

# Réduction des Emissions des Moteurs Thermiques

13 Avril 2023

Christophe Chaillou

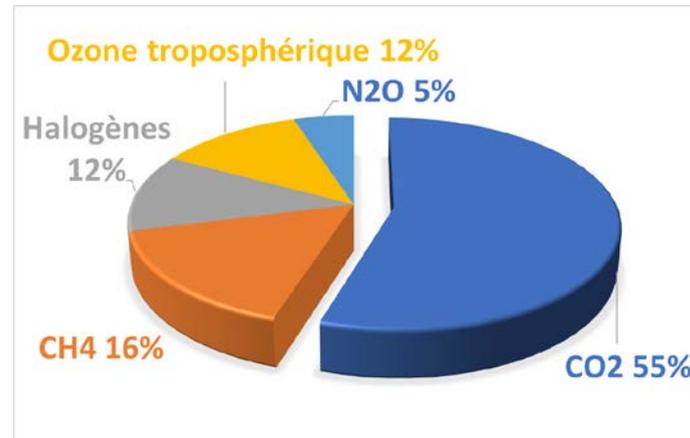
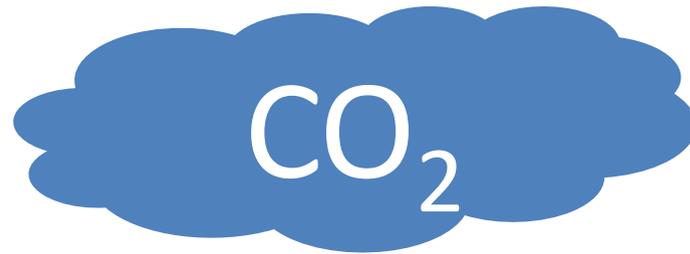
ARAMCO FUEL RESEARCH CENTER



where energy is opportunity™

## Global

Gaz à Effet de Serre - GES ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ ,  $O_3$  & HFC/CFC)

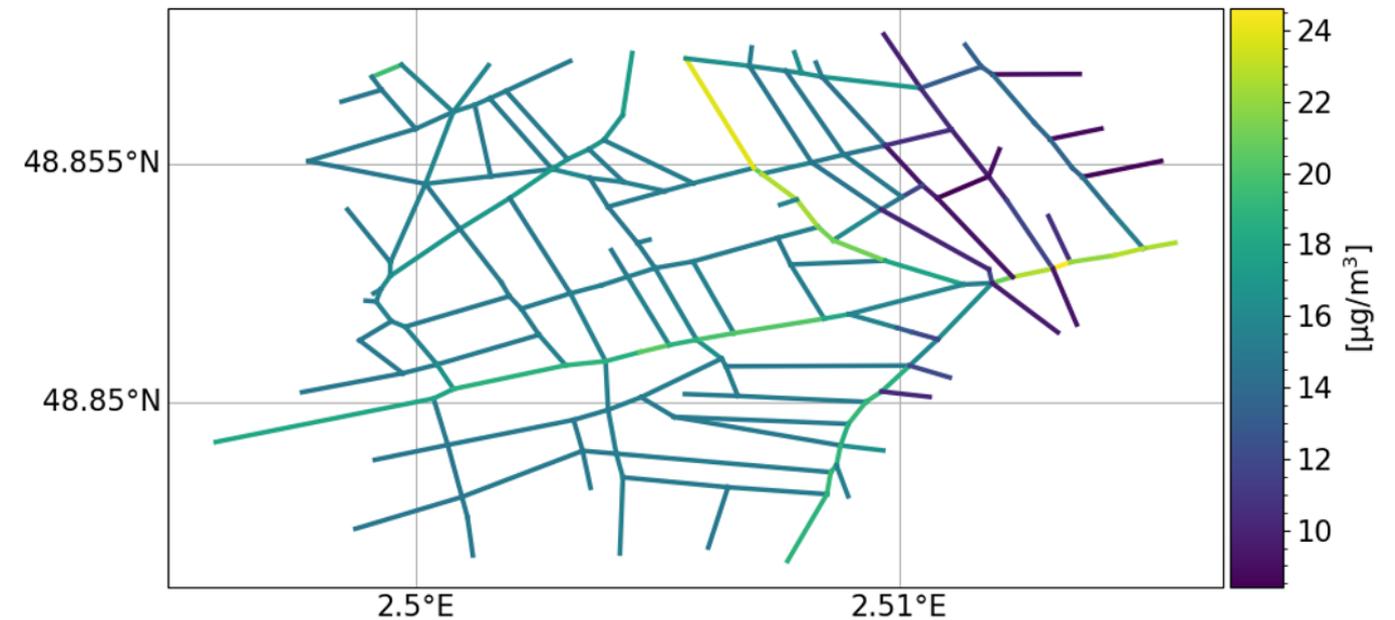


Contribution des GES anthropogénique au Potentiel de Réchauffement Global (PRG) – 2019 Global Dairy Platform

