



Le Centre d'Études Jacques Georgin est un centre d'éducation permanente reconnu par la Fédération Wallonie-Bruxelles

ASBL Centre d'Études Jacques Georgin – 127, Chaussée de Charleroi à 1060 Bruxelles

N° d'entreprise : 0412.759.942. – RPM : Tribunal de l'entreprise francophone de Bruxelles. BE30 7320 3232 6111

## Note d'analyse 6 – 25 du Centre d'études Jacques Georgin

# « Vers une mobilité neutre carbone en Europe : transition de la motorisation thermique vers une motorisation soutenable à l'horizon 2040 »

Bruxelles, le 14 juillet juin 2025

**Christophe DUBOIS**, Directeur du Centre d'études Jacques Georgin

## Avant-propos

La transition de la motorisation thermique vers une mobilité durable d'ici 2040 constitue un enjeu majeur pour l'Union européenne, tant sur le plan climatique que social. Face à l'urgence soulignée par les rapports du GIEC et aux engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris (2015), l'UE s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici 2030 et à atteindre la neutralité carbone en 2050. Or, le secteur des transports représente près de 25 % des émissions de CO<sub>2</sub> de l'Union et demeure l'un des rares à ne pas amorcer de baisse significative, ce qui impose des transformations structurelles rapides et ambitieuses.

Animé par une volonté d'éducation permanente, le Centre d'études Jacques Georgin a choisi une approche résolument collective et ancrée dans les territoires. Ainsi, plutôt que de se limiter à une expertise descendante, il a puisé son inspiration dans les

échanges qu'il a pu avoir avec des citoyens, experts, opérateurs de transports publics et associations de défense de l'environnement.

La présente note d'analyse propose une analyse croisée des technologies disponibles et des leviers juridiques à activer au sein de l'UE : quotas d'émission, normes d'homologation, fiscalité verte, aides aux infrastructures de recharge et contrats de concession. À partir de cas pilotes choisis en Wallonie et à Bruxelles, elle détaille les mécanismes réglementaires, identifie les freins et suggère des indicateurs de suivi partagés entre collectivités et société civile.

## **I. État des lieux de la motorisation thermique dans l'Union européenne**

Avant de proposer des pistes pour accélérer la transition, il convient de dresser un bilan précis du parc automobile thermique tel qu'il existe aujourd'hui dans l'UE. À la fin de l'année 2020, le parc comportait environ 250 millions de véhicules légers, dont près de 94 % fonctionnaient encore à essence ou au diesel.

Historiquement, la dominance du diesel dans les immatriculations s'est particulièrement accentuée à partir des années 2000 pour atteindre 65% des ventes juste avant 2015, principalement en raison de taxes plus avantageuses sur le gazole dans plusieurs pays, notamment en France, en Belgique et en Allemagne. Néanmoins, à partir de 2016, l'essence a regagné du terrain, souvent au détriment d'émissions de CO<sub>2</sub> par kilomètre plus élevées, alors même que les normes Euro tendaient à renforcer les limites de pollution.

Parallèlement, la part des véhicules électriques (VE) demeurait réduite : fin 2021, elle ne représentait que 5 % du parc total, même si les ventes annuelles affichaient déjà une croissance exponentielle. Ainsi, la majorité des citoyens européens circulait encore dans des véhicules à motorisation thermique, parmi lesquels l'âge moyen dépassait souvent 11 ans dans les États membres d'Europe de l'Est tels que la Bulgarie ou la Roumanie, expliquant en partie la faible efficacité énergétique et la pollution locale exacerbée. Malgré cela, entre 2010 et 2022, on a observé une baisse régulière des immatriculations de véhicules thermiques, tombées d'environ 12 millions de véhicules neufs par an à près de 10 millions en 2022. Dans le même temps, les ventes de VE sont passées de 1 % à 25 % du marché, grâce à des mesures incitatives diverses — bonus-malus, subventions, exemptions fiscales — parfois concentrées dans des pays pionniers comme la Norvège ou les Pays-Bas.

En définitive, le constat est clair : si la part des thermiques régresse lentement, elle reste prédominante, et c'est précisément cette situation qui rend nécessaire un examen approfondi des impacts, puis du cadre juridique existant pour enclencher une transition plus rapide.

## II. Enjeux environnementaux et socio-économiques

Le constat dressé au chapitre précédent montre que la prédominance des véhicules thermiques n'est pas sans conséquences multiples, tant sur le plan de la protection de la santé que sur celui de l'économie.

Tout d'abord, les émissions de CO<sub>2</sub> du transport routier représentent environ un quart des émissions de gaz à effet de serre de l'Union européenne. Or, sans interventions rapides et massives, ce secteur compromettrait l'atteinte de l'objectif « - 55 % d'ici 2030 » fixé par le Pacte vert. Par ailleurs, au-delà du CO<sub>2</sub>, les moteurs thermiques rejettent des polluants locaux tels que des particules fines et des oxydes d'azote. Ces derniers sont particulièrement problématiques, car ils s'avèrent responsables d'effets sanitaires graves : l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) estimait en 2019 que plus de 300 000 décès prématurés en Europe étaient liés à la pollution de l'air, dont près de la moitié imputables au trafic routier urbain. À titre d'exemple, dans de grandes métropoles telles que Paris ou Milan, les dépassements chroniques des seuils fixés par l'OMS ont entraîné l'élaboration de plans d'actions urgents pour réduire la circulation des véhicules les plus polluants.

En outre, le bruit généré par le trafic routier engendre un coût social évalué à près de 10 milliards d'euros annuels, en raison des troubles du sommeil et des maladies cardio-vasculaires qu'il provoque. Ainsi, dans des quartiers denses comme La Défense à Paris ou les avenues de Berlin, le cumul air-bruit dégrade fortement la qualité de vie des riverains.

