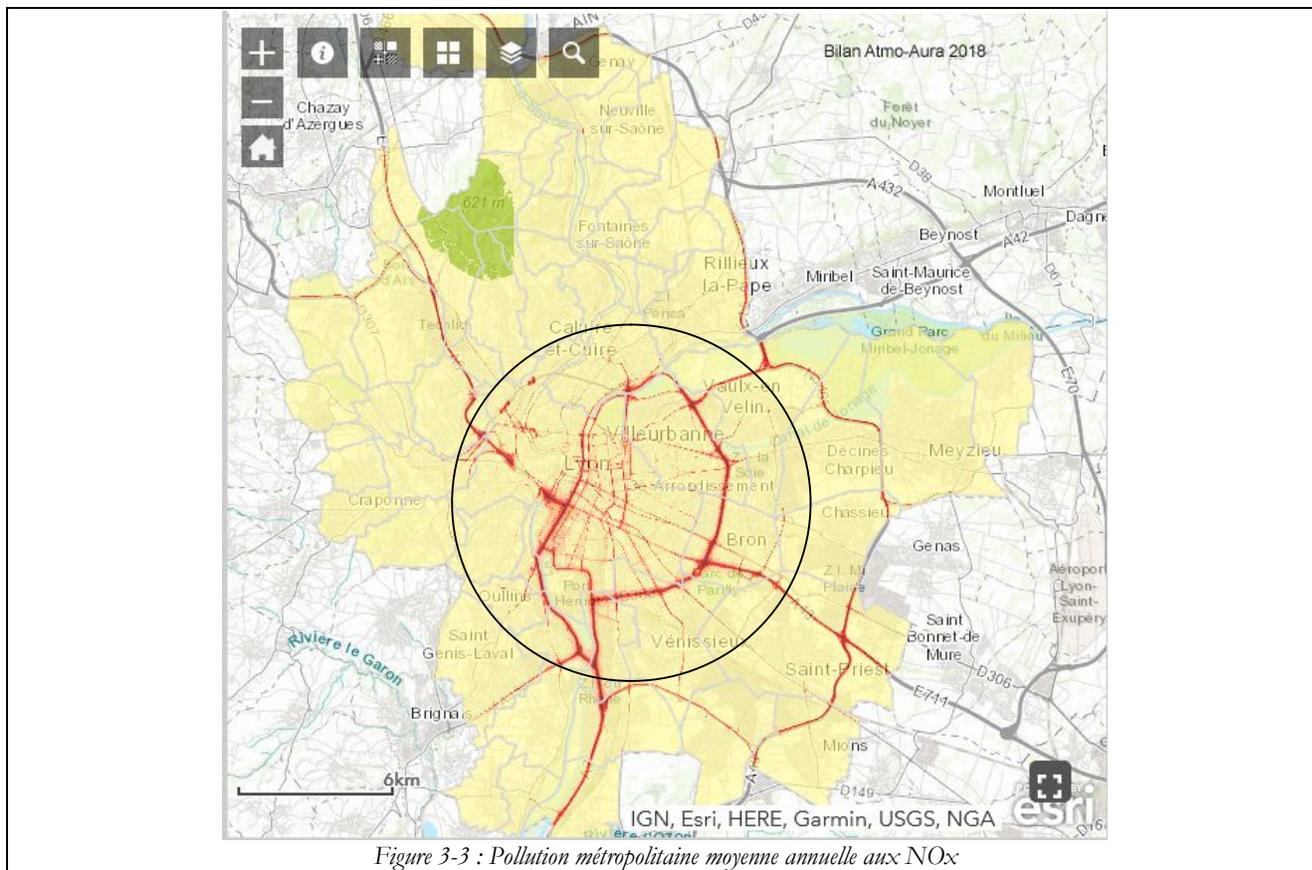


Figure 3-3 : Pollution métropolitaine moyenne annuelle aux NOx

La carte de pollution moyenne annuelle aux NOx, à l'échelle de la Métropole montre que l'exposition excessive à la pollution est concentrée surtout dans les rues du centre-ville, le pourtour de la ZFE actuelle et au bord des grands axes, mais très peu à proximité de l'habitat périphérique.

Les stations d'ATMO-AuRA qui mesurent un dépassement chronique sont peu nombreuses :

- ⇒ l'accès à Lyon par la Mulatière,
- ⇒ le périphérique,
- ⇒ la sortie côté Rhône, du tunnel de la Croix-Rousse.

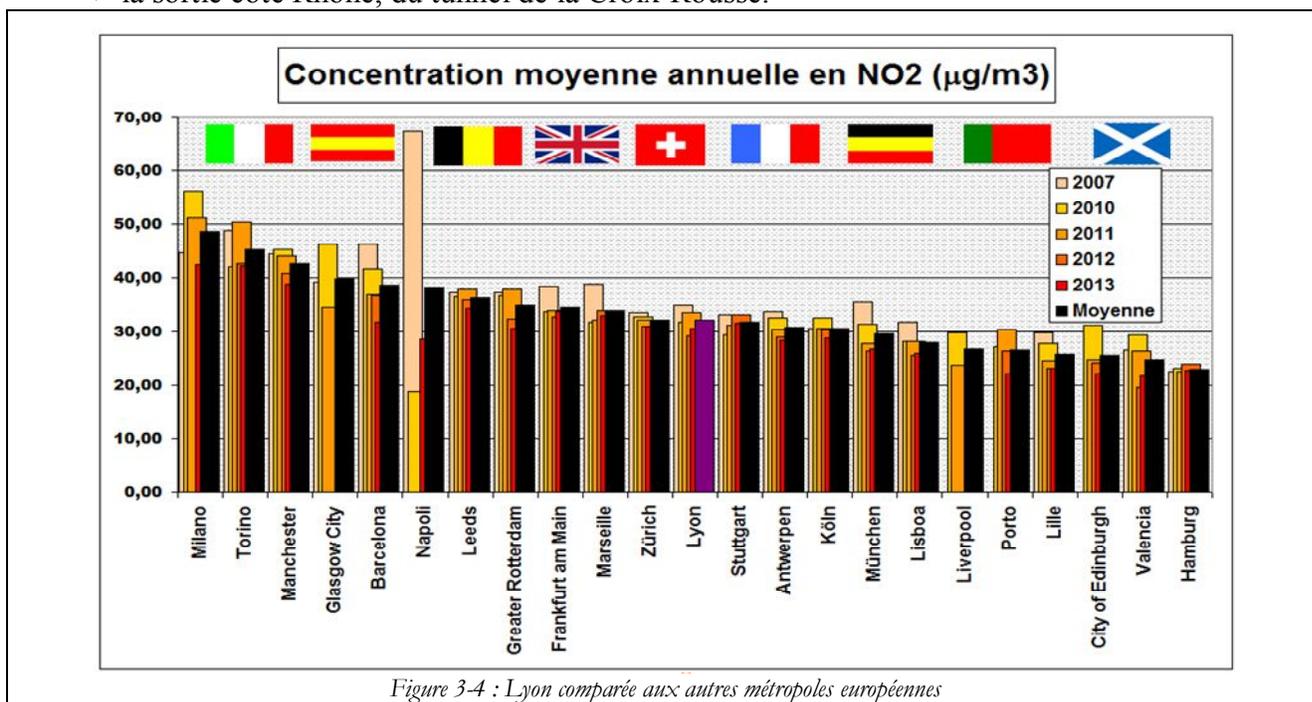
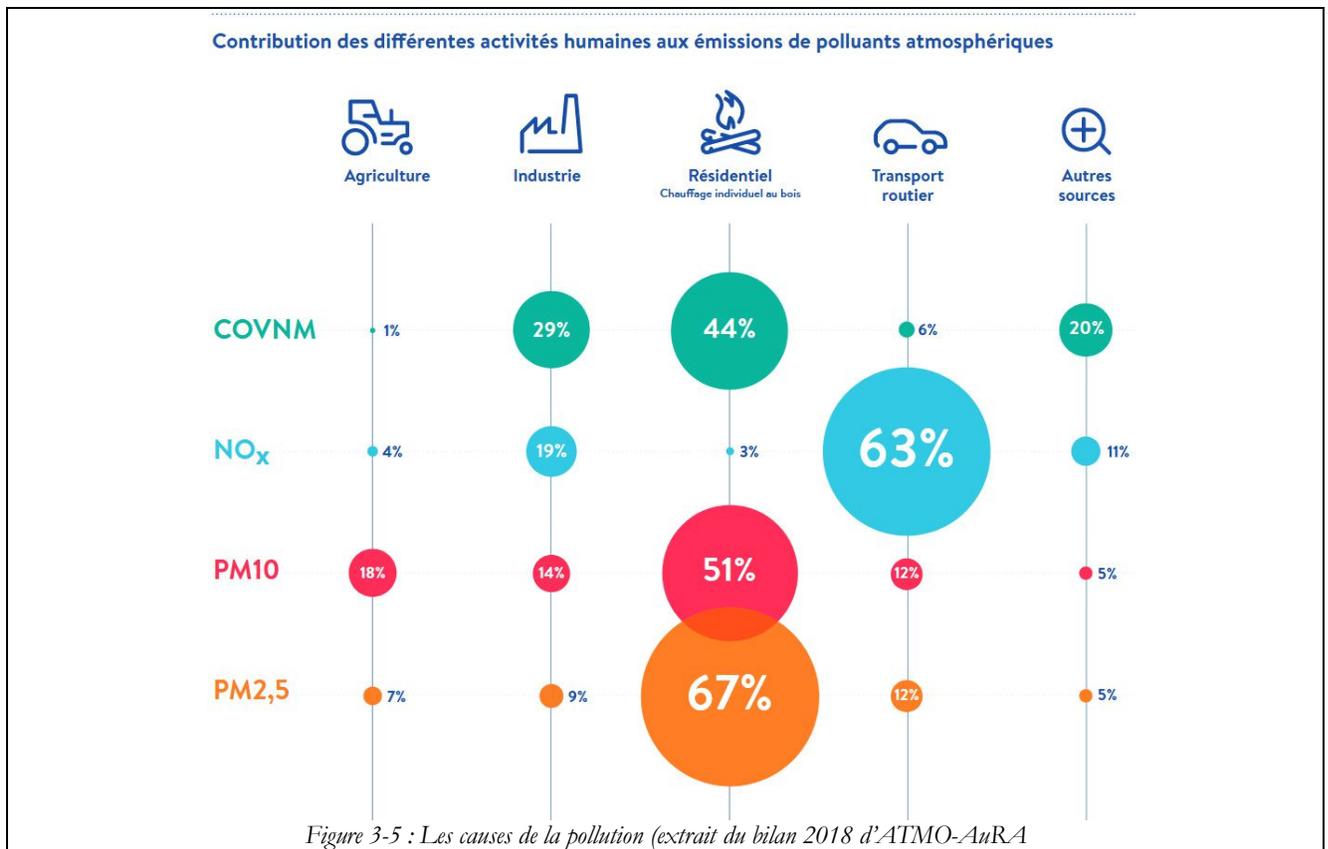
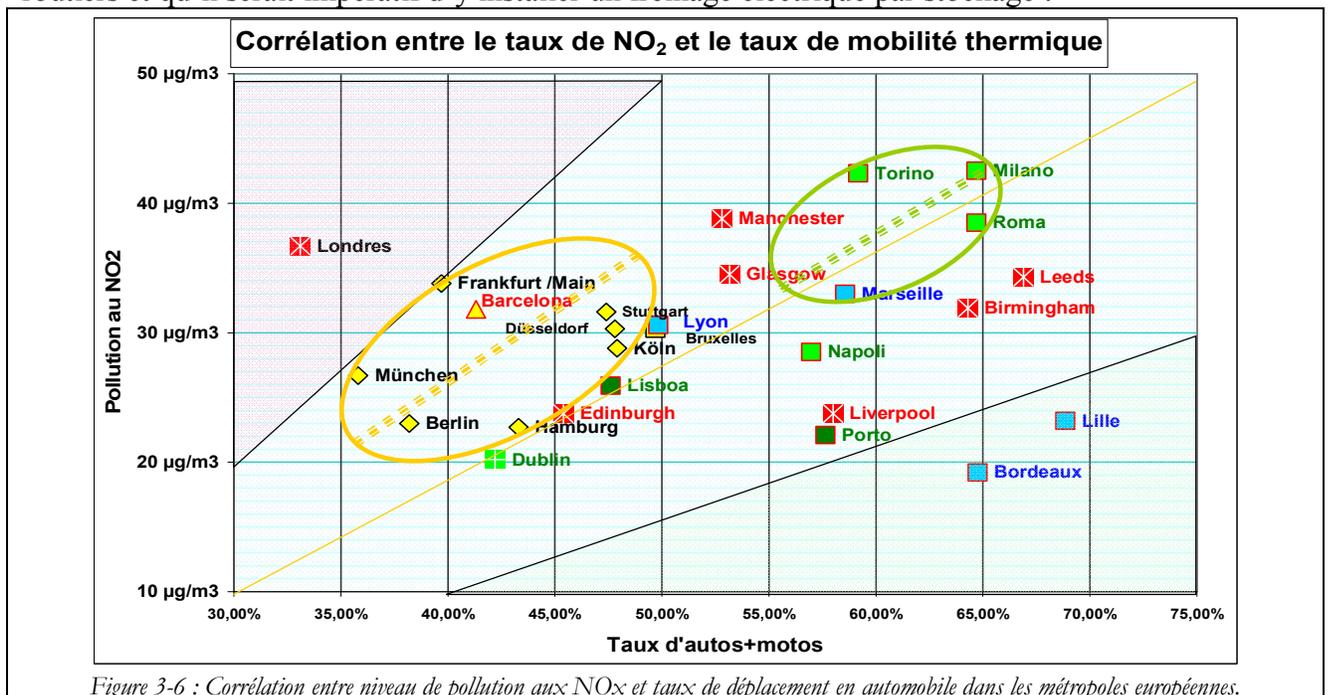


Figure 3-4 : Lyon comparée aux autres métropoles européennes



Le trafic routier génère les 2 tiers de la pollution aux oxydes d'azote, mais a peu d'impact sur les autres types de pollution. Par exemple, les microparticules fines très délétères sont générées essentiellement par le chauffage au bois et notamment à Gerland par la centrale de Surville, comme le démontrent les relevés des stations ATMO-AuRA, mais pas par le trafic.

On voit également que le trafic n'est à l'origine que de 24% des particules fines (PM) générées notamment par les roulements des pneus et les freinages. Rappelons à cette occasion, que la pollution aux PM due aux freinage dans le métro est de 6 fois le seuils OMS, bien plus élevée que sur les axes routiers et qu'il serait impératif d'y installer un freinage électrique par stockage !