## Local

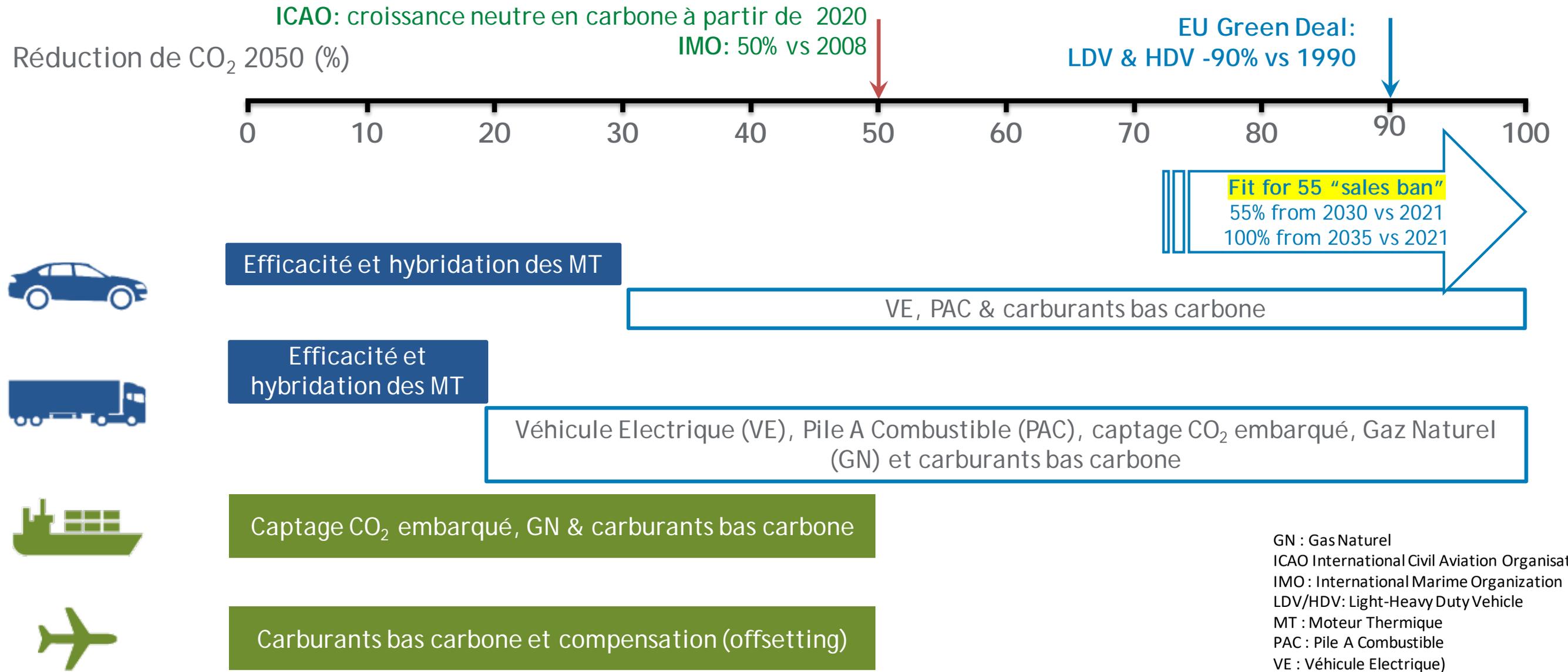
Qualité de l'air  
Émissions de polluants gazeux / particules

Illustration de la concentration de  $NO_x$  en région Parisienne à Le Perreux sur Marne



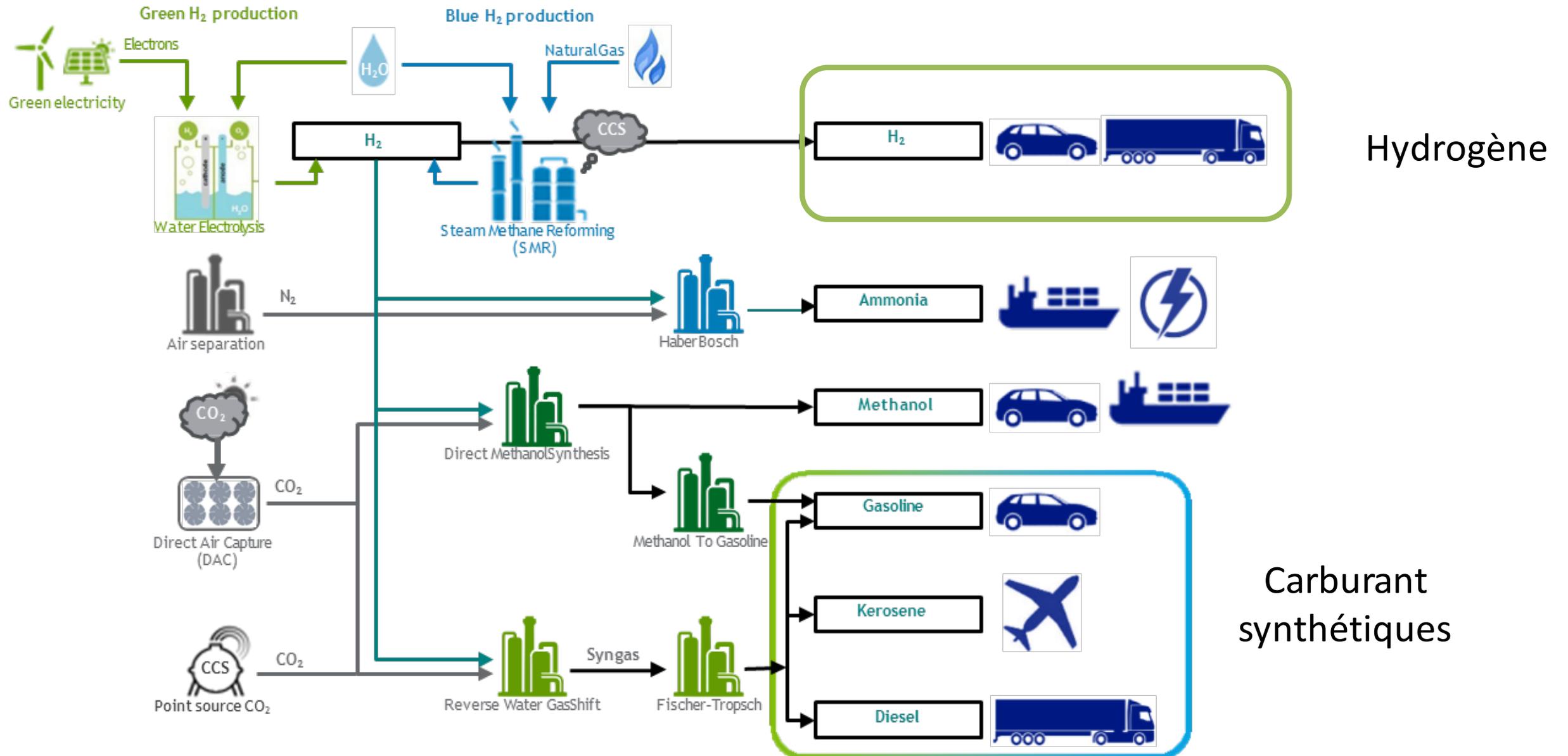
Les deux défis doivent être traités avec différentes solutions technologiques et énergies bas carbone