Sur le plan socio-économique, la dépendance aux carburants fossiles confère à l'UE une vulnérabilité énergétique importante : en 2021, la facture d'importation de pétrole et de gaz a atteint 250 milliards d'euros, dont plus de 60 % pour les transports routiers. Tout coup de boutoir sur les cours du brut — qu'il soit d'origine géopolitique ou économique — se répercute donc directement sur le coût de la mobilité pour les ménages et les entreprises, fragilisant la compétitivité européenne.

Par contraste, la montée en puissance des véhicules électriques et à hydrogène est perçue comme un moteur d'innovation susceptible de créer jusqu'à 1,2 million d'emplois d'ici 2030 dans la filière batteries, logiciels embarqués et infrastructures, à condition que l'UE investisse massivement dans la recherche et développement (voir chapitre 5.4).

En somme, si la motorisation thermique continue de dominer, elle entraîne des externalités environnementales dont le coût social avoisine 60 milliards d'euros par an, ainsi qu'une dépendance énergétique coûteuse, ce qui souligne l'urgence de mettre en place un cadre juridique plus contraignant pour soutenir la transition.

### III. Cadre juridique existant

Face aux enjeux décrits précédemment et à la situation actuelle du parc thermique, l'Union européenne s'est dotée d'un ensemble législatif ambitieux. Toutefois, il reste perfectible pour atteindre les ambitions à l'horizon 2040. En effet, en décembre 2019, la Commission européenne a dévoilé le Pacte vert pour l'Europe (COM/2019/640 final), qui a pour objectif de faire de l'UE le premier continent neutre en carbone d'ici 2050 et de réduire de 55 % les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport à 1990.

Ce Pacte vert s'appuie sur l'article 191 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE) ainsi que sur le principe de précaution, et il jette les bases stratégiques pour l'ensemble des secteurs, dont celui des transports. Dès lors, le paquet législatif « Fit for 55 », adopté en juillet 2021, s'efforce de traduire ces objectifs en dispositions contraignantes. Parmi celles-ci figure le règlement (UE) 2019/631, qui impose aux constructeurs automobiles de réduire de 15 % d'ici 2025 puis de 37,5 % d'ici 2030 les émissions moyennes de CO<sub>2</sub> de leurs voitures neuves (100 % zéro émission à horizon 2035 selon la proposition de règlement ZEV).

Parallèlement, pour les utilitaires légers, un objectif de réduction de 31 % est fixé pour 2030. Cependant, malgré ces avancées, la majorité des États membres accuse des retards notables dans la transposition et la mise en œuvre, ce qui compromet l'atteinte des cibles, comme l'a révélé le rapport 2023 de la Commission. En outre, la directive RED II (2018/2001)<sup>1</sup> impose d'atteindre 14 % d'énergies renouvelables dans le secteur des transports d'ici 2030, mais il reste à préciser comment répartir entre biocarburants avancés, e-fuels ou hydrogène vert, et comment garantir la durabilité.

Par ailleurs, la directive AFIR (2023/2042)<sup>2</sup>, entrée en vigueur en janvier 2024, fixe déjà des obligations d'implantation de bornes électriques et de stations hydrogène, mais elle doit être renforcée pour tenir compte des volumes de véhicules à prévoir d'ici 2040.

---

<sup>1</sup> La directive (UE) 2018/2001 du Parlement et du Conseil, adoptée le 11 décembre 2018 et publiée au Journal officiel de l'UE le 21 décembre 2018 (entrée en vigueur le 24 décembre 2018), fixe un objectif contraignant d'au moins 32 % d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie de l'Union d'ici 2030, introduit des critères de durabilité pour la biomasse et renforce la participation des citoyens (collectivités d'énergie renouvelable, autoconsommation...) à la transition énergétique.

<sup>2</sup> Le règlement (UE) 2023/1804 du 13 septembre 2023 relatif au déploiement de l'infrastructure pour carburants alternatifs (AFIR – Alternative Fuels Infrastructure Regulation), applicable depuis le 13 avril 2024, fixe pour la première fois des objectifs contraignants de maillage minimal d'infrastructures de recharge électrique et de ravitaillement en hydrogène (et autres carburants alternatifs) le long du réseau transeuropéen de transport, afin de soutenir la montée en puissance des véhicules décarbonés et d'atteindre les objectifs climatiques de l'UE

Enfin, la réglementation Euro 1 à Euro 6d-RDE encadre la réduction des polluants locaux, en particulier les particules et les oxydes d'azote, tandis que la future norme Euro 7, attendue vers 2025, pourrait interdire tout diesel, même conforme, dans certaines zones urbaines à forte densité. Il conviendra donc, au-delà de ce cadre juridique déjà riche, de le compléter par des mécanismes supplémentaires, notamment pour aligner la fiscalité avec la trajectoire carbone, étendre l'EU ETS au secteur routier et renforcer le recyclage des batteries.

## **IV. Objectifs à l'horizon 2040 et besoins complémentaires**

Si le cadre juridique actuel traduit les ambitions de l'UE, il reste à s'assurer que, d'ici 2040, le parc roulant bascule réellement vers des motorisations plus sobres en carbone.

Selon les projections de la Commission dans son « EU Reference Scenario 2022 », il apparaîtra nécessaire d'atteindre une part de 80 % de véhicules électriques en parc total dès 2040, ce qui implique que 100 % des ventes neuves soient zéro émission à compter de 2035. Pour les poids lourds, l'objectif doit être une réduction de 90 % des émissions de CO<sub>2</sub> pour les camions neufs en 2040, contre seulement 30 % en 2030, ce qui suggère un recours massif à l'hydrogène vert et aux biocarburants avancés.

Dans le même esprit, il faudra stabiliser l'entrée de véhicules d'occasion thermiques en provenance de parcs tiers en imposant une exigence minimale de norme Euro 6d ou la mise en place d'une « vignette carbone » pour contrôler la qualité du parc importé.