La Figure 3-6 montre la corrélation entre le taux de NOx et l'usage du mode voiture dans les plus grandes métropoles européennes, non capitales, comparables à Lyon. Lyon se situe en milieu de tableau. Lyon fait partie des villes dont la pollution aux oxydes d'azote (NOx) dépasse les limites de l'Union Européenne et contribue à ce que la France soit menacée d'une forte amende (100M€/an) par l'Union Européenne. Notons que les villes françaises les moins touchées par la pollution (Lille, Bordeaux par exemple) disposent de voies rapides permettant généralement l'accès au centre ville sans rencontrer d'embouteillage donc à une vitesse optimale. Ce n'est certainement pas un hasard.

4 Quelle sera l'extension géographique de la ZFE ?

L'incertitude existe encore sur les extensions géographiques de la ZFE métropolitaine :

- ⇒ ° Statu quo ?
- ⇒ ° Géographique minimale :
 - Inclure le périphérique ?
 - Supprimer les traversées Nord-Sud et Est-Ouest ?
- ⇒ ° Extension à des communes volontaires ?
- ⇒ ° Extension à la majorité de la Métropole ?

La suppression des traversées ne laisse quasiment aucune échappatoire aux voitures non munies des bonnes vignettes pour permettre de contourner Lyon par le Sud :

- ⇒ ° aux travailleurs pour accéder à l'emploi,
- ⇒ ° aux touristes, pour visiter la ville,
- ⇒ ° aux habitants pour faire leurs courses, dans les grands magasins périphériques.

Même la plus petite extension sera donc extrêmement pénalisante pour les déplacements de la majorité des véhicules.

**Est-il acceptable qu'il n'y ait aucun itinéraire alternatif ?
Pourquoi ne pas instituer plutôt une taxe de transit ?**

(demandée par le député de la majorité Thomas Rudigoz, mais refusée par Elisabeth Borne, Ministre des Transports).

Un pont entre périphérique et M6 deviendrait encore plus nécessaire pour permettre à une part du trafic automobile de ne plus traverser ni Gerland, ni de contourner par le pont de la Mulatière en affrontant des bouchons interminables. Son coût serait d'environ ~100M€ et il serait bien plus utile que divers autres projets de pont.

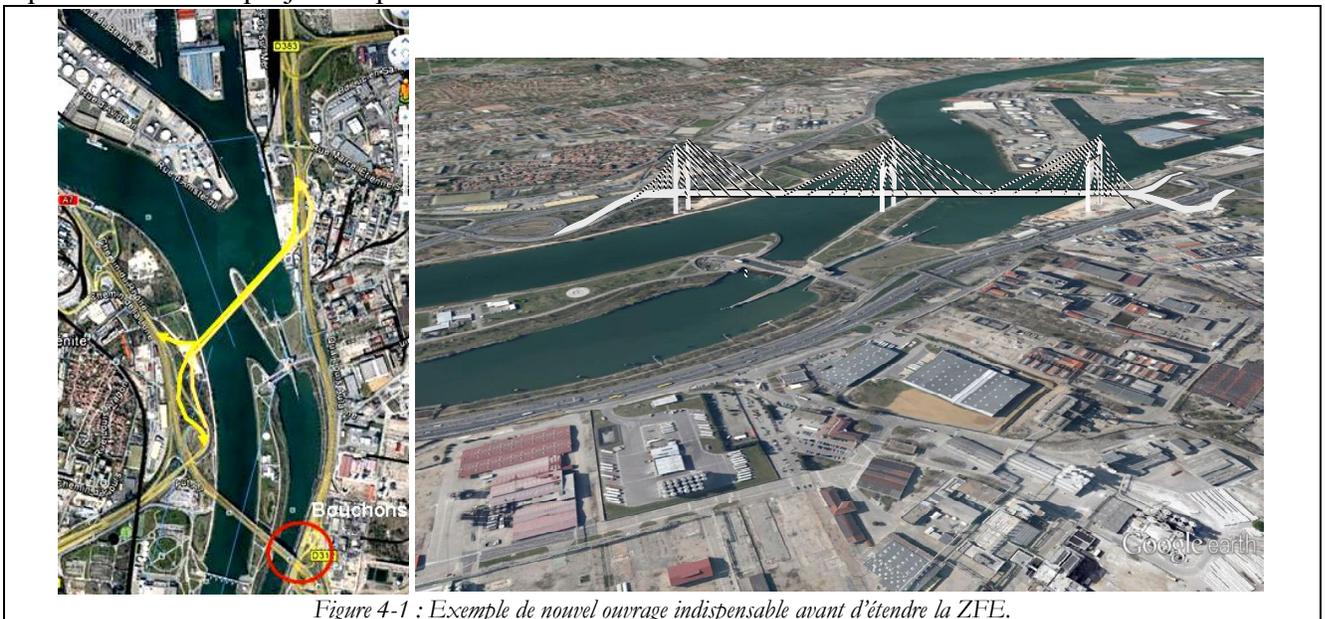


Figure 4-1 : Exemple de nouvel ouvrage indispensable avant d'étendre la ZFE.

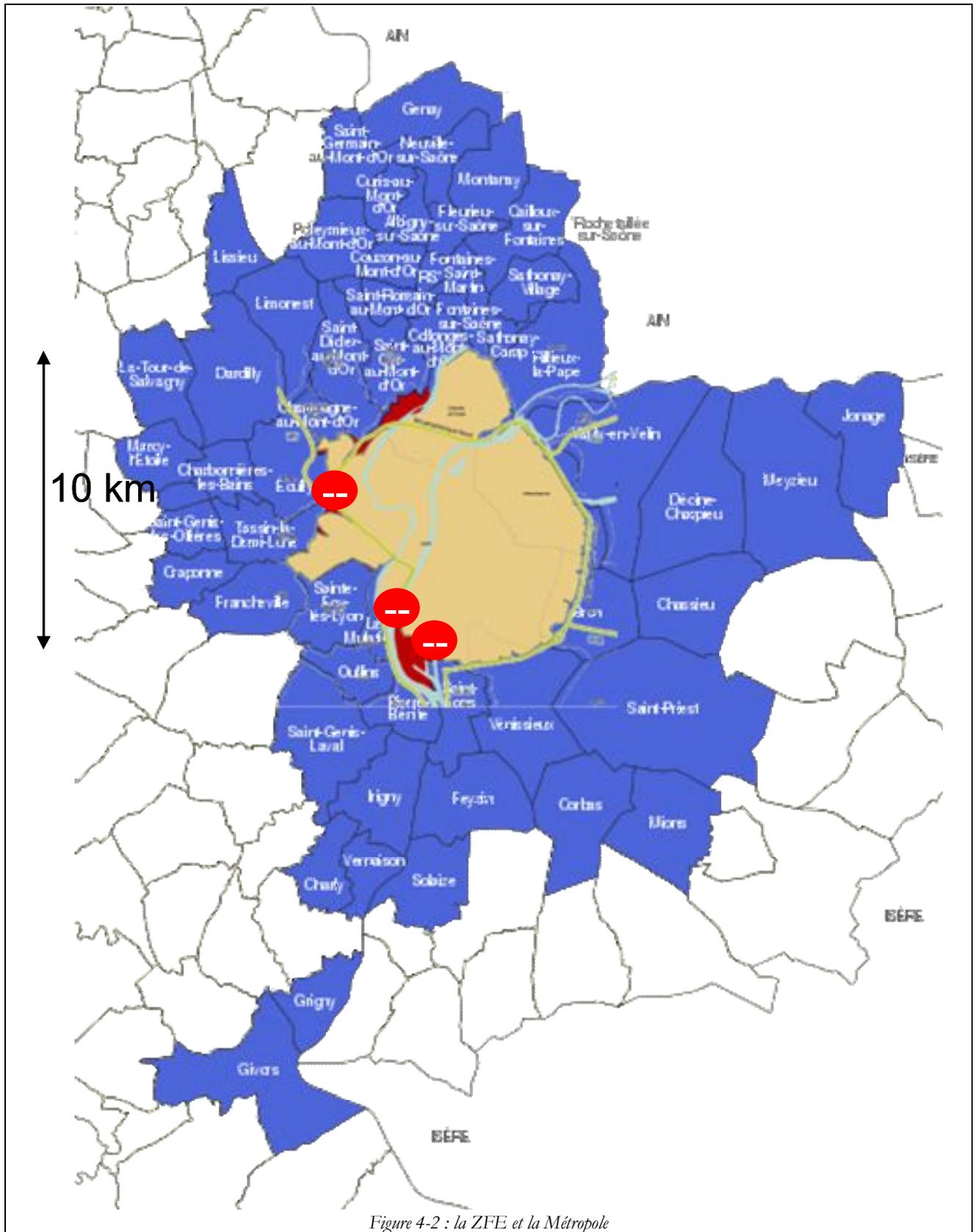


Figure 4-2 : la ZFE et la Métropole

5 La ZFE va-t-elle réduire la pollution ?

5.1 L'effet des normes Euro sur la pollution

Les motoristes, contraint par les normes Euro européennes ont fait des progrès considérables pour réduire la pollution individuelle des véhicules. Le taux de réduction des principaux polluants émis (NOx, et PM) a été de 36 entre la norme EURO 1 et EURO6c.

La Figure 5-1 illustre cette réduction. Elle donne les vignettes Euro attribuées par le gouvernement.

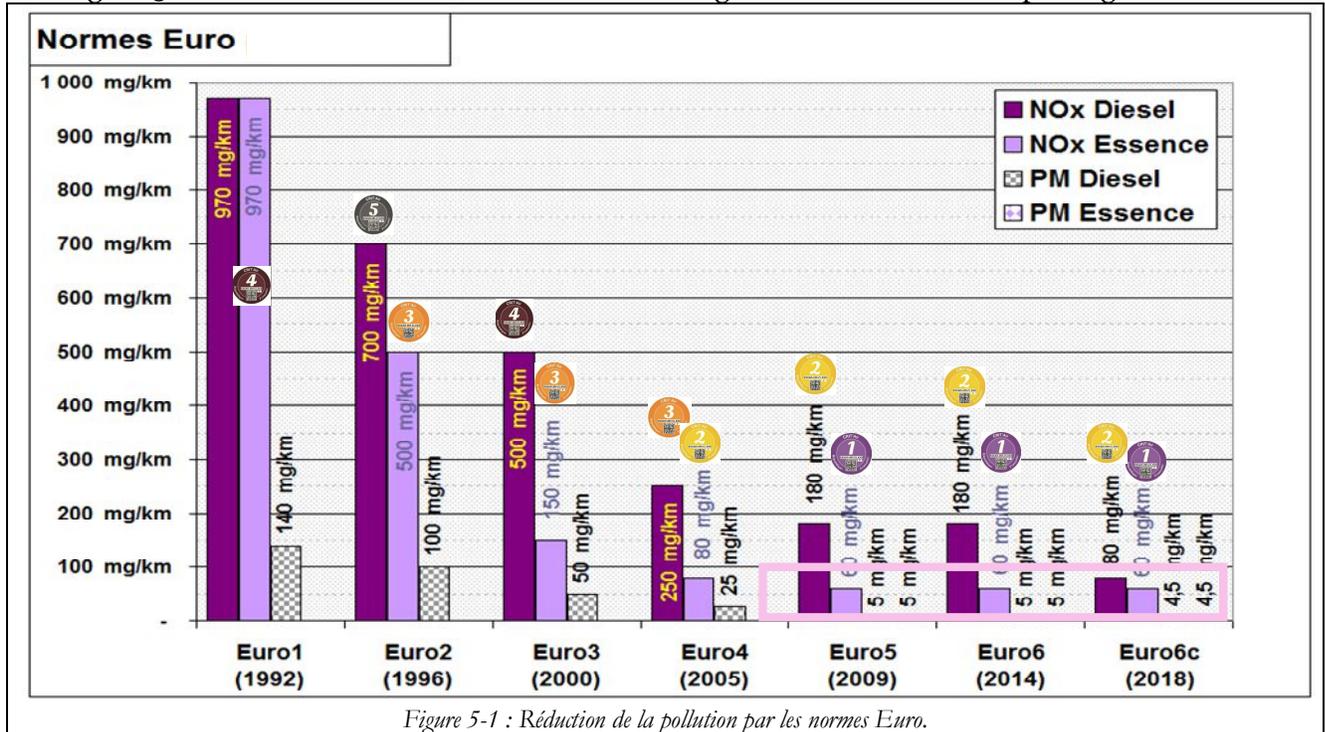


Figure 5-1 : Réduction de la pollution par les normes Euro.

L'intérêt des moteurs diesel est de consommer moins de carburant que les moteurs à essence, ceci pour des raisons physiques incontournables, donc d'émettre moins de CO₂. Pendant longtemps, pour cette raison, les normes imposées au diesel ont été beaucoup moins restrictives pour les moteurs diesel.

Puis les motoristes diesel ont été confrontés à des difficultés techniques insurmontables, à court terme, pour ramener les moteurs au niveau des normes UE qui se renforçaient. Ils ont dû tricher pour obtenir des tests satisfaisants : le diesel gate (voir Figure 5-2).

On note que le dispositif de vignettes « rétrogrades » entre de 5 à 1 est incapable de s'adapter aux progrès techniques, en ne laissant aucune place aux améliorations futures, contrairement à la normalisation progressiste de la norme Euro. Depuis la mise en place de la norme Euro6c, contrôlée sur un cycle WLTP, proche du fonctionnement réel, les moteurs diesel sont devenus conformes à la norme et ne méritent plus d'être pénalisés.

Pour satisfaire la norme Euro6c, dont les normes essence et diesel sont d'une rigueur semblable, les techniciens ont réussi à rendre les derniers moteurs diesel (dotés de vignettes 2) aussi propres que des moteurs à essence les plus récents et même bien plus propres que beaucoup de moteurs essence dotés d'une vignette 1.

(voir : www.caradisiac.com/vignette-crit-air-et-zone-a-faibles-emissions-pourquoi-ca-ne-marchera-pas-187850.htm).