# Utilisation des différentes énergies et technologies pour décarboniser la mobilité



Il faut adapter la technologie / énergie bas carbone à la mobilité

# Energies bas carbone dérivées de l'hydrogène



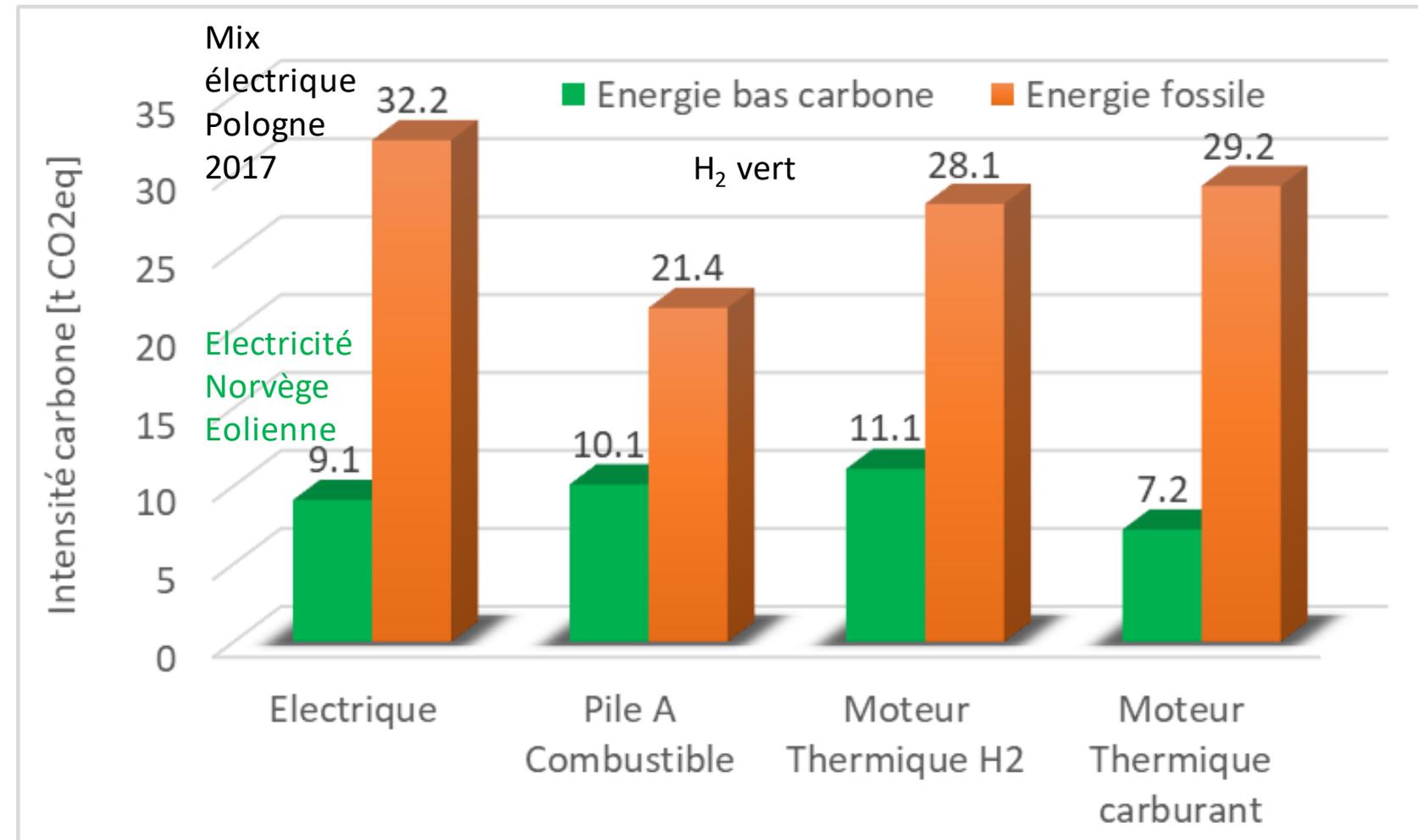
Différentes énergies bas carbone adaptées à la mobilité

## Etude de l'intensité carbone

- ✓ ACV - Life Cycle Analysis (LCA)
- ✓ Berceau / tombeau (CtG) (Puits à la roue - WtW)

## Comparaison des technologies de motorisation et des sources d'énergie

- Variation importante de l'intensité carbone en fonction de la source d'énergie disponible : fossile ou décarbonée



Source: Hypothesis based on M. Yugo, V. Gordillo et al., "A look into the life cycle assessment of passenger cars running on advanced fuels", SIA Powertrain & Power Electronics Congress, 2021

