

QUALITE DE L'AIR URBAIN : QUELS DEFIS POUR L'AUTOMOBILE DANS LA COURSE VERS LE ZERO IMPACT ?

4 pages

Novembre 2021

La qualité de l'air en Europe n'a jamais cessé de s'améliorer ces dernières décennies, toutefois certaines villes européennes présentent des dépassements de seuils réglementaires sur la qualité de l'air.

Un cadre réglementaire contraignant et en mouvance sur les seuils de concentration de polluants dans l'air :

- Les valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS ^{(1), (2)}) cadrent les approches réglementaires des pays ⁽³⁾. Une révision sur les polluants atmosphériques prioritaires a été publiée en septembre 2021 ⁽²⁾. Malgré tout, de grandes disparités réglementaires au niveau mondial existent.
- Il est à noter que les valeurs guides de l'OMS ^{(1), (2)} sont globalement plus contraignantes que les seuils réglementaires européens.
- En Europe, le Green Deal 'a zero pollution ambition for a toxic-free environment' pourrait accroître encore ces contraintes.

Contexte :

- Il faut distinguer les émissions de polluants atmosphériques qui représentent la quantité émise de polluants dans l'air par des sources anthropiques et naturelles (pouvant être exprimés en mg/km ou tonne/an), des concentrations correspondant à la quantité diluée de polluants dans un volume d'air (exprimé en µg/m³ par exemple). Dans ce dernier cas, il s'agit bien de ce que nous respirons et peut être associé à un impact sanitaire et/ou environnemental.
- Concernant les émissions des polluants réglementés en Europe, en 10 ans très nette baisse des émissions du transport routier (-32% NOx et -22% PM_{2.5}) ^{(4), (5)} malgré une hausse du nombre de véhicules particuliers de 8 % ⁽⁶⁾ sur la même période.
- Au niveau de la qualité de l'air, les mesures montrent une baisse des concentrations pour l'ensemble des polluants, à l'exception de l'ozone (stagnation). Cependant, 3 polluants sont encore associés à des dépassements des normes européennes de la qualité de l'air dans certaines villes : dioxyde d'azote (NO₂), Ozone (O₃) et particules (PM₁₀ et PM_{2.5}).
- Jusqu'à 34% de la population (EU28) sont exposés à des concentrations supérieures aux normes européennes de la qualité de l'air et *a fortiori* aux valeurs guides de l'OMS plus sévères ⁽³⁾.
- Le confinement Covid 19, à partir de mars 2020, en France, a permis de mesurer, en conditions réelles, l'impact sur les émissions et la Qualité de l'Air d'une réduction drastique du trafic routier (-70%, sur l'Ile-de-France ⁽⁷⁾):
 - -60% en émissions de NOx et -30% en concentrations de NO₂ ⁽⁷⁾,
 - peu d'impact sur les émissions et concentrations de particules lié à la très faible contribution du secteur routier dans les émissions totales de particules,
 - augmentation des concentrations d'ozone dans certaines régions liée aussi aux conditions météorologiques favorables à sa formation ^{(8) (9)}.
- Prépondérance sur les niveaux qualité de l'air des situations locales, des phénomènes météorologiques, calendaires mais aussi de la pollution transfrontière tout spécialement pour les particules ⁽¹⁰⁾, illustrée par les résultats issus du confinement Covid19 en mars 2020.

Quelle contribution du trafic sur l'exposition des populations urbaines aujourd'hui et demain ?

- En Europe, sur les trois polluants (NOx, particules (PM_{2.5}, PM₁₀) et O₃) dépassant encore les limites réglementaires de la Qualité de l'Air, seuls les NOx sont majoritairement sous l'influence du transport routier (39 %), là où les particules PM_{2.5} et PM₁₀ sont très influencées par le

résidentiel/commercial (54 et 41%) et l'industrie (18 et 22%), le transport routier étant le 3^e contributeur (11% et 10%) ⁽¹¹⁾. Le constat est le même en France.

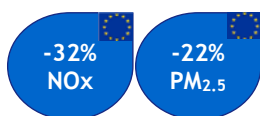
- Ces dépassements de seuils réglementaires sont majoritairement observés en milieu urbain : 11 pays européens encore en dépassements pour les 3 polluants ⁽¹²⁾, alors même que les concentrations en NO₂, en PM₁₀ et en PM_{2.5} ont considérablement chuté en ville (-24/-38/-40% respectivement depuis 2000 ⁽¹³⁾ pour les mesures proches du trafic à Paris).