Émissions de NOx des véhicules Diesel

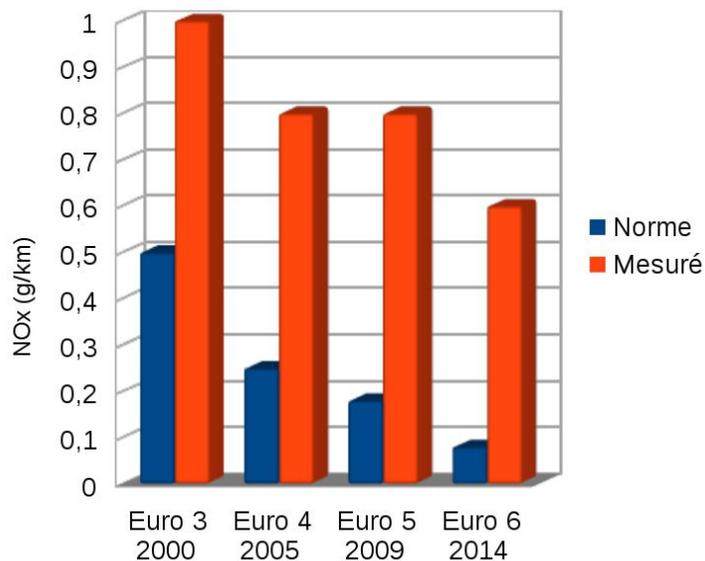


Figure 5-2 : Écart entre pollution théorique et pollution mesurée pour les moteurs diesel

On peut aussi remarquer qu'un véhicule hybride rechargeable qui circule en ville en mode électrique émet aussi peu de polluants qu'un véhicule électrique. Faudrait-il un voyant externe pour le signaler ?

La réduction du niveau de pollution des moteurs neufs a été de l'ordre de 60% par décennie. Les progrès se poursuivront avec la norme Euro 7 en préparation.

En conséquence :

Il est déconseillé de fonder une réglementation pérenne d'exclusion sur le système des vignettes, déjà inadapté et archaïque pour caractériser la pollution des véhicules.

5.2 La réduction de la pollution connaît des freins

La réduction théorique

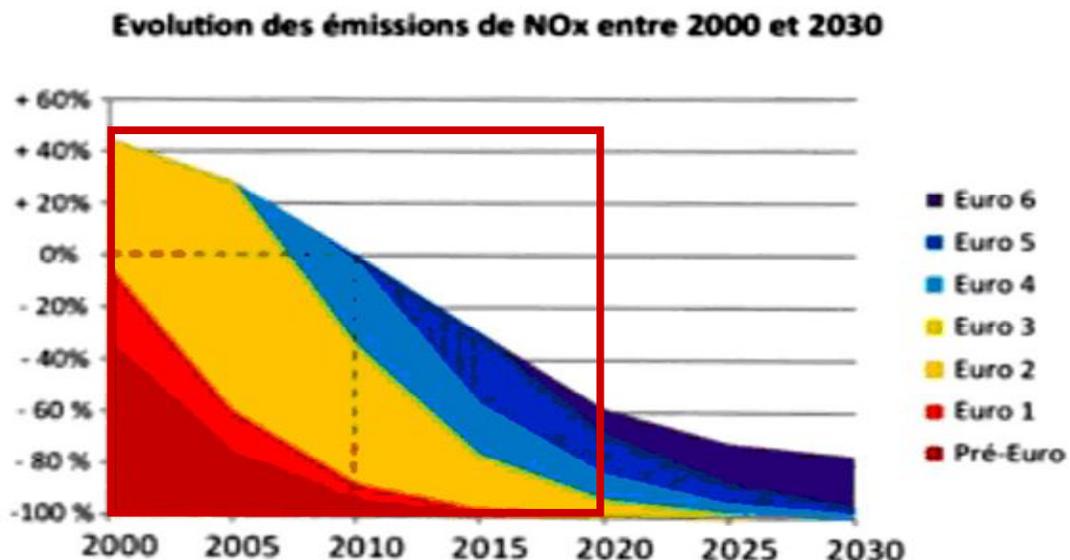
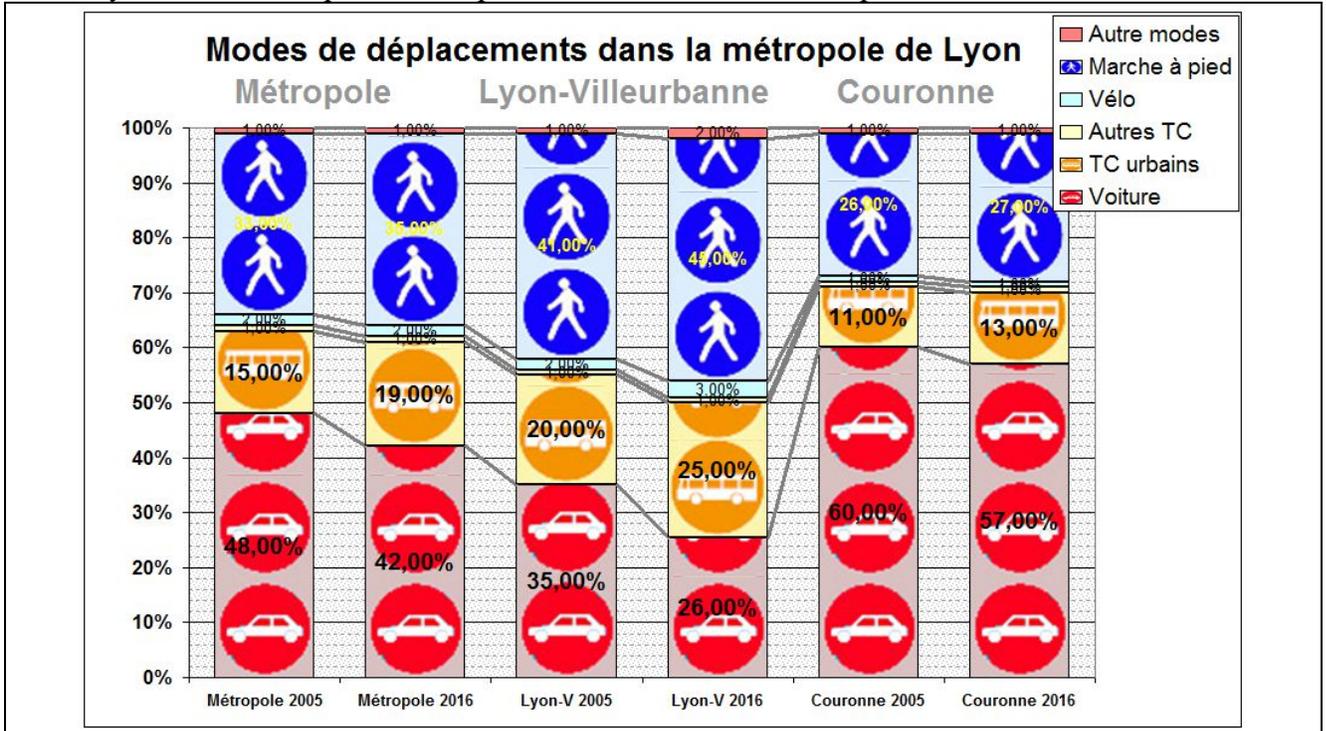


Figure 5-3 : Baisse théorique de la pollution par l'application des normes Euro (source UFIP)

Ce diagramme de l'UFIP montre que, toutes conditions égales par ailleurs, la rénovation naturelle du parc aurait dû entraîner une réduction de la pollution de 60% dans la décennie 2010-2020.

Autre facteur favorable à la diminution de la pollution : le taux d'usage du mode automobile est passé de 60% à 57% en couronne et de 35% à 20% en zone ZFE (Lyon-Villeurbanne), le reste du trafic ayant été absorbé par les transports collectifs et la marche à pied.



L'accroissement du trafic

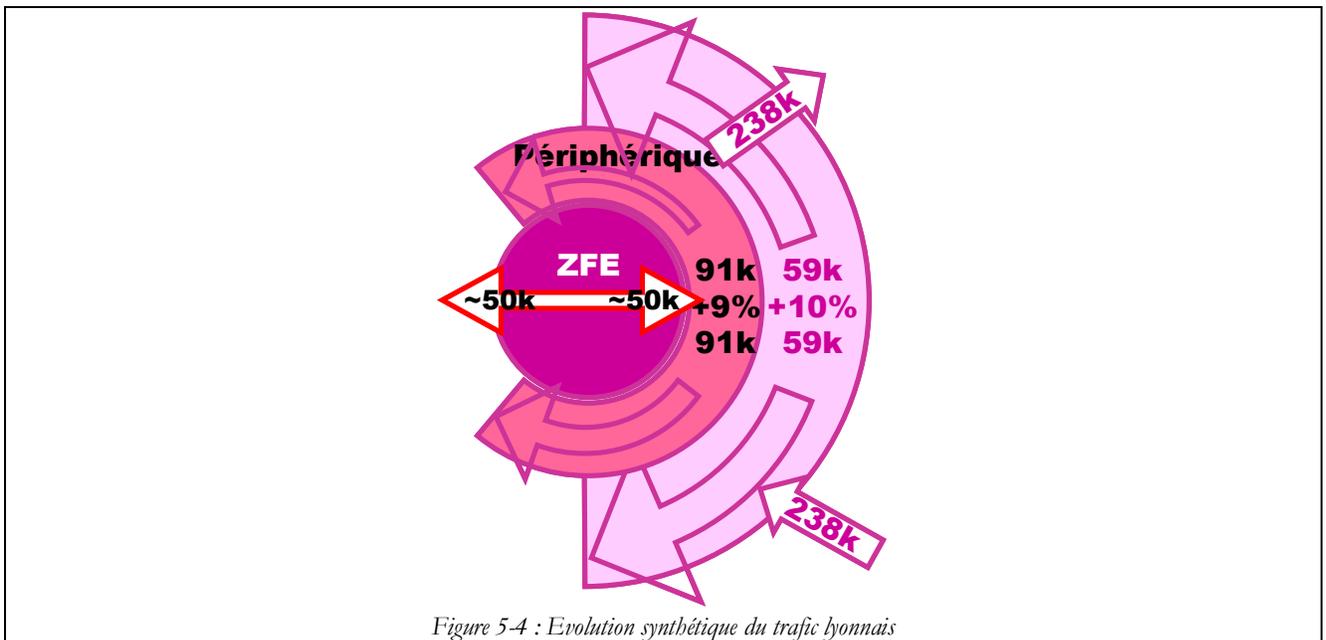


Figure 5-4 : Evolution synthétique du trafic lyonnais

Concernant l'évolution du trafic, elle diffère entre le centre et la périphérie. L'Observatoire Lyonnais des Transports et COPARLY ont publié également une analyse de l'évolution du trafic dans Lyon, par exemple sur le secteur indiqué par la Figure 5-5. L'évolution du trafic a été notée à la baisse de l'ordre de -11% en 9 ans.

Le trafic en périphérie, en moyenne (avec des disparités entre semaine et période de vacances), est le suivant :

- ⇒ Entrent et sortent dans la Métropole : 288.000 véhicules par 8 axes majeurs, depuis l'année 2.000 ;
- ⇒ Tournent dans le $\frac{3}{4}$ de périphérique, jusqu'à 91.000 véhicules dans chaque sens au point le plus dense, en croissance de 9% par décennie ;
- ⇒ Tournent dans la demi couronne, jusqu'à 59.000 véhicules dans chaque sens, en croissance de 10% par décennie ;
- ⇒ Traversent le tunnel de Fourvière 110.000 véhicules, dont la moitié environ viennent de la périphérie (parce qu'il ne peuvent guère en faire le tour).

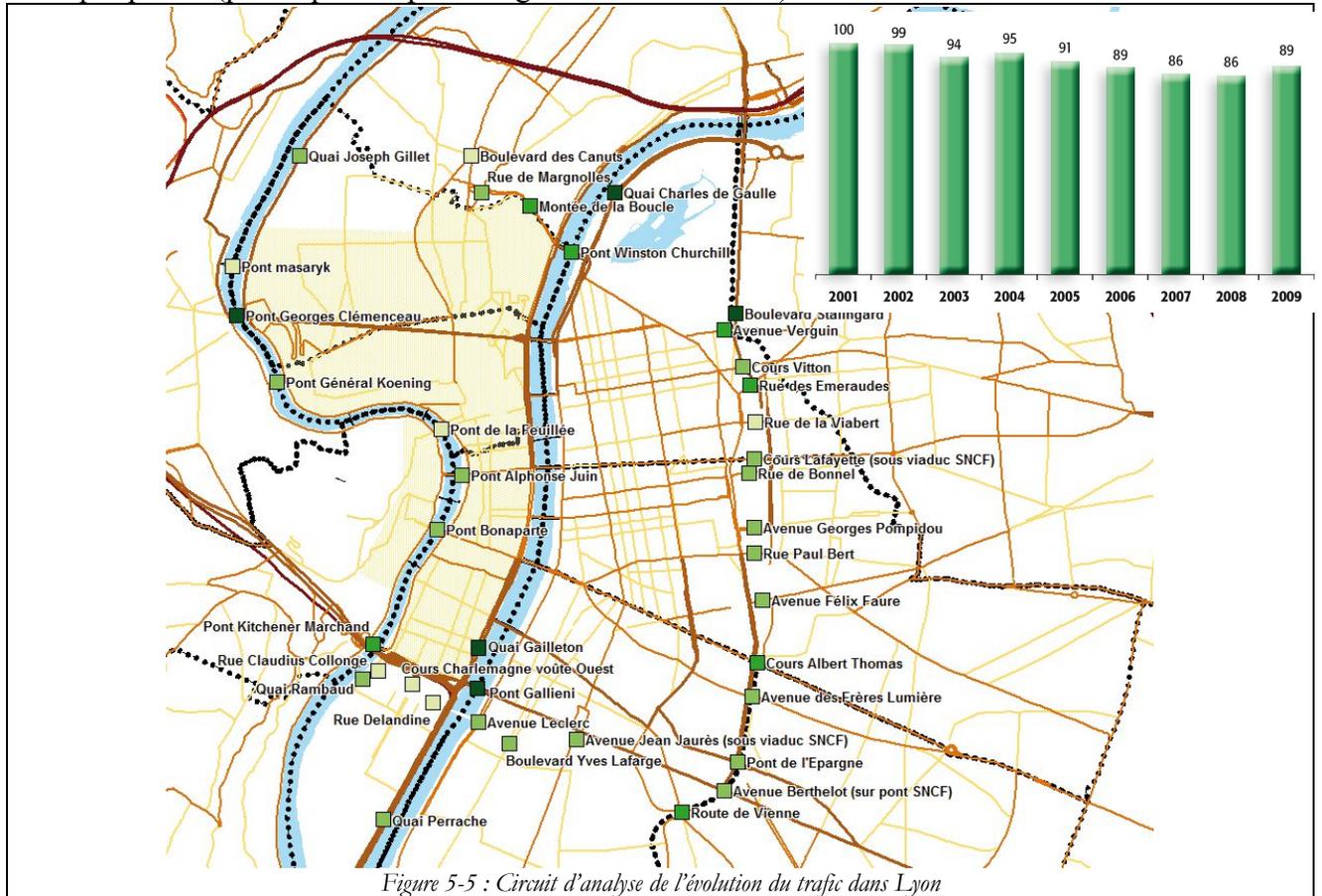


Figure 5-5 : Circuit d'analyse de l'évolution du trafic dans Lyon

Au premier abord, on peut prétendre que la généralisation à tous de la ZFE réduira l'exposition à la pollution :

- ⇒ de 70% ($60\% * 90\%$), par la modernisation du parc de voitures vers l'EURO6 et EURO7 ;
- ⇒ de plus, si les navetteurs adoptent des voitures électrifiées.