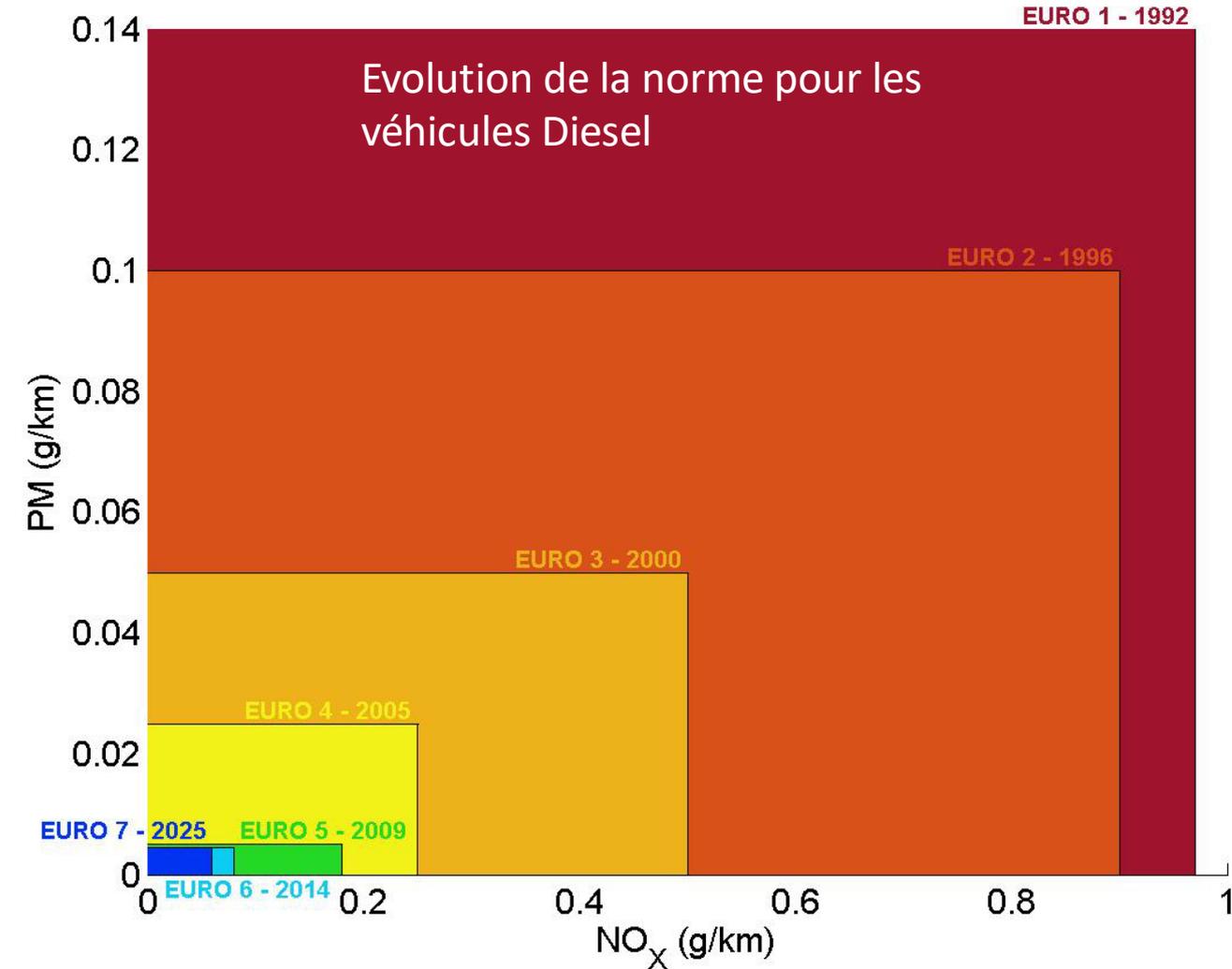
La source de l'énergie est plus impactante que la technologie de motorisation

## Evolution de la norme

- ✓ Introduction en 1992 et évolution tous les ~5 ans
- ✓ Molécules : CO, HC, NO<sub>x</sub>, PM, PN, CH<sub>4</sub>
- ✓ Réduction importantes des émissions pour chaque étape jusque Euro 6
- ✓ Réduction des émissions polluantes Euro 1 à Euro 7
  - ~95% pour les NO<sub>x</sub> / ~97% pour les PM

## Evolution des conditions d'essais à partir de Euro 6

- ✓ Nouvelle procédure WLTP 2017
  - ✓ Cycle / Masse / Température
- ✓ Mesure en conditions réelles Real Driving Emission (RDE) 2016-2019
  - Extension des conditions
  - Réduction des coefficients de conformité (coefficients appliqués à la norme pour les essais sur route)



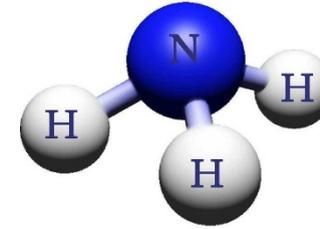
Evolution des seuils et des conditions pour réduire les émissions du transport terrestre

Date d'application : 1<sup>er</sup> Juillet 2025 pour les véhicules particuliers

Fuel Neutral = norme identique quelle que soit la technologie/énergie du véhicule

Introduction de nouveaux éléments

- ✓ Nouvelle molécule :  $\text{NH}_3$  (+ $\text{N}_2\text{O}$  pour les camions)
- ✓ Particules comptabilisées jusque 10 nm (23nm auparavant)
- ✓ Extension de la durabilité à 200 000 km / 10 ans
- ✓ Budget émission pour les trajets inférieurs à 10 km
- ✓ Particules de frein et de pneu



**Excerpt from report (p85) :**

Employing all available mitigation potential as defined in the MTFR\* scenario would increase total air pollution mitigation costs in the EU27 by about 24 and 22 billion €/year in 2030 and 2050, respectively (see Section 8.2.2, Figure 80). The majority of additional costs would be associated with measures in industry, agriculture and residential combustion with only minor additional costs for the transport and power sectors. The latter two sectors include most significant structural changes (reducing fossil fuel use) and are **subject to strict emission limit standards with only small, if any, further technical mitigation potential.**