En Europe :

La contribution du transport routier en 2019 :



En 10 ans, les émissions du transport routier ont été réduites :



❖ Contribution du transport routier aux émissions totales de :

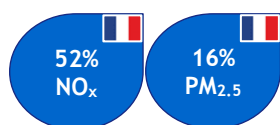
- ✓ NOx : majoritaire
- ✓ PM : minoritaire, après le résidentiel/commercial et l'industrie avec un fort effet de saisonnalité

❖ Nette diminution des émissions NOx et PM du transport routier en Europe depuis 10 ans malgré une hausse du nombre de véhicules 8 % ⁽⁶⁾ liée à la réglementation et aux technologies de dépollution à l'échappement des véhicules légers et lourds.

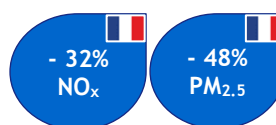
En France :

- ❖ En dix ans, en France, nette amélioration des émissions du secteur du transport routier et de la qualité de l'air liée, entre autres, à la réglementation et à l'amélioration des systèmes de dépollution à l'échappement des véhicules légers et lourds ⁽¹⁴⁾.

La contribution du secteur du transport routier dans les émissions en 2019

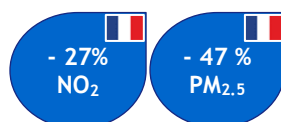


Evolution des émissions du secteur du transport routier en 10 ans ⁽¹⁵⁾ :



- ❖ Nette amélioration de la qualité de l'air en France

Evolution de la qualité de l'air, en France, en 10 ans ⁽¹⁶⁾ :



Ce constat sur la réduction des concentrations de NO₂ et de PM_{2.5} est aussi observé dans les autres Etats-Membres Européens.

NB : l'écart de réduction des émissions PM_{2.5} entre l'Europe et la France (-22% vs -48%) s'explique principalement par les écarts de l'âge moyen des deux parcs de véhicules particuliers (11ans vs 9 ans) et du taux de Dieselisation (42% vs 59%)

Quels leviers pour améliorer la qualité de l'air de demain ?

La contribution du transport routier dans les émissions totales a continuellement diminué grâce à des technologies de dépollution de plus en plus efficaces et ce, malgré une augmentation du trafic. Ces efforts de réduction des émissions ont participé à améliorer la qualité de l'air en Europe comme en France. Pour autant les concentrations actuellement mesurées dans les centres urbains ne satisfont pas encore les seuils réglementaires et encore moins les recommandations sanitaires, même si les dépassements sont moins nombreux que par le passé.

❖ PM et NOx:

- ✓ Les émissions de particules primaires ont drastiquement diminué en lien avec les technologies de filtration à l'échappement des véhicules (dès 2009 sur les véhicules Diesel et 2017 sur les véhicules essence). L'étude de l'ANSES ⁽¹⁷⁾ montre que, malgré les gains obtenus, les concentrations de PM_{2,5} continueront de dépasser les valeurs guides de l'OMS. Seules des actions combinées des secteurs à forte contribution ⁽¹⁸⁾ dont le secteur automobile permettront de tendre plus facilement vers ces seuils. Pour le transport routier les actions porteront sur le développement des technologies de filtration échappement améliorées (limites PM/PN potentiellement plus sévères et prise en compte des mesures jusqu'à 10 nm dans le cadre d'Euro 7) et sur la réduction des émissions liées à l'abrasion des freins .
- ✓ Les émissions de NOx pour lesquelles le transport routier est le principal contributeur, vont progressivement diminuer liées aux technologies comme la SCR ou le LNT généralisées depuis 2014. Cette amélioration s'est accentuée sous l'influence de l'évolution de la réglementation avec l'introduction de mesure en roulage réel (RDE) dès 2017. En effet, une étude récente de l'IFPEN ⁽¹⁹⁾ montre que l'application de la réglementation des émissions aux conditions réelles d'usage entraîne une baisse significative des émissions de NOx des véhicules de dernière génération. Néanmoins, cette baisse risque de ne pas être suffisante pour atteindre la nouvelle valeur guide NO₂ de l'OMS (divisée par 4). Il faudrait alors une action combinée des plus grands contributeurs, dont le transport routier (limites d'émissions NOx potentiellement plus sévères dans le cadre d'Euro 7 pour les véhicules légers et d'Euro VII pour les véhicules lourds), pour y parvenir.
- ✓ Dans les cas de dépassements persistants des seuils réglementaire de la Qualité de l'Air dans certaines zones urbaines, malgré la réglementation automobile européenne, la ZFE-m peut constituer un outil pertinent pour améliorer localement et à court terme la qualité de l'air.

❖ L'ozone (O₃), polluant secondaire :

- ✓ Les objectifs de la directive sur la QA sont plus difficiles à atteindre.
- ✓ Lié à la chimie complexe de production d'ozone, une mesure de réduction uniquement ciblée sur les émissions NOx, pourrait à l'inverse conduire à une augmentation des niveaux d'O₃ dans les centres urbains. Seule une mesure de réduction simultanée, des émissions NOx et des COV, des plus forts contributeurs (transport routier pour les NOx et usage de solvants des secteurs résidentiel/industrie pour les COV) conduira de façon certaine à une diminution des concentrations d'O₃ et de NO₂.