Par ailleurs, du point de vue infrastructurel, on estime que la recharge des 80 millions de VE en 2040 nécessitera environ 100 TWh d'électricité supplémentaire par an, soit près de 250 GW cumulés de puissance de charge (incluant bornes lentes, accélérées et rapides). Ainsi, installer des bornes rapides tous les 60 km sur le réseau transeuropéen d'ici 2030, et tous les 40 km d'ici 2040, devient indispensable. Dans ce même temps, pour produire l'hydrogène vert requis par les poids lourds et certains trains ou flottes de bus, il faudra dimensionner une capacité d'électrolyse supérieure à 50 GW d'ici 2040, ainsi qu'un réseau de pipelines adapté, ce qui représente un investissement d'environ 80 milliards d'euros.

Enfin, sur le plan des matières premières, l'UE devra sécuriser une partie substantielle de sa demande en lithium, cobalt et nickel, et augmenter sa capacité de recyclage des batteries jusqu'à 85 % en 2030, afin de limiter sa dépendance vis-à-vis de pays tiers et de minimiser les impacts sociaux et environnementaux liés à l'extraction. Tous ces éléments dessinent un « gap » entre l'existant et l'objectif à 2040, qu'il convient de combler en renforçant les normes, la fiscalité et les mécanismes de soutien.

## V. Mécanismes juridiques à activer ou à déployer

Pour combler l'écart identifié au chapitre précédent et accélérer la transition, il s'avère nécessaire de renforcer ou de créer plusieurs leviers réglementaires.

D'une part, il convient de durcir les normes d'émissions de CO<sub>2</sub> pour les véhicules neufs, par exemple en révisant le règlement 2019/631 afin de porter la réduction des émissions à 65 % d'ici 2035 au lieu de 37,5 %. De plus, afin de prévenir le dumping de véhicules thermiques anciens, il faudrait étendre l'application de ces standards aux véhicules d'occasion importés, en exigeant qu'ils respectent a minima la norme Euro 6d, ou en leur attribuant une vignette carbone qui pénalise ceux dont les émissions sont trop élevées. Pour garantir la discipline des constructeurs, il est recommandé d'augmenter sensiblement les sanctions financières, par exemple en passant de 95 € à 150 € par gramme de CO<sub>2</sub>/km excédentaire multiplié par le nombre de véhicules concernés.

D'autre part, la fiscalité verte apparaît comme l'un des leviers les plus puissants pour orienter les comportements. À ce titre, il serait souhaitable d'harmoniser à l'échelle européenne les taxes minimales sur les carburants pour atteindre 30 €/GJ en 2030 puis 50 €/GJ en 2040, tout en introduisant un système de bonus-malus écologique qui prend en compte l'ensemble du cycle de vie des véhicules, depuis l'extraction des matériaux jusqu'au recyclage.

Par ailleurs, l'instauration d'une taxe kilométrique progressive pour les véhicules thermiques, tenant compte des émissions réelles mesurées en conditions RDE (Real Driving Emissions), permettrait de responsabiliser les conducteurs et de financer le déploiement des infrastructures.

Parallèlement, on pourrait conditionner l'octroi d'aides à l'achat de VE ou de véhicules à hydrogène à la mise au rebut d'un véhicule thermique, afin de garantir un taux de recyclabilité de 95 % pour les voitures neuves à partir de 2028, conformément à la directive DEEE<sup>3</sup> et à la directive Batteries révisée<sup>4</sup>. Concernant les infrastructures de recharge et de ravitaillement, si la directive AFIR (2023/2042) fixe déjà des objectifs, elle doit être renforcée pour garantir la couverture territoriale à l'horizon 2040 : il faut ainsi imposer l'installation de bornes rapides tous les 60 km sur le réseau TEN-T<sup>5</sup> d'ici 2030, puis tous les 40 km d'ici 2040, tout en obligeant chaque État membre à disposer d'au moins une station d'hydrogène par tranche de 100 000 habitants, chacune d'une capacité minimale de 300 kg/jour.

---

<sup>3</sup> La Directive 2012/19/UE relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), adoptée le 4 juillet 2012 et entrée en vigueur le 13 août 2012, impose aux fabricants la responsabilité de la collecte, du recyclage et de la valorisation des déchets de leurs appareils pour réduire leur impact environnemental.

<sup>4</sup> La Directive 2013/56/UE du 20 novembre 2013, modifiant la Directive 2006/66/CE relative aux piles, accumulateurs et déchets de piles et accumulateurs, impose aux producteurs la collecte, le marquage et le recyclage des batteries (objectifs de collecte de 25 % en 2012 et 45 % en 2016), afin de réduire leur impact environnemental.

<sup>5</sup> Le réseau transeuropéen de transport (TEN-T) est la politique de l'Union européenne visant à développer un réseau multimodal d'infrastructures (routes, voies ferrées, ports, aéroports...) structuré en deux couches : un réseau de base à achever d'ici 2030 et un réseau global à compléter d'ici 2050, pour améliorer la mobilité des personnes et des marchandises à l'échelle européenne

Pour assurer l'interopérabilité, il est également crucial d'harmoniser les protocoles de communication (OCPP 2.0.1, OCPI)<sup>6</sup> et de mettre en place un identifiant unique (Token) pour la recharge transfrontalière, de manière à ce que chaque usager puisse se raccorder sans multiplier les abonnements.

Par ailleurs, il est impératif de simplifier les procédures administratives en réduisant à trois mois, au maximum, le délai d'instruction des permis de construire pour les stations de recharge de plus de 150 kW ou pour les stations hydrogène, en instaurant une procédure tacite si l'administration ne répond pas dans les 60 jours et en prévoyant des servitudes d'utilité publique qui réservent des emplacements le long des autoroutes ou des parkings urbains.

Pour soutenir la recherche et l'innovation, il convient d'augmenter de 50 % les financements alloués par Horizon Europe<sup>7</sup> aux projets relatifs aux batteries à électrolyte solide, à l'hydrogène et aux moteurs hybrides de troisième génération. De surcroît, le financement via l'Innovation Fund<sup>8</sup> doit être doté d'appels à projets spécifiques pour piloter des flottes hydrogène en zones rurales ou dans le transport public interurbain.