*\*MTFR = Maximum Technically Feasible Reduction*

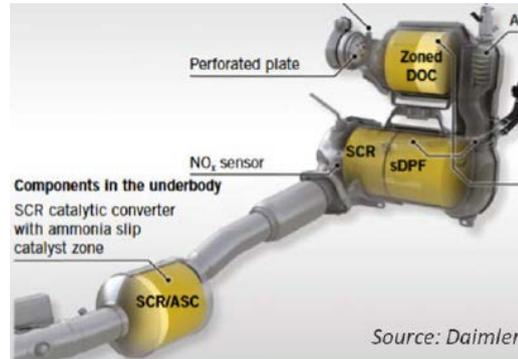
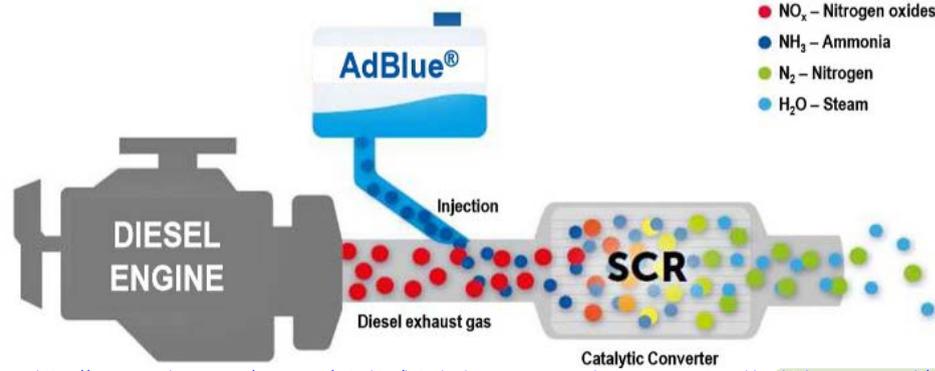
Etude d'impact (Impact Assessment)

- ✓ Secteur du transport est soumis à des normes strictes de limitation d'émission avec un potentiel d'atténuation technique supplémentaire faible

Neutralité carburant et durcissement partiel de la norme

# Evolution du système de dépollution avec les normes

Exemple avec le système de dépollution diesel



Catalyseur d'oxydation zoné (DOC) – HC/CO  
Réduction Catalytique Sélective(SCR) – NO<sub>x</sub> associé  
Filtre à particules (FAP) – Particules  
Réduction Catalytique Sélective (SCR) – NO<sub>x</sub> avec  
Catalyseur de stockage d'ammoniac (ASC) – NH<sub>3</sub> et NO<sub>x</sub>

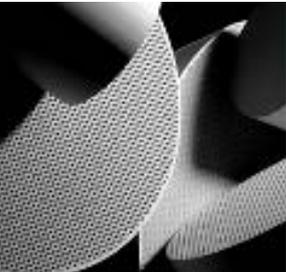
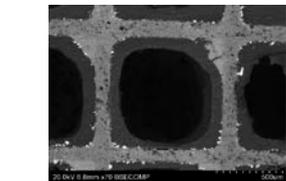
2023: chauffage catalytique et FAP nouvelle génération

2017: Système complexe

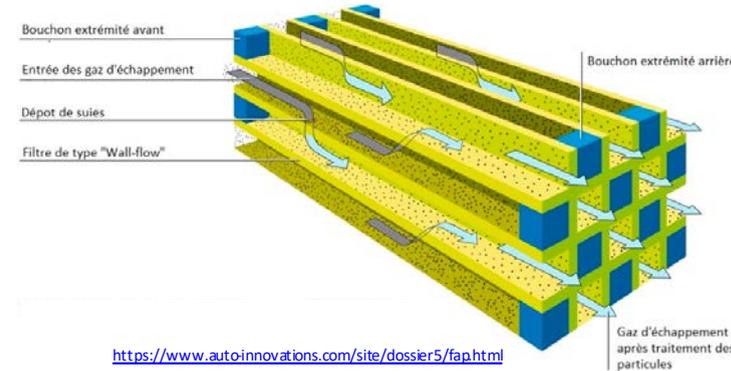
2014: système SCR (NO<sub>x</sub>)

2009: Filtre à Particules (FAP)

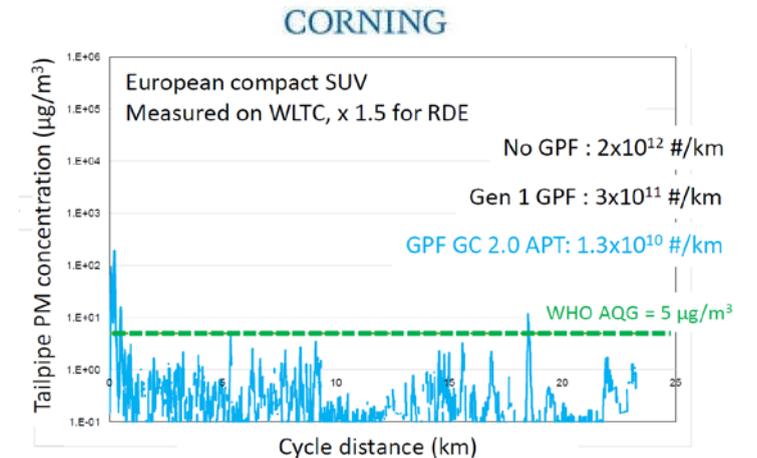
1996: catalyseur oxydation (HC, CO)



Principe de fonctionnement du filtre à particules



<https://www.auto-innovations.com/site/dossier5/fap.html>



Evolution importante de la technologie des systèmes de dépollution depuis 30 ans

Polluant ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Durée*	2021 AQG	2005 AQG
NO <sub>2</sub>	Annuelle	10	40
	24h	25	-
	1h	200	200
PM <sub>2.5</sub>	Annuelle	5	10
	24h	15	25
PM <sub>10</sub>	Annuelle	15	20
	24h	45	50
CO	24h	4000	-
	8h	10000	10000
	1h	35000	35000
O <sub>3</sub>	Pic saisonnier	60	-
	Max 8h	100	100
SO <sub>2</sub>	24h	40	20

\*Durées inférieures à 1h non présentées

Air Quality Guideline (AQG) =

Lignes Directrices relatives à la qualité de l'air

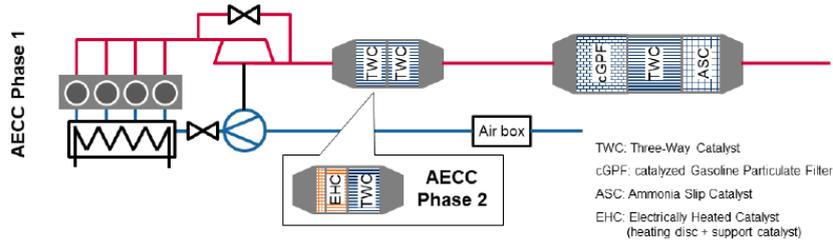
Evolution récente de la norme

- ✓ Sévérisation de la norme excepté pour le SO<sub>2</sub>
- ✓ Seuil temporaire
- ✓ Moyenne journalière doit couvrir 99% des jours (3-4 jours autorisés au-delà)