Vision : Et demain, quels drivers pour inclure de nouveaux polluants et quels challenges ?

Les émissions de particules primaires ont drastiquement diminué grâce aux technologies de filtration des gaz d'échappement automobiles. Dans l'avenir, cette diminution va continuer grâce au renouvellement du parc et à l'extension des technologies de filtration aux moteurs à essence à injection indirecte dans le cadre d'Euro 7.

En parallèle des travaux sont également nécessaires pour permettre des progrès sur les particules d'abrasion ainsi que sur l'évaluation de la contribution du secteur routier à la production d'aérosols secondaires.

Problématique d'avenir du secteur automobile : Emissions de particules issues de l'abrasion :

❖ Emissions de particules de freins :

- ✓ Pour les véhicules particuliers non équipés de freinage régénératif, les émissions de particules de freins, PM_{10} ($\leq 10 \mu m$), sont comprises entre 8 et 20 mg/km/véhicule ⁽²⁰⁾ sur un cycle WLTP Brake ⁽²¹⁾.
- ✓ Le freinage régénératif qui équipe les véhicules électrifiés (EV, Plug-in-hybrid et hybride) permet de réduire notablement les émissions de particules des systèmes de freinage (entre -60% et -90% vs véhicule non équipé de freinage régénératif équivalent comme montré sur un véhicule particulier lors d'une réunion UNECE/GRPE/PMP^[1] en 2018 ⁽²¹⁾).
- ✓ Comme l'électrification du parc (66% en 2040 ⁽²²⁾) est nécessaire pour respecter les réglementations CO_2 de plus en plus sévères, le freinage régénératif associé permettra une réduction significative des émissions de particules de freins dans les prochaines années.
- ✓ La filière étudie actuellement de nouvelles solutions techniques pour réduire encore plus les émissions de particules tout en respectant le compromis performance de freinage - sécurité. On estime qu'une réglementation européenne pourrait s'appliquer au plus tôt dès 2026 et plus probablement à l'horizon 2027-2028.
- ✓ De nombreuses études prospectives sont demandées par les états ⁽²³⁾ sur les émissions annuelles de particules avant la prise en compte de la réglementation sur les particules de freins. On constate une augmentation de la contribution de l'usure des freins d'ici à 2040. Cependant, ces études ne prennent pas en compte l'apport du freinage régénératif qui sera généralisé à cet horizon.
- ✓ Un éventuel cadre réglementaire doit tenir compte du compromis performance de freinage et sécurité ainsi que du délai nécessaire à l'intégration des nouvelles technologies industriellement et économiquement viables.

❖ Emissions de particules de pneus/route:

- ✓ Communément nommées TRWP (Tire and Road Wear Particles), ces particules sont constituées d'agglomérats de particules de pneumatique et de route dont la gamme de tailles, en distribution massique, se situe de quelques microns à 500 microns avec un centrage autour de 70-100 microns ⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾
- ✓ Les concentrations réelles mesurées dans l'air aussi bien en zones urbaines que péri-urbaines, montrent le faible niveau de contribution des particules aéroportées d'usure des pneumatiques ⁽²⁴⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾.
- ✓ Les fortes incertitudes sur les facteurs d'émissions dues en particulier au manque de données primaires (mesure directe de la partie aéroportée des particules émises), rendent très difficile l'estimation des valeurs unitaires d'émissions de PM résultant de l'abrasion pneu/route.
- ✓ Le développement de tests à vocation réglementaire pour mesurer la performance abrasion totale du pneumatique est en cours.
- ✓ Toutes choses égales par ailleurs, la croissance de la part des véhicules électrifiés, plus lourds, dans le parc total aura un effet défavorable sur le taux d'abrasion des pneumatiques. Cependant, la réglementation sur l'abrasion devrait conduire à

l'amélioration de ce même taux d'abrasion et à l'élimination du marché des pneumatiques les plus émetteurs.

A noter : Il est admis par la communauté scientifique ⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾⁽³¹⁾ que les valeurs de référence européennes (facteurs d'émissions) servant à estimer les émissions de particules des différentes sources hors échappement n'ont pas fait l'objet de révision depuis plus d'une vingtaine d'années, contrairement à celles utilisées pour estimer les contributions liées à l'échappement. En effet, ces dernières ont fait l'objet de nombreuses études du fait de réglementations de plus en plus contraignantes, sur la même période. Les valeurs européennes actuelles associées aux émissions des systèmes de freinage et des pneumatiques sont probablement à mettre à jour en tenant compte des travaux européens en cours.