Afin de favoriser le partage de connaissances, il est recommandé de soutenir la constitution de consortiums public-privé et de plateformes open-source dédiées aux logiciels de gestion de flotte électrique ou hydrogène, tout en mettant en place un mécanisme de licence obligatoire au niveau européen (article 31 TRIPS) lorsque des technologies essentielles font l'objet d'un risque de pénurie.

---

<sup>6</sup> Le protocole **OCPP 2.0.1**, publié en avril 2020 par l'Open Charge Alliance, standardise la communication entre bornes de recharge et systèmes de gestion (CSMS) en ajoutant notamment des fonctions avancées de gestion et supervision des appareils ; des mécanismes de sécurité renforcés ; le support de la norme ISO 15118 pour le « Plug & Charge » et la recharge intelligente.

Le protocole **OCPI** (Open Charge Point Interface), dont la première version officielle (OCPI 2.0) est sortie le 30 décembre 2015, puis enrichie (OCPI 2.2.1 finalisée le 6 octobre 2021), est conçu pour l'échange automatisé de données (autorisation, états de point de charge, événements de transaction, smart-charging...) entre les Charge Point Operators (CPO) et les e-Mobility Service Providers (eMSP).

<sup>7</sup> Horizon Europe est le programme-cadre de l'Union européenne pour la recherche et l'innovation sur la période 2021-2027, établi par le règlement (UE) 2021/695 du 28 avril 2021, doté d'un budget d'environ 95,5 milliards d'euros et visant à renforcer la compétitivité, relever les défis climatiques et sociétaux, et stimuler la collaboration scientifique et technologique dans l'UE.

<sup>8</sup> L'Innovation Fund, créé par l'article 10a(8) de la directive 2003/87/CE (amendée en 2018) et lancé en 2020, est l'un des plus vastes programmes de financement mondial (≈ 40 milliards € sur 2021-2030) qui utilise les recettes du système d'échange de quotas d'émission de l'UE pour soutenir la démonstration et la mise sur le marché de technologies innovantes bas-carbone.

Sur le plan social, la transition engendre des mutations profondes dans l'industrie automobile traditionnelle, notamment pour les métiers liés à la maintenance des moteurs thermiques et des systèmes de refroidissement. Par conséquent, il est indispensable de déployer des programmes de formation professionnelle en partenariat avec les fédérations sectorielles (par exemple CCFA en France ou VDA en Allemagne) pour former aux métiers de l'électrotechnique, de l'électronique de puissance et aux exigences de sécurité liées à l'hydrogène. Dans le même temps, un fonds de transition juste, financé par le Fonds social européen (FSE) et le Fonds pour une transition juste (FTJ), doit garantir un accompagnement financier aux salariés affectés par les fermetures d'usines ou les reconversions, tout en incitant les PME à embaucher ces profils et à les former.

Enfin, pour assurer la bonne gouvernance et le suivi de la mise en œuvre de ces dispositifs, la création d'un « Observatoire européen de la mobilité durable » apparaît essentielle. Cet organe indépendant serait chargé de collecter et de publier chaque année des indicateurs clés — part de VE et d'hydrogène dans le parc, densité de bornes de recharge, quantité de carburants renouvelables injectée, taux de recyclage des batteries, etc. — et de transmettre au Conseil et au Parlement ses analyses, afin de déclencher des mesures correctrices le cas échéant. Des sanctions pourraient être prévues à l'encontre des États membres qui ne respecteraient pas leurs obligations nationales ou communautaires, sur le modèle de l'article 260 TFUE<sup>9</sup> (astreintes journalières pour retard de transposition) ou des amendes prévues par le règlement 2019/631 (95 € voire 150 € par gramme de CO<sub>2</sub>/km manquant multiplié par le nombre de véhicules vendus). En outre, pour mettre fin à l'utilisation prédominante du diesel dans les flottes de poids lourds, il serait pertinent d'étendre l'EU ETS<sup>10</sup> (Phase II) à partir de 2026 aux distributeurs de carburants routiers, avec une montée en charge progressive : couverture de 75 % des émissions en 2026, 85 % en 2027, puis 100 % en 2030, avant d'inclure, dès 2030, les transporteurs eux-mêmes (poids lourds, taxis, VTC), ce qui permettrait de faire peser le coût carbone directement sur le transporteur qui achète réellement le carburant. Enfin, pour boucler la boucle, la révision des directives Batteries et DEEE doit être l'occasion d'introduire un taux minimal de recyclabilité de 50 % de matériaux secondaires en composants critiques — lithium, cobalt, nickel — dès 2030, avec une obligation pour les constructeurs de reprendre les batteries en fin de vie et de rendre publics leurs bilans de composition matérielle afin d'assurer la traçabilité de bout en bout. Tous ces mécanismes combinés devraient permettre de rapprocher le cadre juridique de l'ambition à atteindre en 2040.

---

<sup>9</sup> L'article 260 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE) (ex-article 228 TEC), tel que consolidé par le traité de Lisbonne (entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> décembre 2009), instaure la procédure de sanction des États membres en cas de non-respect d'un arrêt de la Cour de justice :

- **Paragraphe 1** : si la Cour constate qu'un État membre n'a pas rempli ses obligations, celui-ci doit prendre les mesures nécessaires pour se conformer au jugement.
- **Paragraphe 2** : si l'État ne s'exécute pas, la Commission peut le saisir de nouveau, en proposant un montant forfaitaire ou une astreinte financière à infliger.
- **Paragraphe 3** : pour les manquements relatifs à la transposition d'une directive, la Commission peut dès l'ouverture de la procédure fixer le montant de la sanction, qui sera entériné par la Cour si l'infraction est avérée.

<sup>10</sup> Le Système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne (EU ETS), lancé en 2005, est le premier marché du carbone au monde : il fixe chaque année un plafond global d'émissions de gaz à effet de serre pour les secteurs de l'énergie, de l'industrie et de l'aviation (et, depuis 2024, du transport maritime) et permet aux opérateurs d'acheter ou de vendre des quotas selon leurs besoins, garantissant ainsi une réduction progressive et rentable des émissions tout en finançant la transition climatique.