La réduction réelle de la pollution aux NOx

Nous allons montrer qu'à terme, l'évolution naturelle du parc suffirait, avec ou sans ZFE.

La pollution en ZFE et en périphérie est mesurée par les stations de mesure ATMO-AURA et également modélisée sur la surface de la région. Selon un diagramme officiel de ATMO-AURA (Figure 8-5), la pollution aux NOx a baissé, par décennie, de seulement 40%, puis de 30%.

Comme il est nécessaire d'analyser indépendamment les résultats au centre (ZFE actuelle) et en couronne, nous avons établi les évolutions. Pour cela, nous avons relevé dans la base de données d'ATMO-AURA les pollutions d'une part dans les stations du centre et d'autre part celles en couronne. Nous avons calculé l'évolution de 2005 à 2019 de chaque station depuis 2005, et fait la moyenne des évolutions obtenues et calculé l'évolution de ces moyennes selon les diagrammes fournis en annexe (Figure 8-1, Figure 8-2, Figure 8-3, Figure 8-4 en annexe). Nous avons éliminé l'année 2019, qui a connu une situation exceptionnelle.

La diminution de la pollution aux NOx en, 15 ans a été seulement :

- de 20% dans la ZFE actuelle et
- de 35% en périphérie.

On constate donc que les niveaux réels de pollution ont bien moins baissé que ce que les normes Euro laisseraient espérer ainsi que les plans officiels (PREPA, PCAET, Plan Oxygène...).

Les causes de non diminution de la pollution

Il est intéressant de comprendre pourquoi la diminution de la pollution est plus de 2 à 3 fois inférieure à ce qu'elle devrait. La triche sur la pollution diesel ne suffit pas. D'autant que la majorité des nouvelles voitures vendues depuis plusieurs années fonctionnent à l'essence et que les nouvelles respectent désormais les normes.

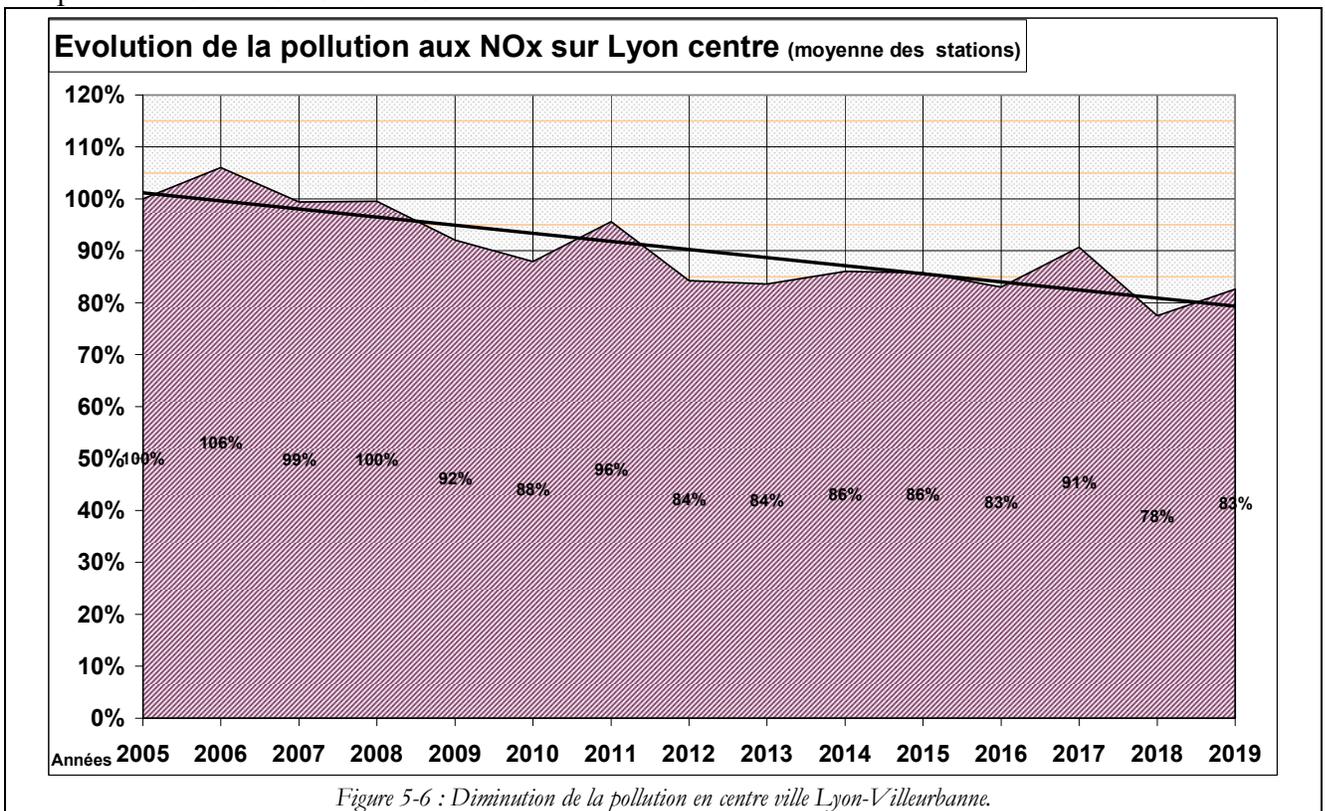
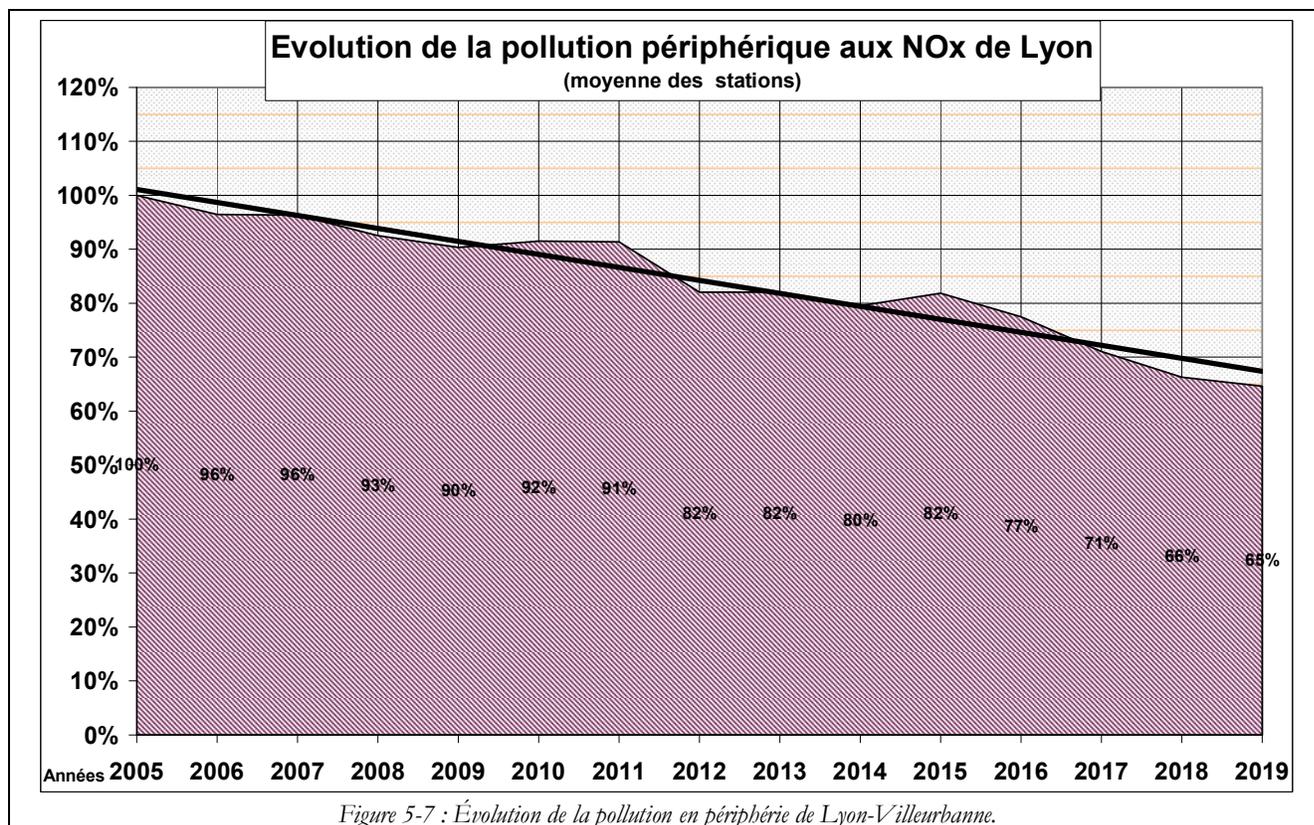


Figure 5-6 : Diminution de la pollution en centre ville Lyon-Villeurbanne.



La faiblesse de diminution de la pollution et du CO₂ s'explique par la lenteur du trafic due :

- ⇒ à l'accroissement du trafic en couronne ;
- ⇒ aux ralentissements provoqués par l'excès de densification et d'urbanisation centralisée ;
- ⇒ aux bouchons créés par les voies de tram, sur des axes majeurs (T2, Avenue Berthelot, T1 à Charlemagne, T6 à Challemel Lacour...) ;
- ⇒ à la désynchronisation des feux tricolores due notamment aux tramways (Avenue de Saxe...), mais aussi aux imperfections de nombreux plans de feux de CRITER ;
- ⇒ à la destruction et à l'absence d'ouvrages d'accès (Garibaldi, Mermoz, Part Dieu...) ;
- ⇒ à l'instauration de zones 30, de rencontres, de DSC... ;
- ⇒ à l'installation de ralentisseurs visant à ralentir le trafic en dessous de 50km/h.

Toutes ces causes d'excès de pollution génèrent au moins 50 fois plus de décès qu'elles n'en préservent, mais l'avantage c'est qu'on n'en parle pas dans la presse.

Il est possible d'estimer par calcul l'influence de chacun de ces facteurs. La Figure 5-8, représente l'influence des différents facteurs positifs : effet (minime) de la ZFE professionnelle, adoption de véhicules électriques, construction massive de parcs relais et négatifs : accroissement du trafic, parcours à vitesse réduite en dessous de 50km/h, croissance des embouteillages).

Cette influence des facteurs peut être simulée pour obtenir le taux de pollution observé.

Les paramètres du calcul sont les diagrammes (de type COPERT) du CEREMA, fournis par l'étude (Figure 8-7) de 2009 du SETRA (Émissions Routières de polluants atmosphérique) et les travaux de recherche suédoise de Paul Höglund (Figure 5-9).

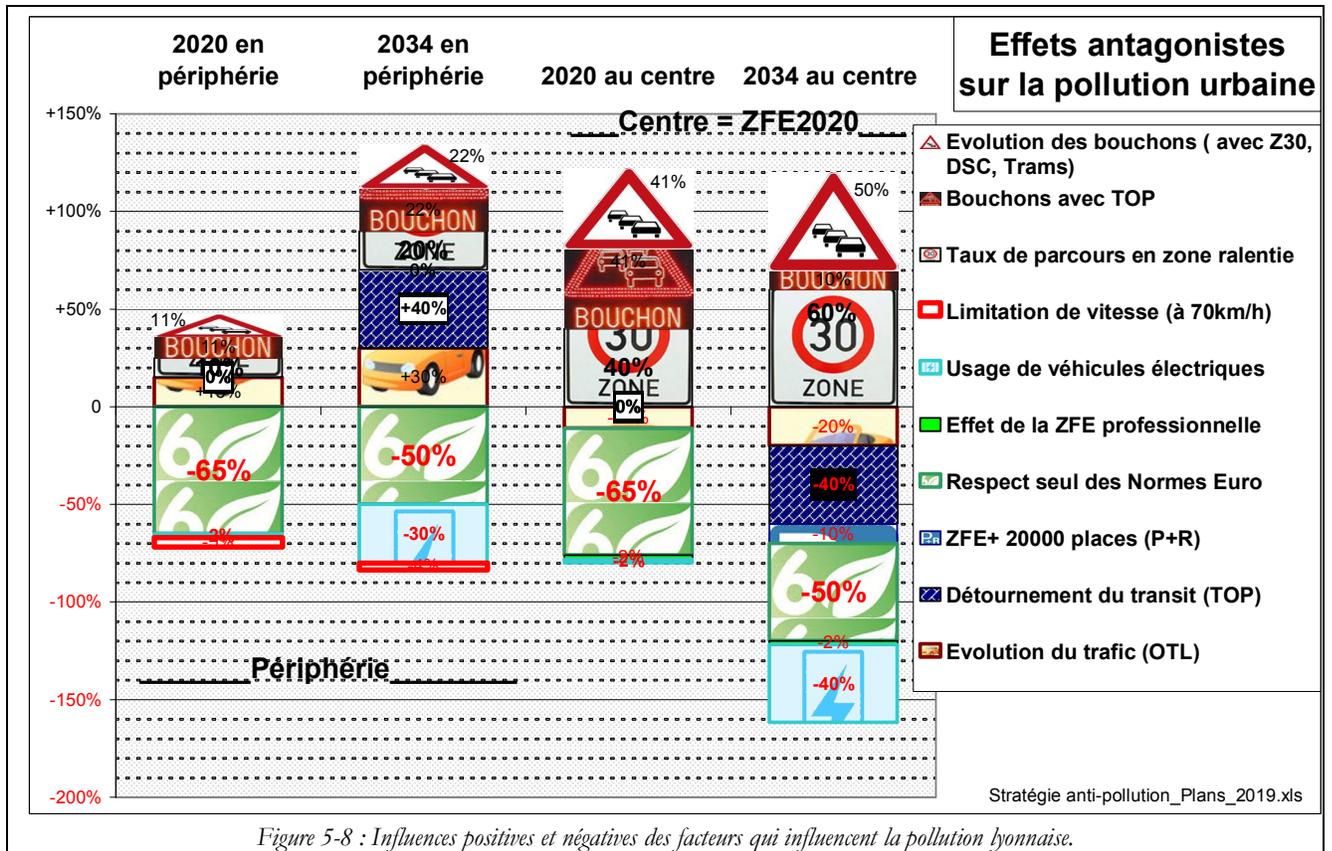


Figure 5-8 : Influences positives et négatives des facteurs qui influencent la pollution lyonnaise.