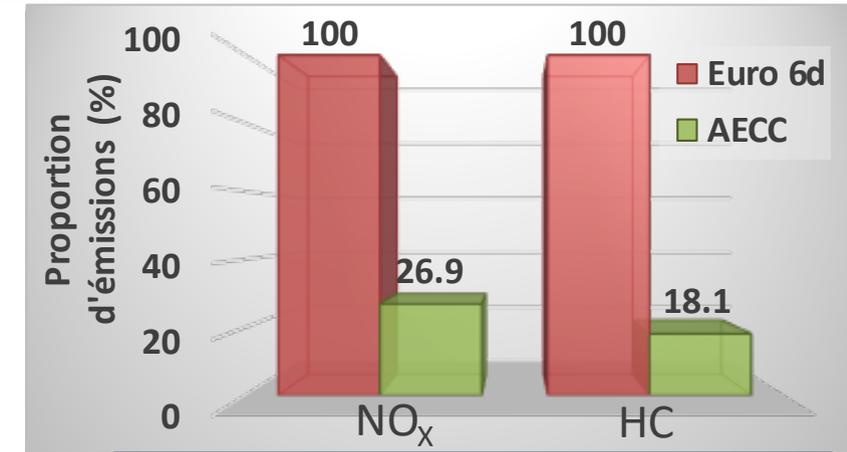


Evolution des normes de qualité de l'air - Réduction de seuils de concentration

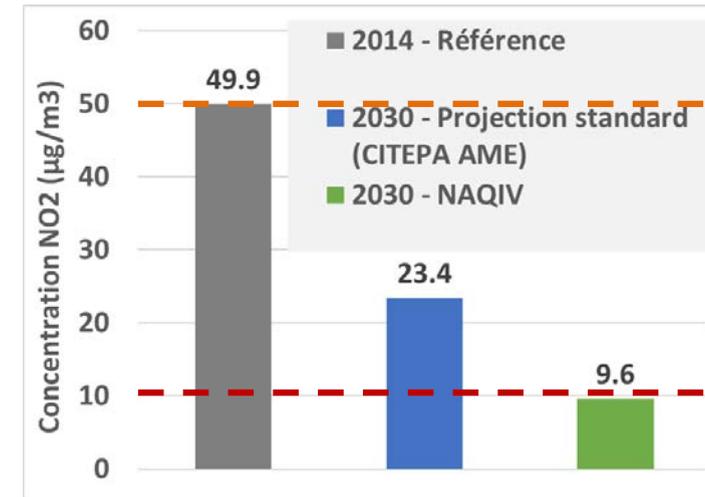
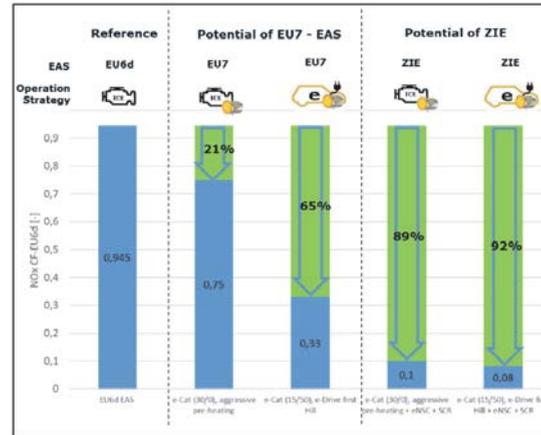
# Démonstrateurs très basses émissions



## Ultra-low Emissions Light Duty Demo Vehicle



Gain émission sur les 8 premiers kilomètres d'un roulage agressif

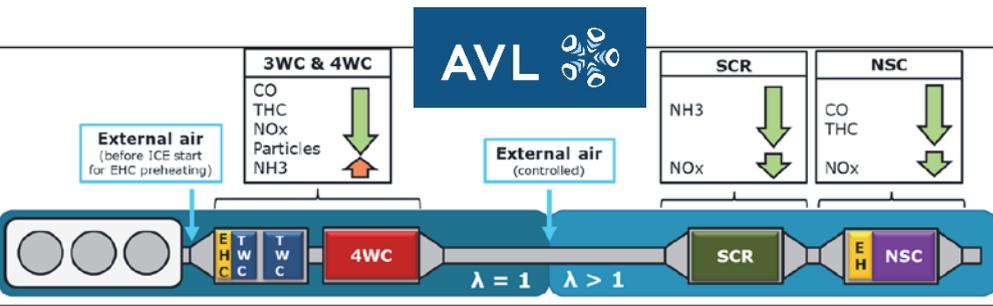


OMS – 2005 AQG

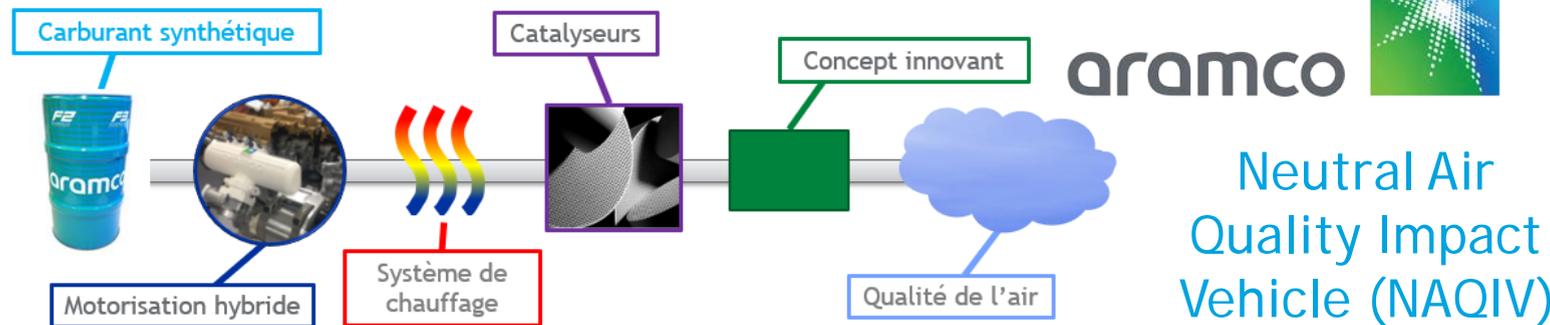


OMS – 2021 AQG

Projection de flotte NAQIV garantissant l'atteinte des nouveaux seuils OMS pour le NO<sub>2</sub>