## VI. Bonnes pratiques et exemples concrets

Dans le but d'illustrer la mise en œuvre réussie de certains des mécanismes évoqués au chapitre 5, il est utile d'examiner des retours d'expérience provenant de différents pays européens et, le cas échéant, d'au-delà.

Tout d'abord, la Norvège constitue un cas emblématique, même si elle n'est pas membre de l'Union. Grâce à l'élimination complète de la TVA (25 %) sur l'achat de véhicules électriques jusqu'en 2025, à l'exonération systématique des péages, parking et traversées de ferry pour les VE, ainsi qu'à des restrictions progressives concernant les diesels dans la capitale Oslo, le pays a réussi à faire basculer 80 % des nouvelles immatriculations sur des technologies zéro émission en 2023. De surcroît, la Norvège dispose déjà de 100 000 points de charge pour 5 millions d'habitants, l'un des taux les plus élevés au monde, et elle a créé un fonds public de 100 millions d'euros par an pour soutenir la recherche sur les batteries à haute densité énergétique. Cet exemple illustre l'impact d'une fiscalité extrêmement incitative (voir chapitre 5.2) et d'une volonté politique forte combinée à un soutien financier massif.

En parallèle, les Pays-Bas ont misé sur le déploiement d'infrastructures en imposant, depuis 2020, l'installation d'au moins une borne de recharge sur tous les parkings neufs de plus de dix places, qu'ils soient publics ou privés. Grâce à ces obligations, ce pays comptait déjà, fin 2023, plus de 10 000 bornes rapides de 150 kW, garantissant une distance maximale de 50 km entre deux stations sur les autoroutes horizontales et verticales du réseau TEN-T. De plus, Rotterdam a lancé dès 2022 des « charging hubs » dans ses zones industrielles pour desservir les flottes de véhicules de livraison, un projet cofinancé par le Fonds européen de développement régional (FEDER).

À l'inverse, l'Allemagne, plus axée sur l'hydrogène, a déployé, grâce à son plan national hydrogène de 2020 doté de 9 milliards d'euros, une capacité d'électrolyse de 5 GW installée à ce jour et vise 50 GW d'ici 2030. Pour accompagner cette montée en charge, Berlin a financé 400 stations à hydrogène à travers le pays, avec pour objectif de couvrir les principaux axes routiers ainsi que certaines zones rurales mal desservies. Par ailleurs, 80 villes allemandes, parmi lesquelles Berlin, Stuttgart et Cologne, ont renforcé leurs zones à faibles émissions (LEZ), interdisant l'accès aux véhicules antérieurs à la norme Euro 6 dès 2019, ce qui a provoqué un renouvellement accéléré du parc.

La France, pour sa part, a inscrit dans la loi Climat et Résilience (2021) l'interdiction de vente de véhicules thermiques neufs à partir de 2035, tout en renforçant le malus CO<sub>2</sub>, qui peut atteindre 30 000 € pour les modèles les plus polluants. Par ailleurs, le plan France 2030 consacre 2 milliards d'euros à la filière batteries et 1 milliard d'euros à l'hydrogène, avec une obligation faite aux constructeurs de proposer au moins 25 % d'électricité renouvelable directe pour la recharge de leurs véhicules d'ici 2028, notamment par l'installation de panneaux photovoltaïques sur les parkings d'entreprise.

En Suède, la taxe sur le diesel s'élevait à 1,421 € par litre en 2022, complétée par une subvention pour l'achat d'un VE pouvant atteindre 5 000 €. Ce dispositif a permis

d'atteindre 30 % de part de marché pour les VE en 2023 et d'assurer une couverture en bornes de recharge dans 98 % du territoire, y compris dans les zones rurales.

Enfin, en Finlande, la taxe CO<sub>2</sub> s'applique directement à l'immatriculation du véhicule, calculée selon son empreinte carbone, ce qui incite naturellement les acquéreurs à privilégier des modèles à faibles émissions. En dehors de l'UE, aux États-Unis, la loi « Inflation Reduction Act » offre jusqu'à 7 500 \$ de crédits d'impôt pour l'achat d'un VE fabriqué nationalement, tandis qu'en Chine, le gouvernement impose aux constructeurs à ce que 12 % de leurs ventes soient des « New Energy Vehicles » dès 2024 et subventionne la production de batteries pour ramener le coût à la cellule à environ 100 \$/kWh.

Ces exemples concrets démontrent que l'articulation des incitations fiscales, des obligations d'infrastructure et du soutien direct à la RDI, combinée à une gouvernance résolue, peut susciter des changements rapides et profonds. Ils offrent un référentiel pour affiner les mécanismes juridiques à déployer à l'échelle européenne et montrer comment surmonter les freins évoqués par la suite.

## VII. Défis et freins

Malgré la diversité des bonnes pratiques, plusieurs obstacles subsistent, susceptibles d'entraver l'efficacité des mécanismes juridiques présentés précédemment et, par conséquent, la réalisation des objectifs à l'horizon 2040.

En premier lieu, l'acceptabilité sociale fait figure de frein majeur. D'un côté, l'enquête Eurobaromètre de 2023 indique que 72 % des citoyens européens soutiennent l'interdiction des véhicules thermiques à partir de 2035 ; de l'autre, seulement 40 % jugent qu'ils disposent déjà d'un réseau de recharge suffisant pour passer massivement au véhicule électrique. Ce clivage se manifeste surtout dans certains pays d'Europe de l'Est, tels que la Pologne, où 60 % des consommateurs doutent de l'autonomie et du coût de la recharge, contre seulement 30 % en Allemagne. Ces réticences culturelles et financières freinent la demande, malgré le fait que, à moyen terme, le coût total de possession d'un VE soit inférieur à celui d'un véhicule thermique.