Ils démontrent que :

- ⇒ la réduction de vitesse de 50 à 30 km/heure constante accroît de 50% la pollution,
- ⇒ les ralentisseurs la multiplie par 2,5 et les émissions de CO₂ par 3 ;
- ⇒ les arrêts au feu rouge la multiplie par 4 et les émissions de CO₂ par près de 5, soit un facteur de l'ordre de 3 à 4, lors de la circulation sur un axe où les feux sont désynchronisés.

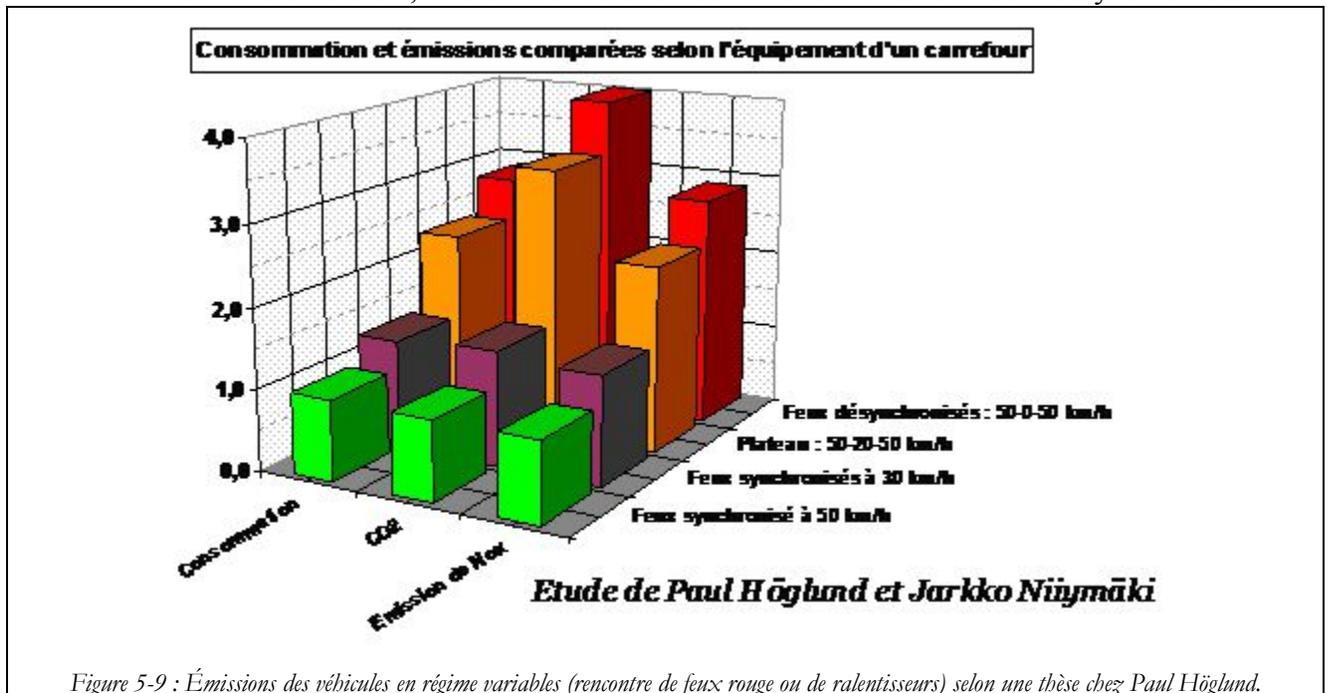


Figure 5-9 : Émissions des véhicules en régime variables (rencontre de feux rouge ou de ralentisseurs) selon une thèse chez Paul Höglund.

La Figure 5-12 et la Figure 5-13 représente une prospective d'évolution de la pollution respectivement en centre ville et en périphérie, selon diverses hypothèses.

L'application pure et simple des normes Euro, aurait conduit à une réduction de la pollution de 65%, et pour l'avenir (courbe violette) bien plus importante.

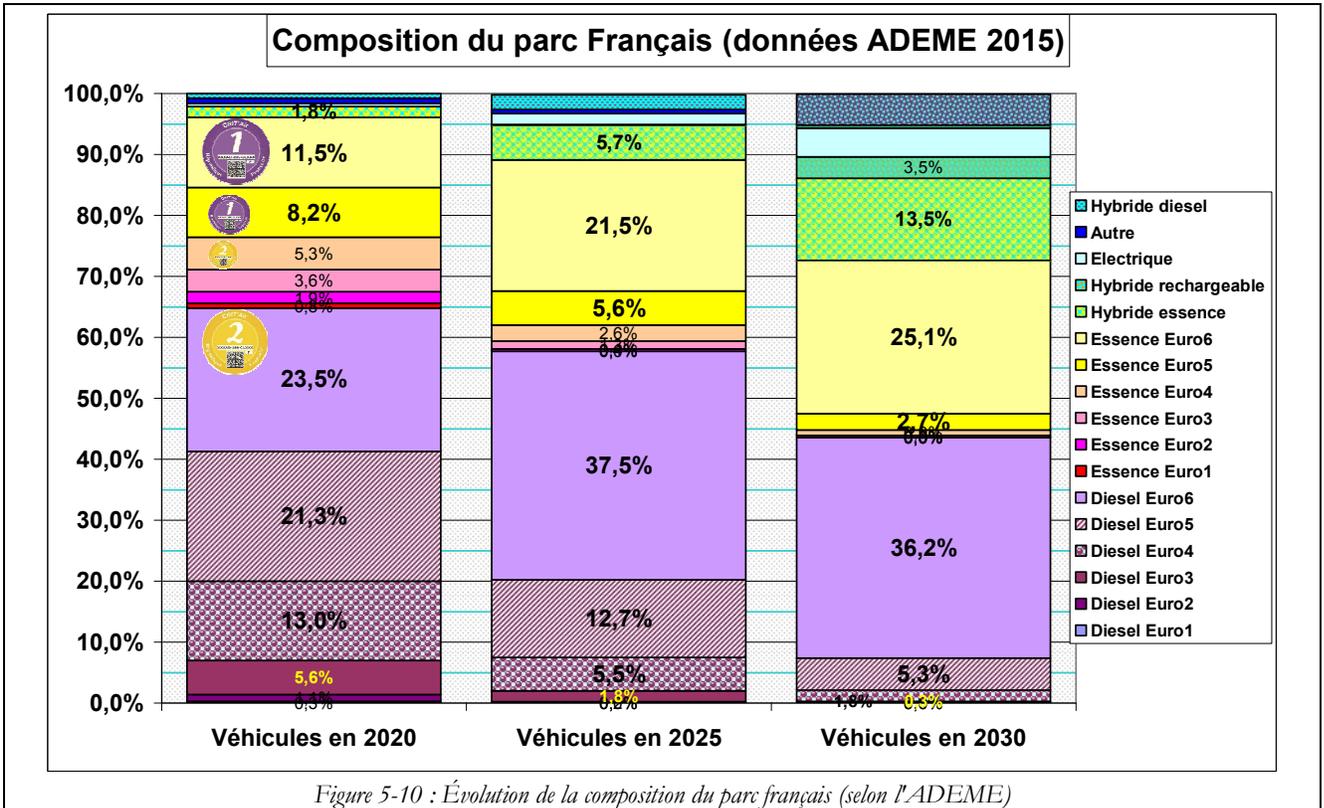
Le PREPA (Plan Régional des Émissions de Polluants Atmosphérique) repris par le PCAET de la Métropole (Plan Climat Air Énergie Territorial) a fait en 2005 et en 2015 des projections de réduction de la pollution qui aurait amené la pollution à 50% de sa valeur en 2005 et de 60% pour les 15 prochaines années, sans prendre en compte de facteurs négatifs. La courbe en pointillé violet représente cette évolution projetée par le PCAET.

La réduction de la pollution a donc été 2 fois plus faible que prévu et qu'elle aurait dû.

Dans la Figure 5-12 et la Figure 5-13, La modélisation de la pollution réelle et projetée a été calée sur la réalité, en ajustant l'effet des facteurs négatifs cités et non pris en compte par le PCAET et aussi de la pollution créée par les bus : 60% d'un véhicule particulier, au km/voyageur (selon l'assimilation à la pollution d'une thèse parisienne des émissions de CO2 et selon un calcul équivalent que j'ai effectué selon la fréquentation des bus des TCL, qui émettent selon le SYTRAL 3% de la pollution lyonnaise).

Selon l'ADEME (Figure 5-10), le remplacement du parc automobile sera de 97% dans 15 ans, la longévité moyenne du parc étant de 8 à 9 ans.

L'inconnue est le taux de voiture électrique. Nous l'avons estimé dans 15 ans, à 30% et 20% respectivement au centre et en périphérie. A ce moment là, compte tenu de l'évolution du coût des batteries (50% par décennie), le coût d'un véhicule électrique ne sera pas plus cher qu'un véhicule thermique et un véhicule hybride guère plus. Notons que si c'est le cas, les voies réservées au vignettes n°1 et au covoiturage ne serviront alors plus à rien et même seront plus encombrées que les autres.



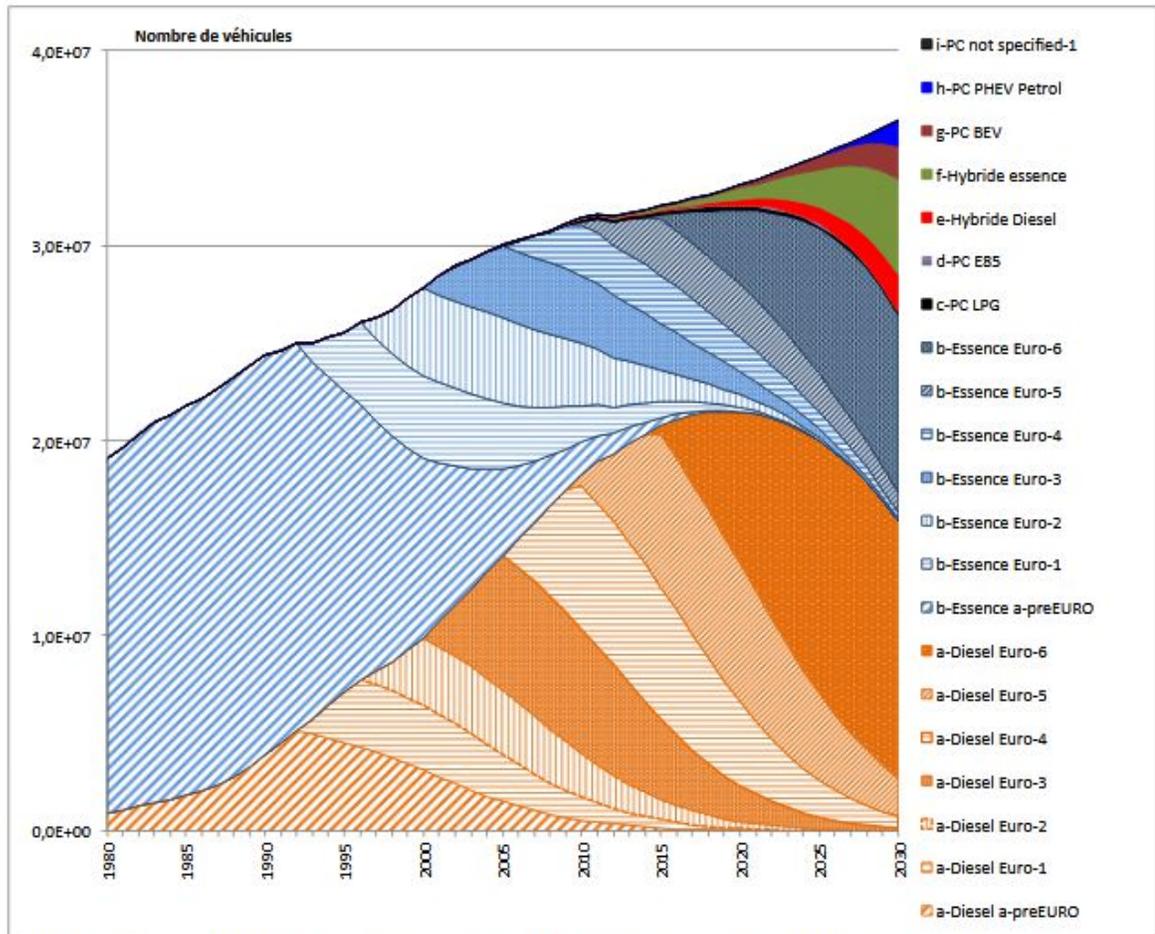


Figure 41 : Évolution de la composition du parc de voitures particulières selon les réglementations émissions et technologies alternatives.

Figure 5-11 : Evolution du parc de véhicules (source ADEME).