## Zero Impact Emission Demonstrator



## Neutral Air Quality Impact Vehicle (NAQIV)

Les solutions existent pour atteindre des niveaux d'émission de polluants très bas

## Principaux polluants

**NO<sub>2</sub>**

Moteur Thermique

**Particules**

Véhicule (frein, pneu, route) et  
Moteur Thermique

## Solutions

**Réduction du trafic**

Zone Faibles Emissions (ZFE), Crit'air, gratuité du transport, bus adapté aux usagers, prime pour ne pas utiliser la voiture, mobilité douce, péage urbain, co-voiturage ...

**Réduction des émissions des véhicules**

Renouvellement du parc, nouvelles normes, nouvelles technologies, surveillance « gros pollueurs » ...

Solutions doivent être adaptées à chaque ville en fonction des sources de polluants

Solution court terme

NO<sub>2</sub>

Projection des émissions NO<sub>x</sub> des voitures particulières Diesel jusque 2035 par AERIS Europe et l'ACEA

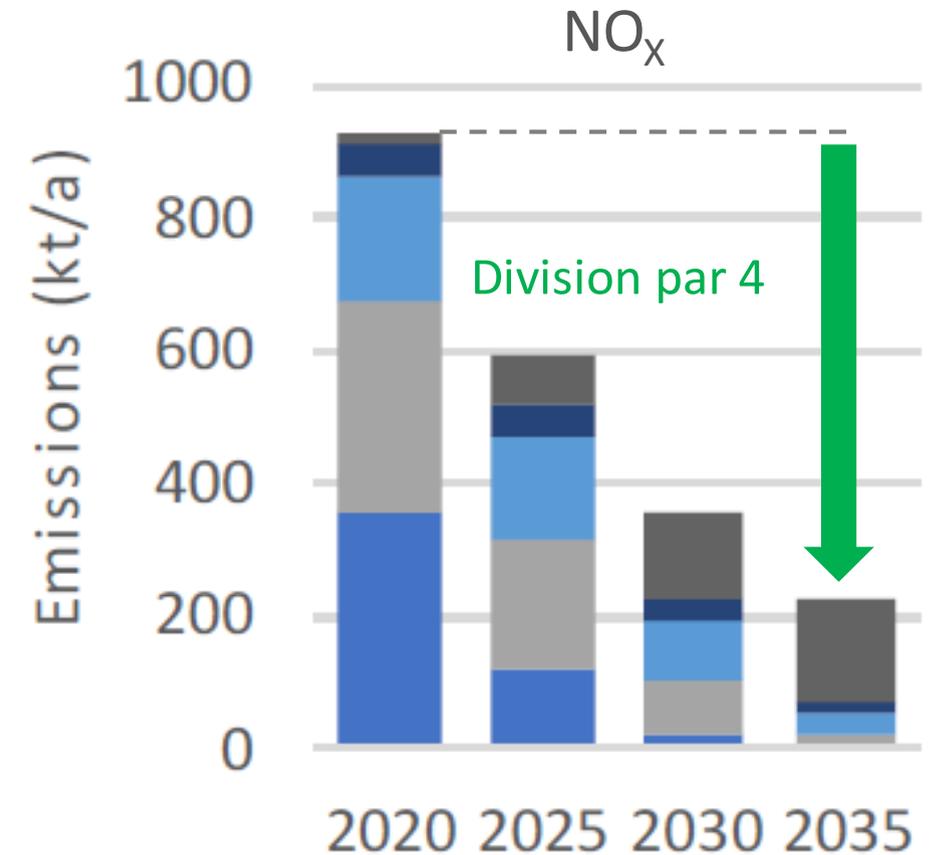
Nombre de véhicules ~ constant 2020-2035

Diminution des émissions par 4 entre 2020 et 2035 grâce aux véhicules Euro 6

~99% des stations urbaines de surveillance de QA respectant le critère NO<sub>2</sub> à horizon 2025 pour les normes de qualité de l'air OMS 2005

Pour accélérer la diminution des émissions et améliorer la qualité de l'air, il faut renouveler le parc automobile

- ✓ Véhicule neuf
- ✓ Véhicule électrique



EURO 7 IMPACT ASSESSMENT: THE OUTLOOK FOR AIR QUALITY COMPLIANCE IN THE EU AND THE ROLE OF THE ROAD TRANSPORT SECTOR - AERIS - ACEA

Renouvellement du parc est le premier levier pour réduire les émissions de NO<sub>2</sub> du transport

## Solution court terme

## Particules

Les véhicules Pré Euro 5 n'étaient pas équipés de filtre à particules, il faut renouveler le parc automobile

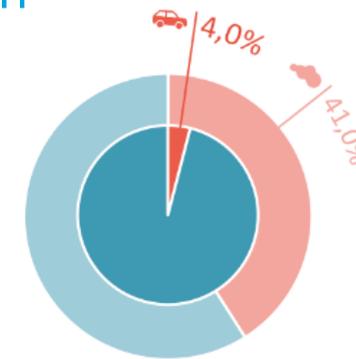
Pour les véhicules post Euro 5, les source principales des émissions de particules en masse pour tous les véhicules

- ✓ Remise en suspension / Chaussée / Pneu
- ✓ Impact du poids des véhicules

Sources additionnelles des émissions de particules en masse pour les véhicules à moteur thermique