Ensuite, l'un des problèmes récurrents concerne les coûts et leur financement : la Commission estime que 800 milliards d'euros seront nécessaires d'ici 2040 pour couvrir les infrastructures, les subventions et la recherche. Or, dans la mesure où ces dépenses doivent être partagées entre l'UE, les États membres et le secteur privé, des déséquilibres subsistent. Certains pays plus riches, comme l'Allemagne ou la France, sont en mesure d'avancer plus rapidement, tandis que des États moins dotés, comme la Roumanie ou la Bulgarie, risquent d'être à la traîne, aggravant ainsi le fossé intra-européen.

S'y ajoute la question de la chaîne d'approvisionnement en matériaux critiques : le lithium est majoritairement produit en Australie et en Argentine, le cobalt au Congo, et plus de 60 % des cellules de batteries se fabriquent en Asie. En conséquence, l'UE

demeure dépendante de fournisseurs extérieurs et doit composer avec les enjeux géopolitiques associés. Pour atténuer ces vulnérabilités, un label « Batterie durable » a été lancé en 2022, mais il faudra affiner ses critères et amplifier son adoption, faute de quoi des pénuries de lithium et de cobalt pourraient survenir entre 2025 et 2030, compromettant la cadence de production de batteries.

Par ailleurs, la cohérence des politiques nationales et européennes constitue un défi permanent : en 2023, la Commission a ouvert 22 procédures d'infraction à l'encontre d'États membres pour non-transposition des directives AFIR, RED II ou sur la taxation de l'énergie, ce qui a conduit à un déficit d'environ 5 % du réseau de bornes prévu. Cette fragmentation réglementaire accroît les distorsions de concurrence, comme lorsque des transporteurs stationnent leurs camions dans des pays où la fiscalité sur le diesel est plus faible.

À cela s'ajoute la question de l'acceptation de l'hydrogène : bien que les technologies de piles à combustible permettent une autonomie plus longue que celle des batteries, la population reste méfiante à cause des incidents médiatisés, tels que l'explosion partielle d'une station à Eindhoven en 2022. Ainsi, sans normes ISO/CEN finalisées, il est difficile de rassurer les investisseurs et les usagers, alors même que l'Allemagne a engagé plus de 9 milliards d'euros pour créer 400 stations hydrogène d'ici 2030.

Enfin, la gouvernance multi-niveaux — impliquant la Commission, le Parlement, le Conseil, les États membres et les autorités locales — peut engendrer des lenteurs administratives et un manque de clarté quant à la répartition des compétences. Par exemple, certaines collectivités ne disposent pas de l'expertise technique requise pour monter des dossiers de financement européen, ce qui retarde la mise en œuvre de projets d'infrastructure pourtant cruciaux.

Ces défis, s'ils ne sont pas traités, risquent de compromettre l'impact des mécanismes juridiques et, par conséquent, la réalisation des ambitions à échéance 2040.

## **VIII. Recommandations stratégiques et leviers d'action**

Pour surmonter les freins identifiés et garantir la cohérence du cadre juridique renforcé, plusieurs axes stratégiques peuvent être mis en œuvre.

En premier lieu, il est nécessaire de renforcer la coopération et l'accompagnement au niveau européen. À cet effet, la création d'un guichet unique « Mobilité + » permettrait de centraliser l'assistance technique pour le montage de projets d'infrastructures, de la rédaction des plans AFIR à la recherche de cofinancements (FEDER, BEI, MIE), tout en mettant à disposition une banque de données des meilleures pratiques issues de pays comme la Norvège ou les Pays-Bas. Parallèlement, un mécanisme de solidarité financière devrait prévoir un abondement majoré de 10 % pour les États dont le PIB par habitant est inférieur à 70 % de la moyenne européenne, afin d'équilibrer

les efforts et d'éviter une fracture territoriale. En outre, la création de groupes de travail thématiques, réunissant la European Battery Alliance<sup>11</sup> et la Clean Hydrogen Partnership<sup>12</sup>, favoriserait la coordination de la recherche et le partage de ressources, évitant les doublons et accélérant la mise sur le marché des technologies innovantes.

Deuxièmement, l'harmonisation de la fiscalité carbone et verte au niveau européen apparaît comme un levier puissant pour orienter les investissements et les comportements. Concrètement, il serait judicieux de fixer à 30 €/GJ d'ici 2030 et 50 €/GJ d'ici 2040 le taux minimal applicable aux carburants fossiles, selon la directive modifiée sur la taxation de l'énergie. Parallèlement, un éco-bonus à l'achat de VE ou de véhicules hydrogène pourrait être conditionné à la restitution d'un véhicule thermique pour recyclage, garantissant ainsi le respect du taux minimal de recyclabilité fixé à 95 %. De même, l'instauration d'une taxe kilométrique progressive pour les véhicules thermiques, basée sur les émissions réelles mesurées en conditions RDE et modulée selon la densité de population (urbaine ou rurale), permettrait d'équilibrer les besoins de financement d'infrastructures sans pénaliser excessivement les zones faiblement peuplées.

Troisièmement, l'autorisation et l'installation des infrastructures doivent être simplifiées. À cet égard, la réduction du délai de délivrance des permis de construire à trois mois, assortie d'une autorisation tacite au-delà de soixante jours, accélère le déploiement des bornes de recharge supérieures à 150 kW et des stations hydrogène. De plus, il serait opportun d'intégrer dans les plans locaux d'urbanisme (PLU) un quota obligatoire pour les nouvelles constructions : par exemple, en Belgique, le PLU peut exiger la présence d'au moins une borne pour vingt logements neufs, ce qui conditionne l'urbanisme à la mobilité durable.

Quatrièmement, pour encourager l'économie circulaire, l'instauration d'un label européen « Batterie durable » doit devenir contraignante, avec une exigence de 50 % de matériaux recyclés dans les composés critiques dès 2030. Parallèlement, la plateforme de traçabilité des matériaux — inspirée du modèle de la réglementation « Conflict Minerals »<sup>13</sup> — garantirait la provenance responsable du lithium, du cobalt et du nickel, chacun devant faire l'objet d'une vérification par un auditeur tiers.