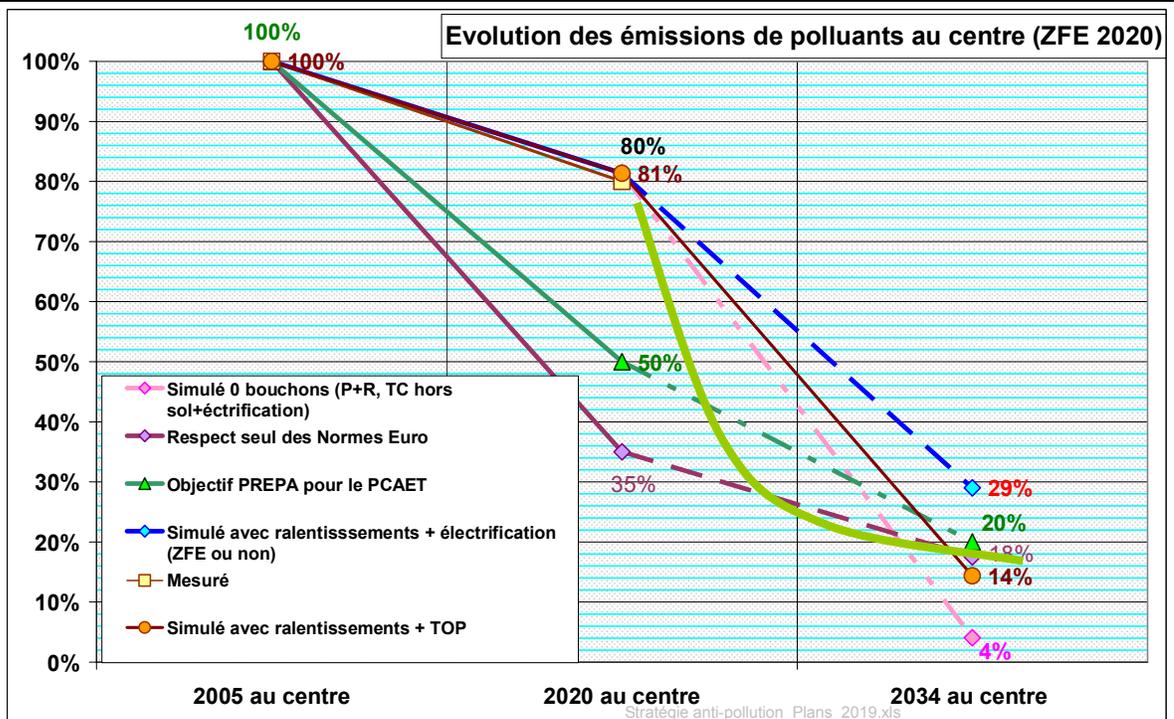
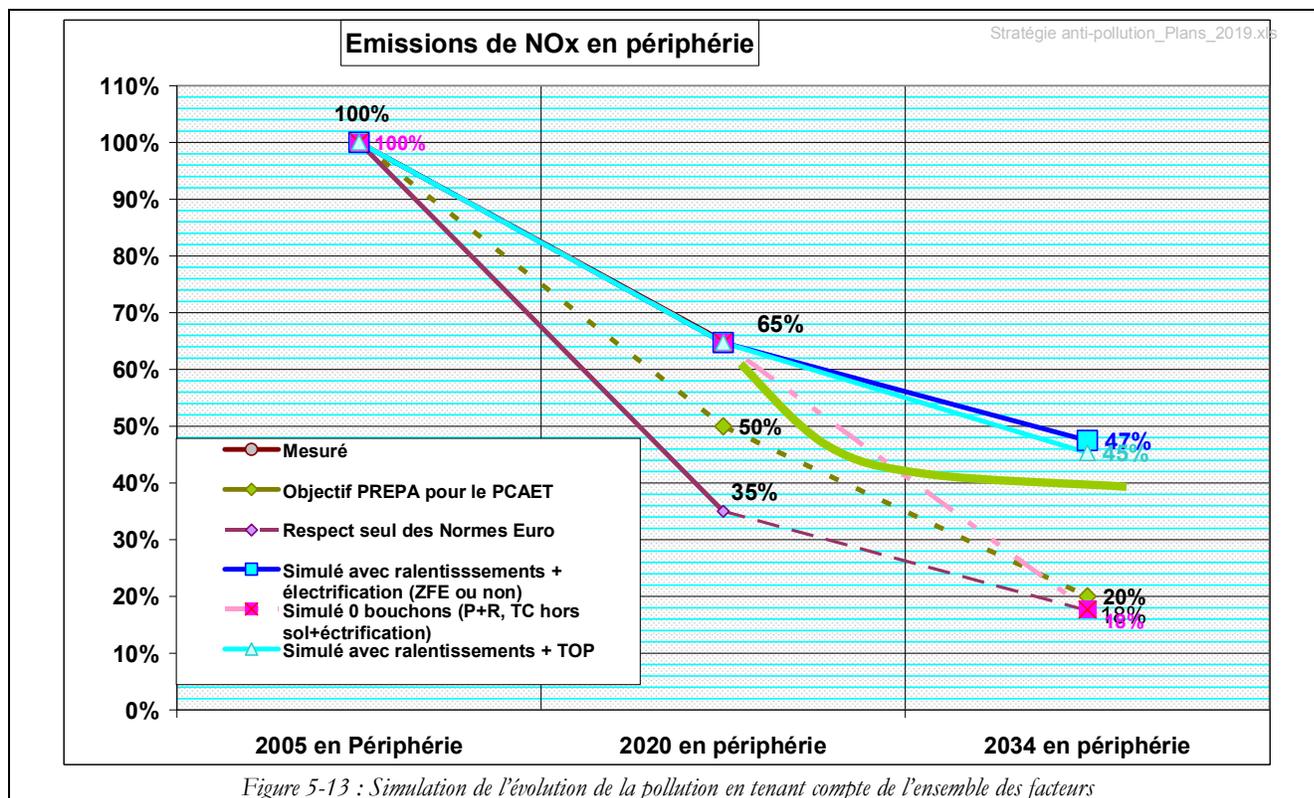


Figure 5-12 : Diminution des émissions de polluants en ZFE



Pour que la réduction idéale du PCAET soit atteinte, il faudra des facteurs positifs complémentaires comme :

- ⇒ avoir réalisé les contournements de la circulation (TOP et CEL), qui ne sont plus à l'ordre du jour,
- ⇒ éliminer les causes de ralentissement de la vitesse des véhicules thermiques.

Mais, ZFE ou non, compte tenu de l'évolution naturelle du parc, la situation de la pollution en 2035, ne sera guère différente.,

Ce que pourra changer la ZFE, c'est que d'ici à 15 ans, l'incitation forte à accélérer les changements de voitures par la ZFE accélérera la réduction normale de la pollution (courbe verte). Mais cela ne se produira pleinement que si l'on n'instaure pas, en même temps, des contraintes de circulation complémentaires (comme l'existence de couloirs privilégiés notamment). De plus, si le parc de voitures précocement changé en raison d'une ZFE, se stabilisera davantage et cela aura un effet néfaste ensuite.

En revanche la situation dans 30 ans dépend surtout des options d'urbanisme complémentaires qui auront un impact lourd à terme.

Egalement, la pollution baisserait durablement de 90% à terme si :

- ⇒ il était construit 170.000 places en P+R pour les navetteurs et
- ⇒ si le réseau de transport collectif était densifié pour véhiculer 170.000 navetteurs en plus, en 2 heures.

Nous analysons plus loin le coût et la faisabilité de ces mesures.

6 La ZFE va-t-elle réduire les émissions de CO2 ?

On pourrait espérer que la réduction du CO₂ sera similaire à l'émission de la pollution par les NOx. Nous allons montrer que c'est juste le contraire.

6.1 Etendre géographiquement la ZFE aura des effets « rebond »

Les contraintes de l'extinction auront comme conséquence notamment de :

- ⇒ °diffuser le trafic hors des grands axes,
- ⇒ °augmenter la distance parcourue ;
- ⇒ °réduire la vitesse et allonger le temps, donc augmenter la pollution et les émissions de CO₂,
- ⇒ °augmenter ainsi l'exposition des citoyens ;
- ⇒ °rendre les contrôles plus complexes ;
- ⇒ °imposer à une population plus large les obligations de moderniser son parc plus tôt ;
- ⇒ °accroître la nécessité de transports collectifs et de P+R en périphérie, en contradiction d'ailleurs avec les prescriptions du rapport 2015 de la Cour des Comptes.

6.2 Etendre la ZFE doublera les émissions de CO₂ !

Le remplacement prématuré des véhicules aura comme effet d'environ doubler les émissions de CO₂. En effet, les émissions de CO₂ sont la somme des émissions sur le cycle de vie du véhicule :

- ⇒ °dues à la combustion lors de l'utilisation ;
- ⇒ °incluant la fabrication et la destruction.

En effet, il faudra prématurément construire de nouvelles voitures. La voiture changée sera vendue dans un pays moins développé.

Les batteries fabriquées en Chine émettent beaucoup de CO₂, alors que si l'on attendait que des fabrications prévues (par SAFT, par exemple, filiale du CEA) elles pourraient l'être en France (ou en Suède, en Norvège ou en Suisse), avec de l'énergie moins carbonée. Si les batteries sont fabriquées en Chine, alimentée avec de l'énergie décarbonnée, une voiture électrique doit avoir parcouru de 50.000 km à 100.000 km pour commencer à émettre moins de CO₂ qu'une voiture thermique, soit 30 à 60 km par jour, 200 jours par an, pendant 8 ans. (AFP/Daniel Roland), donc après environ au moins 5 ans.

De plus, en France, l'excédent d'énergie de recharge nocturne est actuellement fourni par du gaz ou du charbon. C'est ce que montrent le relevé du site electricitymap.com (Figure 6-1).

En effet, désormais (après arrêt de Fessenheim et dans l'attente de nouveaux EPR), au-delà de 65 GW de puissance à fournir, sauf en cas de vent très fort (5% du temps), l'énergie excédentaire est générée par les centrales à gaz construites pour parer à l'intermittence des éoliennes, voire par nos centrales à charbon ou par l'importation d'électricité très carbonée, générée à l'étranger notamment par les centrales à lignite allemande. Cette situation est systématique en hiver, où la consommation évolue habituellement entre 70GW de nuit et 90GW et peut monter jusqu'à 100 GW.

Notons que les centrales électriques générant une énergie maîtrisable pour les recharges nocturnes requises n'existeront pas avant 10 ans, et de plus sont actuellement interdites par la loi LTECV qui limite la capacité nucléaire à 63GW. Les gains d'énergie obtenus par l'isolation des bâtiments n'auront à terme un effet d'économie limité à 8GW, insuffisant pour alimenter un parc important.

L'électricité de recharge des automobiles électriques françaises sera essentiellement fournie par du gaz ou du charbon, comme source primaire.

Ce sera le cas tant que la Loi sur la Transition Énergétique et la Croissance Verte ne sera pas modifiée et que l'on n'aura pas construit de nouveaux EPR ou des ASTRID¹.

¹ Les réacteurs ASTRID sont des réacteurs à neutrons rapides (RNR), dont l'intérêt est de recycler complètement les déchets de fusion des réacteurs (les actinides, dont le plutonium), ceux à longue durée de réactivité. C'est plus astucieux que de les enterrer et cela permet d'utiliser quasi 100% de l'uranium naturel. La France avait la maîtrise et l'expérience de cette technologie à caloporteur au sodium. Mais Superphénix a été abandonné, une fois mis au point et aussi, récemment, le prototype, faute de suffisamment de crédit alloué. Adieu la maîtrise française du nucléaire.

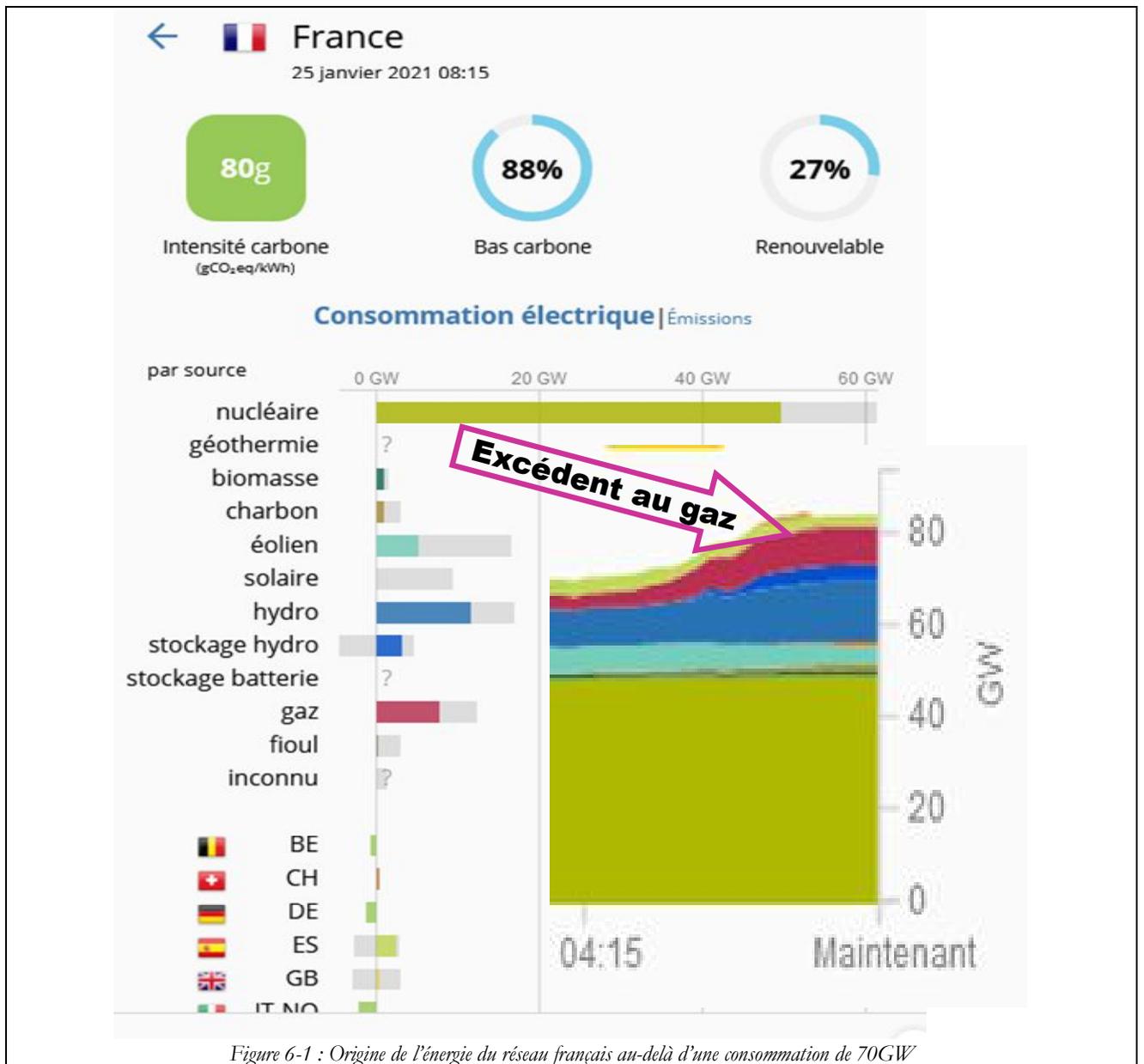


Figure 6-1 : Origine de l'énergie du réseau français au-delà d'une consommation de 70GW

Se précipiter pour adopter des voitures électriques, tant que des centrales nucléaires nouvelles et des usines de batteries n'ont pas été construites en France ne fera, hélas, qu'aggraver, voire multiplier (plus que doubler) les émissions françaises de CO₂.