[1] UNECE/GRPE/PMP : *United Nations Economic Commission for Europe/ Groupe de travail de la pollution et de l'énergie/ Particle Measurement Programme*

Problématique d'avenir du secteur automobile : Aérosols Organiques et Inorganiques Secondaires

- ❖ Identification des émissions de précurseurs d'Aérosols Secondaires du secteur automobile
 - ✓ Les nombreuses études scientifiques récentes présentent des résultats très contradictoires sur la contribution automobile aux aérosols secondaires, liés à la disparité des méthodologies et protocoles mis en œuvre.
 - ✓ Des études sont programmées dès 2021 au sein du Groupement Scientifique Energies et Mobilité (GSEM : IFPEN/Stellantis/ Renault), avec un laboratoire académique, pour évaluer le potentiel d'un véhicule essence Euro 6 récent à émettre des précurseurs d'aérosols secondaires.
 - ✓ En effet, ces aérosols sont issus de processus physico-chimiques de production complexes impliquant des espèces chimiques volatiles et semi-volatiles dont le secteur du transport routier pourrait être contributeur (COVs, NH₃, ...). De plus, la formation d'aérosols secondaires dépend de différents précurseurs, (NO_x, COVs, NH₃, ...), ils peuvent alors être multi-sources (transport, résidentiel, agricole, ...). La modélisation numérique est alors l'outil adapté, au travers de scénarii impliquant les diverses sources d'émissions polluantes, pour relativiser leur contribution sur la Qualité de l'Air et pour identifier les meilleures stratégies de réduction des émissions automobiles, par exemple.

References :

1. "Air Quality Guidelines for Europe" 2000-
http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf
2. <https://www.who.int/fr/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>
3. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>
4. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-emissions-inventory-report-2017>
5. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8>
6. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/size-of-the-vehicle-fleet/size-of-the-vehicle-fleet-10>
7. <https://www.airparif.asso.fr/actualite/2020/impact-des-mesures-de-confinement>
8. https://www.atmo-hdf.fr/joomlatools-files/docman-files/Rapport_et_synthese_etudes/2020/QA@confinement_synthese270420_V2.pdf
9. <https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/actualite/coronavirus-impact-du-confinement-sur-la-qualite-de-lair-en-auvergne-rhone-alpes-ces-6>
10. https://www.airparif.asso.fr/sites/default/files/documents/2020-05/communiqu%C3%A9_evaluation_impact_confinement_sur_air_15052020.pdf
11. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/main-anthropogenic-air-pollutant-emissions/assessment-6>
12. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-de-la-qualite-de-lair-exterieur-en-france-en-2019-0>
13. https://www.airparif.asso.fr/sites/default/files/documents/2020-06/bilan-2019_0.pdf
14. <https://www.airparif.asso.fr/dossiers-fiches-thematiques/2021/bilan-2020-de-la-qualite-de-lair-en-ile-de-france>
15. https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive/environment-protection/emissions_nl
16. https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/Citepa_Secten2021_donnees_par_secteur.zip
17. www.anses.fr/fr/system/files/AIR2014SA0156Ra-Emission.pdf
18. https://www.airparif.asso.fr/sites/default/files/pdf/Rapport_ZFE_MGP_evaluation_20190401.pdf

19. https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/sites/ifpen.fr/files/inline-images/Innovation%20et%20industrie/Motorisations%20thermiques/Etude-emissions-Euro-6d-TEMP_IFPEN-DGEC_Rapport-de-synthese_dec2020.pdf
20. https://circabc.europa.eu/sd/a/1c0efc15-8507-4797-9647-97c12d82fa28/AGVES-2021-04-08-EVAP_Non-Exh.pdf
21. <https://unece.org/DAM/trans/doc/2019/wp29grpe/GRPE-78-12-Rev1e.pdf>
22. PFA- Note technique du WAPO 2020, Avril 2021 - "ÉVOLUTION DU MIX POWERTRAIN DES VEHICULES LEGERS EN EUROPE DE 2019 A 2040"
23. https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat09/1907101151_20190709_Non_Exhaust_Emissions_typeset_Final.pdf
24. Amato F., "*Non-Exhaust Emissions - An Urban Air Quality Problem for Public Health; Impact and Mitigation Measures*", Elsevier & Academic Press, 978-0-12-811770-5, 2018
25. Krider et al, *Science of the Total Environment* 408 (2010) 652-659
26. Panko et al, *Atmospheric Environment* 72 (2013) 192-199
27. Panko et al, *Atmosphere*, 10, (2019), 99
28. Stein et al, INTERNATIONAL CONFERENCE ON RUBBER AND RUBBER-LIKE MATERIALS (ICRRM 2013)
29. UK, Defra Air Quality Expert Group Report, (2019)
30. European Environmental Agency, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2019) - Chapter A.5, Uncertainties
31. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019