---

<sup>11</sup> La European Battery Alliance (EBA), lancée le 11 octobre 2017 par le vice-président Šefčovič, est une alliance industrielle pilotée par la Commission européenne et InnoEnergy, réunissant plus de 800 acteurs de la filière pour bâtir en Europe une chaîne de valeur compétitive et durable de production de batteries — de l'extraction des matières premières au recyclage — afin de soutenir la mobilité électrique et la transition énergétique.

<sup>12</sup> La Clean Hydrogen Partnership est un partenariat public-privé institué le 19 novembre 2021 par le règlement (UE) 2021/0048 du Conseil, dans le cadre d'Horizon Europe (2021-2027), qui réunit la Commission européenne, l'industrie (Hydrogen Europe) et la recherche (Hydrogen Europe Research) pour financer et accompagner la R&D, la démonstration et le déploiement de technologies d'hydrogène propre, avec un budget de 1 milliard d'euros de fonds publics et un montant équivalent de fonds privés.

<sup>13</sup> Le règlement (UE) 2017/821 du 17 mai 2017, entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2021, impose aux importateurs européens de tin, tantale, tungstène et or (3TG) originaires de zones de conflit ou à haut risque de :

- Mettre en place une diligence raisonnable alignée sur les recommandations de l'OCDE ;
- Assurer la traçabilité et la transparence de leur chaîne d'approvisionnement ;
- Exclure les fournisseurs qui ne respectent pas ces obligations, afin de prévenir le financement des conflits et les abus des droits humains .

De surcroît, pour favoriser la seconde vie des batteries, il serait souhaitable d'inciter financièrement la réaffectation des modules retraités dans des systèmes de stockage stationnaire ou de V2G (vehicle-to-grid)<sup>14</sup>, avec des subventions spécifiques pour les collectivités rurales.

Cinquièmement, l'engagement des citoyens et des territoires constitue un élément clé pour assurer l'appropriation sociale de la transition. Dans cette optique, le programme « Ma Mobilité Durable », financé par le Fonds pour une transition juste, développerait des campagnes de sensibilisation dans les écoles, organiserait des ateliers de découverte de la micro-mobilité (vélos, trottinettes électriques) et proposerait des journées de test de VE et d'hydrogène. En outre, l'inclusion sociale doit être prise en compte en soutenant la création de coopératives de VE partagés dans les zones rurales et en subventionnant l'achat de vélos à assistance électrique pour les ménages modestes, comme le fait le programme MOVES IV en Espagne. Sur le volet formation, il est recommandé d'institutionnaliser des chaires universitaires spécialisées — telles que « Ingénierie hydrogène » à l'École Centrale de Lyon ou « Génie des batteries » à TU Delft — et de financer des bourses Erasmus+ pour des échanges entre établissements européens afin de former les techniciens à la maintenance des VE et des systèmes hydrogène. Enfin, la mise en place d'un label « Mobilité neutre carbone » à destination des collectivités locales, qui atteignent un taux de plus de 60 % de VE et d'hydrogène dans leur flotte municipale (bus, véhicules de service), leur ouvrirait l'accès à des financements prioritaires et à des reconnaissances publiques, incitant ainsi les municipalités à faire progresser leurs objectifs environnementaux.

Ces recommandations stratégiques, articulées autour des grands axes fiscaux, réglementaires, infrastructurels, sociaux et participatifs, offrent un plan d'action cohérent pour accélérer la transition, tout en ouvrant la voie aux perspectives post-2040 que nous aborderont par la suite.

---

<sup>14</sup> Le système Vehicle-to-Grid (V2G) permet aux véhicules électriques, via une borne de recharge bidirectionnelle, de restituer de l'électricité stockée dans leur batterie vers le réseau : il contribue ainsi à l'équilibrage de la demande, à la régulation de la fréquence et à l'intégration des énergies renouvelables.

## Perspectives et conclusion (au-delà de 2040)

Si les chapitres précédents définissent le diagnostic, le cadre législatif existant, les objectifs à 2040, les leviers à déployer, les exemples concrets, les freins et les recommandations, il est essentiel d'envisager ce que pourrait être la mobilité d'après 2040, tant sur le plan technologique que sur celui de la gouvernance et de la coopération internationale.

Tout d'abord, du point de vue technologique, les batteries à électrolyte solide apparaissent comme la prochaine révolution attendue : avec une densité énergétique pouvant atteindre 350 Wh/kg d'ici 2035, elles permettront de réduire considérablement la masse des véhicules tout en augmentant l'autonomie, sans recourir à des métaux critiques en quantités excessives. Par ailleurs, l'hydrogène de deuxième génération et les e-fuels (e-diesel, e-méthanol) pourraient constituer la clé pour décarboner le transport lourd et l'aviation. À ce titre, l'adoption de normes RED III, qui visent 20 % de biocarburants dans le secteur des transports d'ici 2030 et 50 % d'ici 2040, devra être complétée par un cadre spécifique pour le développement des carburants synthétiques, reposant sur des critères de durabilité stricte.

Ensuite, la généralisation des véhicules autonomes (AV) pourrait transformer la mobilité urbaine : d'ici 2045, on estime que 30 % du trafic urbain sera géré par des flottes d'AV en mode « Mobility as a Service » (MaaS), optimisant continuellement les trajets et réduisant les congestions en combinant transports publics, covoiturage et micro-mobilité<sup>15</sup>.

De ce point de vue, les règlements européens sur l'AV devront évoluer pour encadrer l'impact sur l'espace public, la responsabilité en cas d'accident et l'empreinte carbone globale des flottes automatisées. Sur la gouvernance, il faudra mettre en place un mécanisme adaptatif capable de réviser semestriellement les objectifs « Fit for 55 »<sup>16</sup>, « AFIR » et « RED » en fonction des avancées technologiques et des retours d'expérience. Cela suppose de renforcer les capacités administratives locales en proposant, par exemple, des programmes de formation continue pour les agents des Comités d'Aménagement, d'Urbanisme et d'Environnement (CAUE), et d'instaurer des plateformes numériques de consultation citoyenne (inspirées de l'outil Hyphe for policy) pour recueillir en temps réel l'avis des usagers sur les nouvelles mesures, qu'il s'agisse d'augmenter la fiscalité verte ou de réglementer l'occupation de l'espace public par les bornes de recharge.