7 Le coût des alternatives

7.1 Les alternatives

4 alternatives existent pour les navetteurs :

- ⇒ acquérir une voiture thermique EURO6, vignette 1 ; acceptée en ZFE, pour combien de temps confrontée aux bouchons provoqués par les couloirs prioritaires, pour un coût de conversion estimé à 10.000€ ;
- ⇒ acquérir une voiture électrifiée, généralement une hybride en 1ère voiture ou électrique en 2ème voiture, pour un coût de conversion à une voiture estimé à 20.000€ ;
- ⇒ adopter les transports collectifs, pour peu qu'ils aient été construits, ainsi que des parcs relais, les solutions actuelles étant très insuffisantes et non compétitives pour véhiculer les 240.000 ;
- ⇒ travailler à domicile moyennant 10 m² de surface habitable disponible.

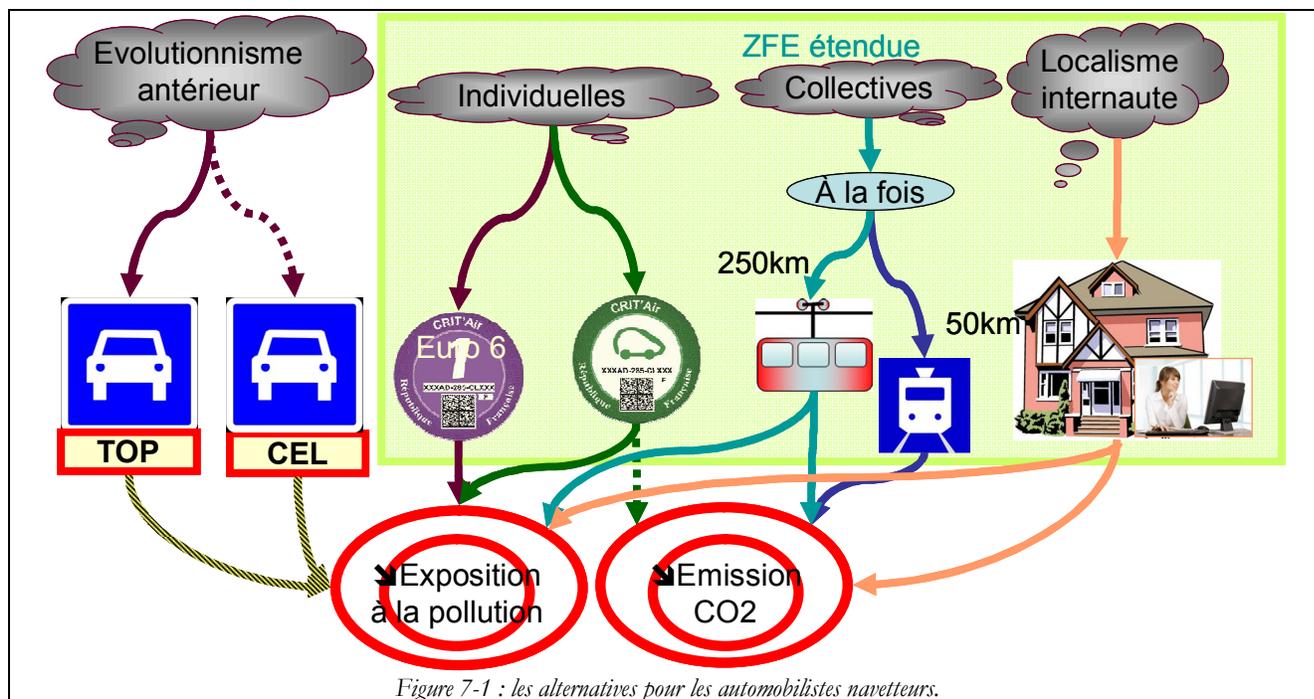


Figure 7-1 : les alternatives pour les automobilistes navetteurs.

Une SFE immédiate concernerait les 70% des navetteurs actuels qui ne sont pas équipés de voiture à vignette 1, soit $240.000 \times 70\% = 170.000$ environ.

La réalité consistera en un mix des plusieurs solutions. Calculons d'abord le coût intégral de chacune.

7.2 Coût de l'alternative individuelle de transport individuel

La ZFE aura un coût évalué dans le tableau ci-après.

Investissement	Nombre 240000* 70%	Coût unitaire moyen	Détail du coût	Montant
Avance financière pour les navetteurs obligés de changer prématurément leur voiture pour une électrifiée (hybride rechargeable ou électrique) mitié à 10.000 et à 20.000€	170 000	15 000 €	15.000€ * 170.000	3 400 M€
Perte de taxes/carburants, mais gain à terme pour les navetteurs : $6l/100km \times 60km = 3,6l/j \times 200j = 7200l/an \times 1€$ de taxe sur 5 ans	170 000	7 200 €	5 ans	6 120 M€
Gain pour les navetteurs et dépenses pour l'état (et la ville).				2 720 M€
Bonus	170 000	600 €	600€ *	102 M€
Alimentation : 272 MW = 1/4 d'EPR, avec un facteur de charge de 72%			9 G€/4	2 250 M€
Des bornes de recharge (2 / personne)	170 000	3 000 €	170.000*3000	510 M€
Avance pour les individus : 3,4, Coût pour la collectivité :				5 582 M€

7.3 Coût de la solution de transports collectifs

Supposons, dans un premier temps, que le rayon de la ZFE reste inchangé, à environ 10 km (hypothèse petite ZFE).

Les 200.000 navetteurs entrent dans la métropole par 8 entrées majeures, où 85% devraient : laisser leur voiture en parc-relais au bord de la ZFE, pour emprunter les transports collectifs pour en moyenne les 5 à 6 km restants sur les 10 km de rayon de la ville.

Il faut offrir aussi un transport collectif complémentaire pour assurer en moyenne 5 km de transport. Ces moyens de transport doivent être capables de transporter $50\% \times 170.000 = 85.000$ navetteurs en 2 heures, matin et soir.

Considérant que les voies routières actuelles sont saturées (comme le montre la difficulté de trouver un trajet pour le T6) et qu'y faire passer un tram accroîtrait encore davantage la pollution en ville, ce qui est l'inverse de l'objectif théoriquement poursuivi, nous analysons le coût de transports souterrains ou aérien.

Investissement	Nombre	Longueur /sens	Places/rame	Taux de remplissage à 8h.	Nombre /h	Débit horaire	Coût unitaire	Coût global	Vitesse
Parcs relais	170 000		1	95,00%	1	161 500	10 k€	1 700 M€	
Métro	4	10km	300	80,00%	22	42 240	125 M€/km	5 000 M€	30 km/h
SUPRAWAYS	7	12km	9	70,00%	360	31 752	25 M€/km	2 100 M€	50 km/h
Télécabine	3	10km	16	80,00%	80	6 144	25 M€/km	750 M€	20 km/h
Fluvial	2	10km	200	60,00%	10	4 800	3 M€/km	60 M€	10 km/h
TOTAL transport						84 936		9 550 M€	
Tramway	6	12km	400	85%	8	32 640	25 M€/km	1 800 M€	17 km/h

Le tableau ci-dessus donne une solution pour un coût d'environ 10 Milliard d'Euros.

Si le montant des investissements du SYTRAL se montait à 1 Milliard d'Euros par mandature (soit le double de la mandature précédente), il faudrait donc 10 mandatures, c'est-à-dire 60 ans pour combler ce besoin par des transports collectifs. Le délai est donc hors de portée des finances de la Métropole. Un dixième seulement de ce programme est donc imaginable.

Si la ZFE était étendue à la métropole, le coût de l'accroissement des transports collectifs à service égal croissant comme la surface, le coût ci-dessus serait multiplié par 4 (c'est pourquoi la Cour des Comptes dans son rapport de 2015 déconseille les transports collectifs en périphérie).

7.4 Solution locale : travailler à domicile

Posséder 10m2 de plus en périphérie coûterait 20.000€ par acquéreur.

Une pièce supplémentaire	170 000	2 000 €	10m2	3 400 M€
--------------------------	---------	---------	------	----------

Mais cette solution est plutôt une solution complémentaire pour aller moins souvent au bureau.

7.5 Solution mixte

La solution mixte consisterait à considérer avec des pourcentages choisis pour fixer les idées :

- ⇒ une extension de 10% des transports collectifs,
- ⇒ une conversion de 80% des transports individuels des 70% des navetteurs concernés et
- ⇒ le recours au travail à domicile pour 10% de gens.

Le coût combiné de la ZFE serait alors environ 5 Milliards d'Euro.

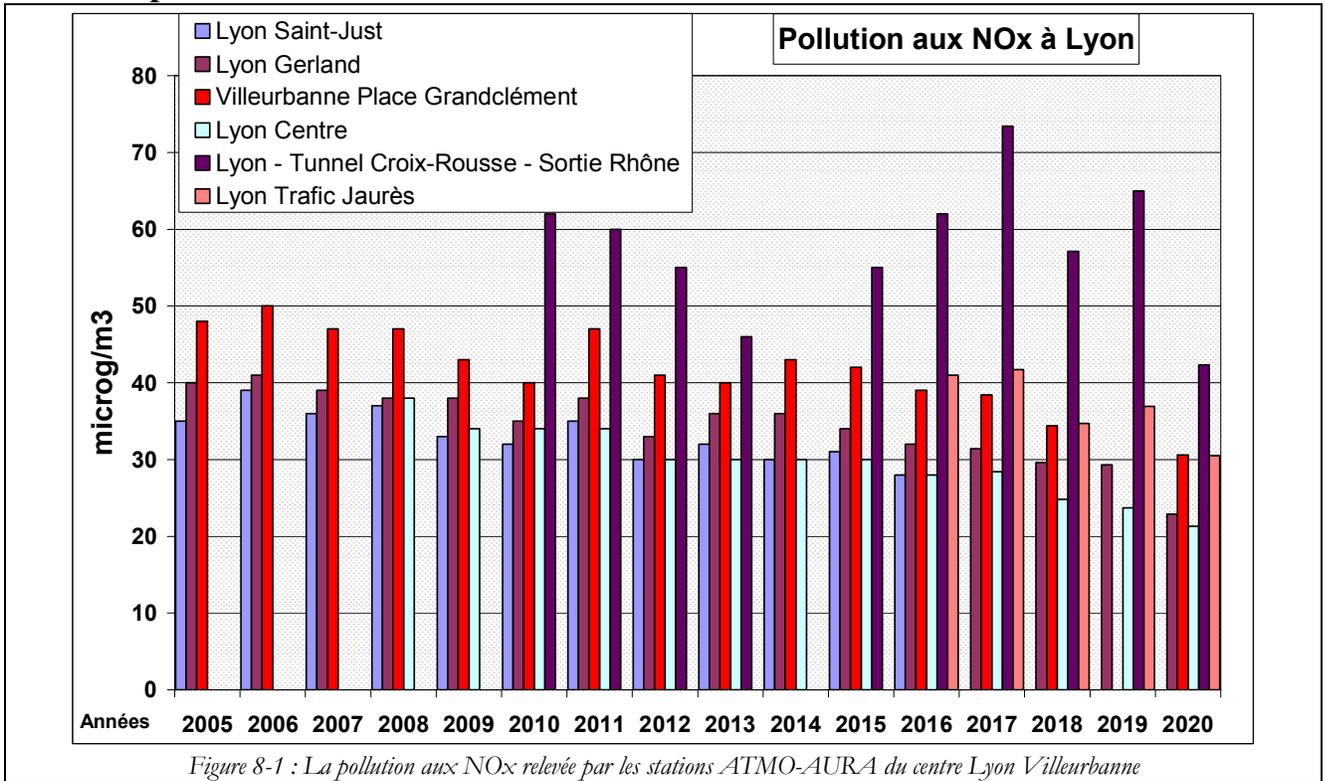
Part	80,00%	10,00%	10,00%	Montant
Mix de solutions	4 466 M€	9 550 M€	3 400 M€	
Montant	3 572 M€	955 M€	340 M€	4 867 M€

7.6 Alternative difficile à envisager

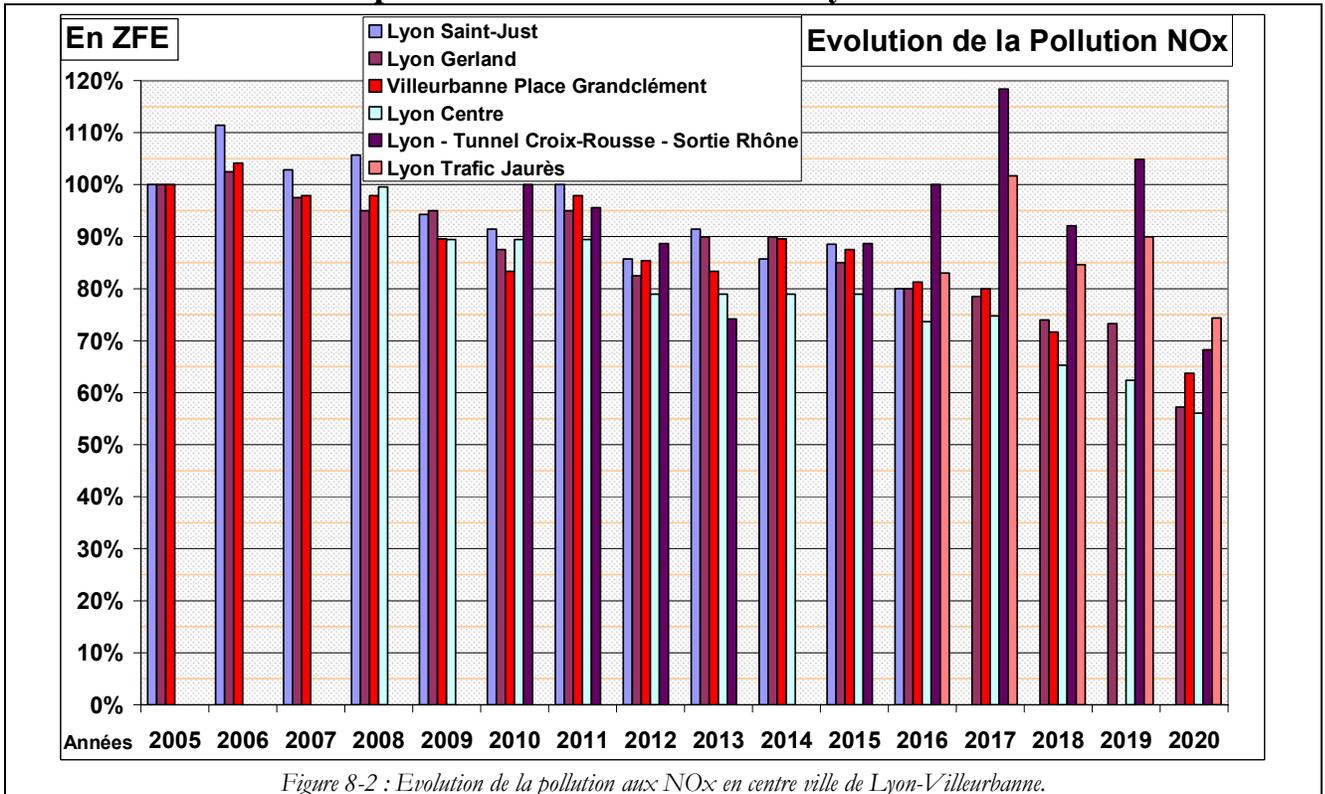
La facilité de circulation est un attrait pour les entreprises et était mesuré jusqu'en 2013 par une étude annuelle du site de Cushman et Wakefield. L'autre alternative est que les entreprises ne s'installent plus à Lyon ou quittent Lyon. La perte de revenu pour la ville, quoique difficilement chiffrable sera d'un coût encore bien supérieur.