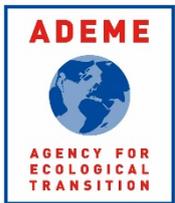
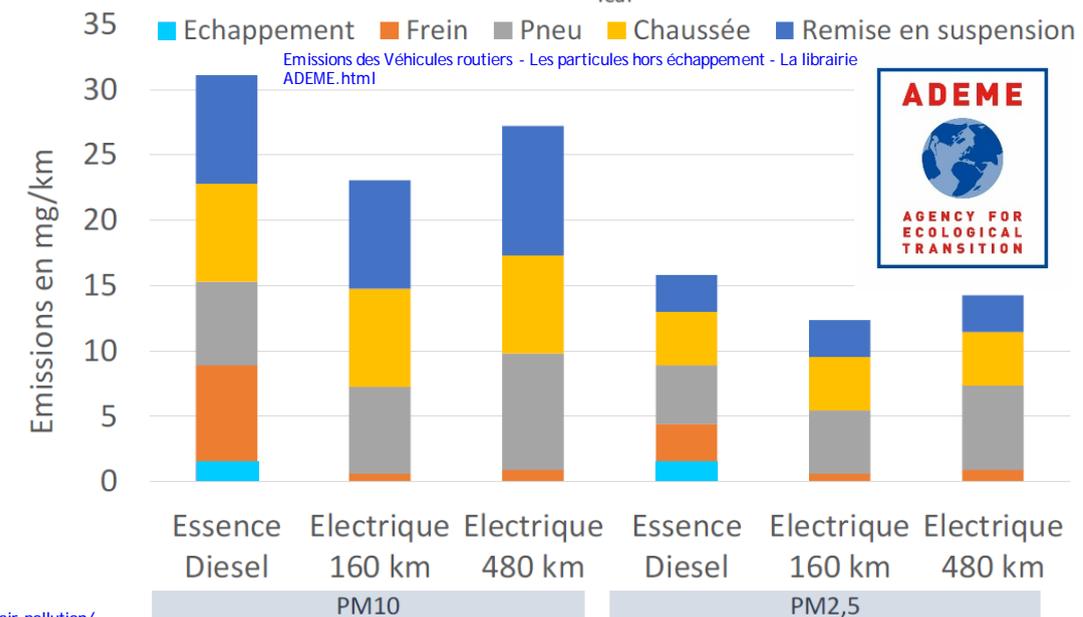
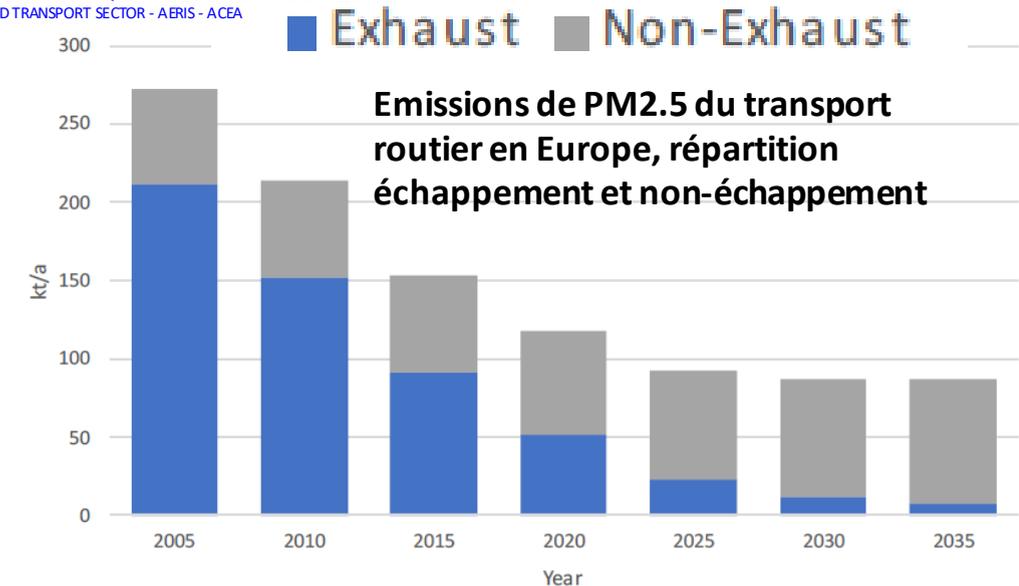
- ✓ Frein
- ✓ Echappement

Les « gros pollueurs » doivent aussi être détectés (surveillance) et retirés des centres urbains



<https://nemo-cities.eu/a-few-vehicles-are-responsible-for-a-lot-of-air-pollution/>

EURO 7 IMPACT ASSESSMENT: THE OUTLOOK FOR AIR QUALITY COMPLIANCE IN THE EU AND THE ROLE OF THE ROAD TRANSPORT SECTOR - AERIS - ACEA



Renouvellement du parc est le premier levier pour réduire les émissions du transport

## Gaz à Effet de Serre : il faut une énergie bas carbone pour l'ensemble des technologies de motorisation

- ✓ Carburant synthétique
- ✓ Hydrogène
- ✓ Electricité

## NO<sub>2</sub> / NO<sub>x</sub>

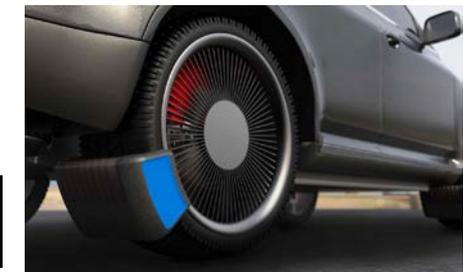
- ✓ Renouvellement du parc avec des véhicules respectant les normes Euro 6 et Euro 7
- ✓ Nouvelles technologies de dépollution

## Particules

- ✓ Renouvellement du parc avec des véhicules respectant les normes Euro 6 et Euro 7
- ✓ Allègement des véhicules
- ✓ Systèmes de récupération des particules de freinage et de pneumatiques
- ✓ Hybridation des Moteurs Thermiques



MANN+HUMMEL



Merci de votre attention !

أرامكو السعودية  
saudi aramco