8 Annexes

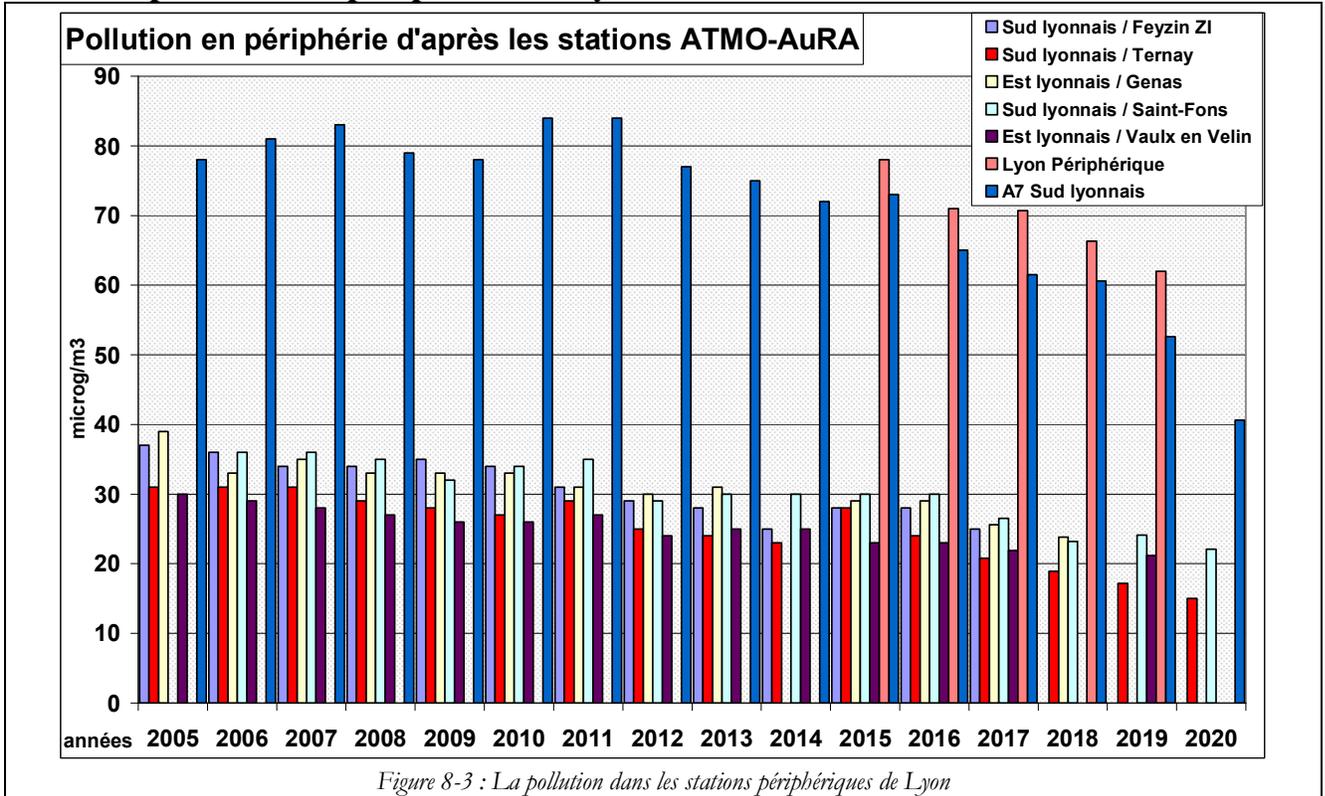
8.1 La pollution au centre



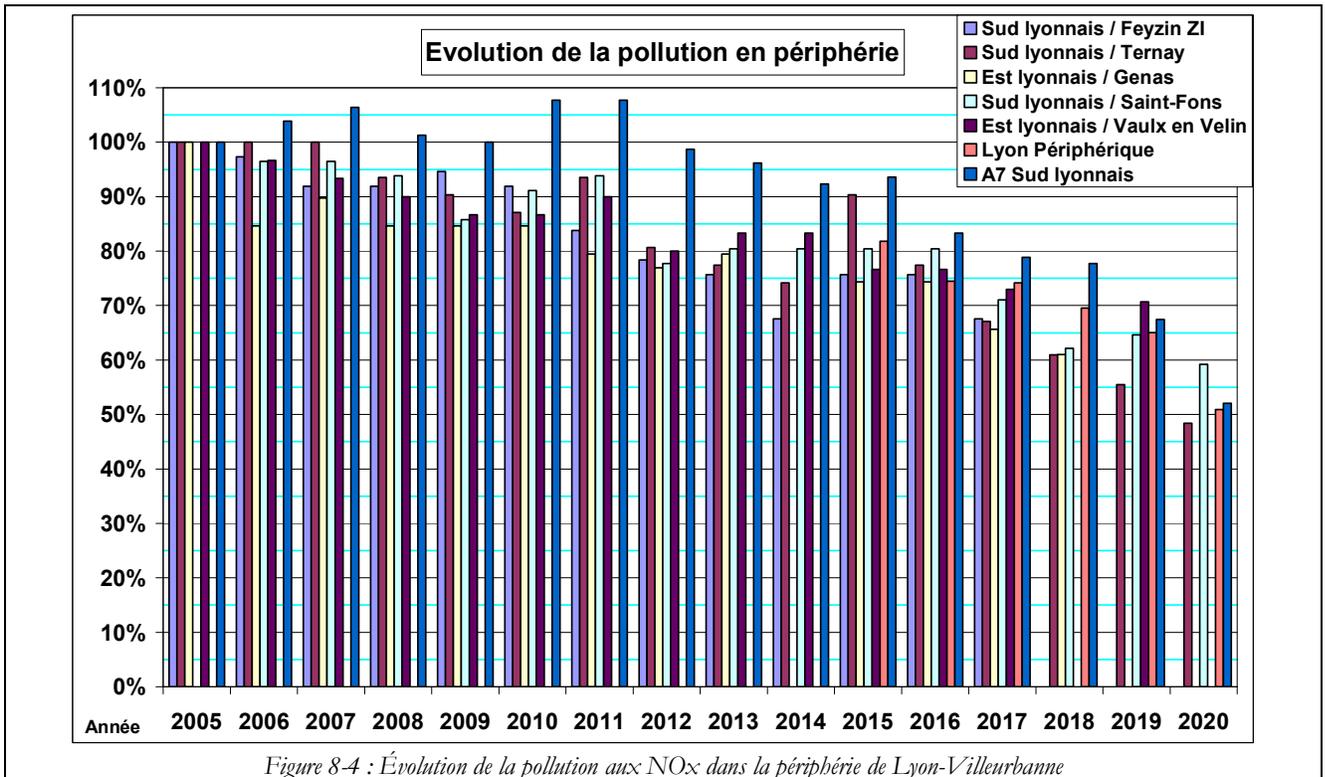
8.2 L'évolution de la pollution en centre ville de Lyon-Villeurbanne



8.3 La pollution en périphérie de Lyon-Villeurbanne



8.4 Évolution de la pollution en périphérie de Lyon-Villeurbanne



Objectifs de diminution des polluants atmosphériques (Décret 2017)

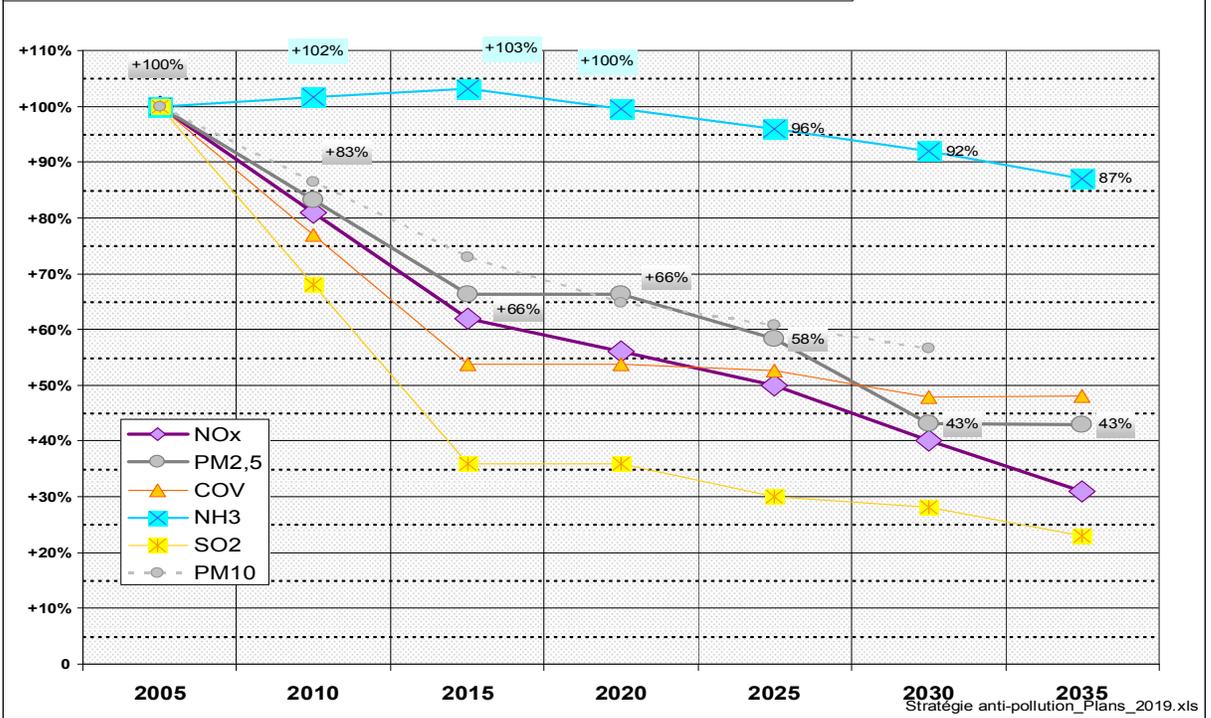


Figure 8-5 : Baisse de la pollution selon ATMO-AURA.

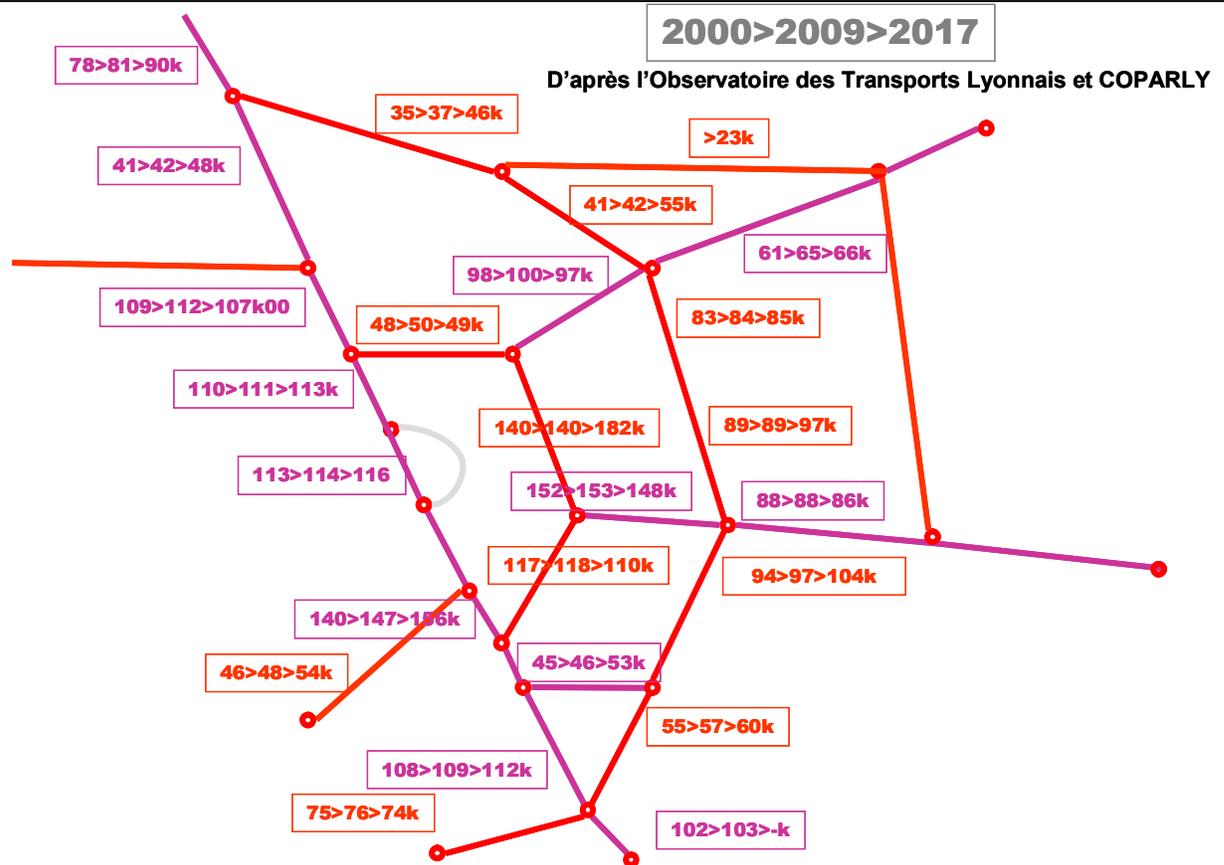


Figure 8-6 : La circulation dans la périphérie lyonnaise.