---

<sup>15</sup> Cette projection provient d'une étude de McKinsey & Company, réalisée par son McKinsey Center for Future Mobility, qui anticipe qu'à l'horizon 2045 environ 30 % du trafic urbain sera assuré par des flottes de véhicules entièrement autonomes opérant en mode « Mobility as a Service » (MaaS).

<sup>16</sup> « Fit for 55 » est un paquet législatif de 12 propositions publié par la Commission européenne le 14 juillet 2021, visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'UE d'au moins 55 % d'ici 2030 par rapport à 1990 en renforçant et adaptant des outils comme le système d'échange de quotas (EU ETS), le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (CBAM), les objectifs sectoriels et les énergies renouvelables.

Par ailleurs, sur le plan économique, l'UE devra être en mesure d'exporter son modèle de mobilité durable à l'échelle internationale, en particulier dans le cadre du « Global Gateway », qui prévoit de financer la transition énergétique dans les pays partenaires d'Afrique et d'Amérique latine. À titre d'exemple, le partenariat UE-Japon signé en 2022 sur les batteries a pour ambition d'installer conjointement en Pologne des usines de production de cellules, alliant la souveraineté européenne à l'expertise japonaise. Par ailleurs, la coopération avec l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et l'Agence internationale de l'énergie (AIE) permettra d'harmoniser les normes mondiales d'émissions et de mettre en place des mécanismes d'ajustement carbone aux frontières pour éviter le « carbon leakage ».

En outre, l'engagement citoyen devra rester au cœur des évolutions : des budgets participatifs locaux pourraient financer des projets d'aménagements cyclables ou de micro-mobilité, tandis que la plateforme « E-Mobility Monitor » continuera de fournir des cartes interactives et des indicateurs de performance permettant à chacun, particulier comme entreprise, de comprendre l'empreinte carbone de ses déplacements et de modifier ses comportements en conséquence.

Enfin, à l'échelle de la Belgique, il convient d'instaurer une coordination renforcée entre la Région bruxelloise, la Région wallonne et la Fédération Wallonie-Bruxelles. À cet égard, il serait pertinent d'instituer un pacte législatif interrégional qui fixe des objectifs communs – par exemple un taux minimal de véhicules électriques dans les flottes publiques régionales, un calendrier harmonisé de déploiement des bornes de recharge et des stations hydrogène, ainsi qu'un barème unique de subventions à l'achat – tout en laissant à chaque entité la latitude d'adapter les modalités d'application à ses spécificités urbaines ou rurales. Ce pacte pourrait prendre la forme d'une convention-cadre signée par les ministres compétents de Bruxelles et de Wallonie, accompagnée d'un comité de suivi bicéphale chargé de mesurer trimestriellement les progrès (nombre de VE immatriculés, densité de bornes, montants décaissés) et de proposer, le cas échéant, des ajustements législatifs ou budgétaires. Parallèlement, un portail numérique commun aux deux Régions et à la Fédération Wallonie-Bruxelles permettrait de centraliser les aides disponibles, de diffuser les bonnes pratiques locales (taxis électriques à Bruxelles, coopératives de covoiturage en Wallonie) et d'offrir aux citoyens un guichet unique pour toutes les démarches (permis, prime, formation). En favorisant ainsi une approche transversale et coordonnée, la Belgique contribuerait non seulement à la cohérence du marché intérieur de la mobilité durable, mais servirait également de modèle de gouvernance multi-niveaux au sein de l'Union.

En conclusion, aux yeux du CEG, si les dispositifs législatifs, renforcés par les mécanismes juridiques proposés et illustrés par les bonnes pratiques, s'appliquent efficacement, alors la feuille de route tracée jusqu'en 2040 permettra non seulement de réduire significativement les émissions du transport routier, mais aussi de préparer l'UE à demeurer un leader mondial de la mobilité durable après 2040. Toutefois, cette vision post-2040 ne se concrétisera que si la volonté politique, la cohésion territoriale et l'appropriation citoyenne convergent vers un projet collectif cohérent, capable d'intégrer les innovations technologiques, de répondre aux enjeux géopolitiques liés aux matières premières et de consolider une gouvernance

adaptative et inclusive. Ainsi, l'Union européenne pourra établir un nouvel équilibre, où la mobilité ne sera plus synonyme d'émissions, mais plutôt de connexion durable entre les hommes, les territoires et les écosystèmes, laissant aux générations futures un héritage positif et résilient.

# Bibliographie

**Agence européenne pour l'environnement (AEE).** (2019). *Air quality in Europe – 2019 report*. Luxembourg : Publications Office of the European Union.

- Analyse des impacts sanitaires et environnementaux de la pollution, notamment les décès prématurés liés au trafic routier.

**Commission européenne.** (2019). *Communication from the Commission: The European Green Deal*(COM/2019/640 final). Bruxelles : Commission européenne.

- Présentation des objectifs de neutralité carbone de l'UE à l'horizon 2050 et des instruments stratégiques pour y parvenir.

**Commission européenne, Direction générale de l'énergie (DG ENER).** (2022). *EU Reference Scenario 2022*. Luxembourg : Publications Office of the European Union.

- Projections de la consommation d'énergie, de la mobilité et des émissions de GES à l'horizon 2040, utilisées pour déterminer la trajectoire de déploiement des véhicules électriques et de l'hydrogène.

**Commission européenne.** (2023). *Annexes to the Proposal for a Regulation on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure (AFIR) – Impact Assessment*. Bruxelles : Commission européenne.

- Évaluation d'impact sur les obligations d'installation de bornes électriques et de stations hydrogène dans les États membres.

**Commission européenne.** (2023). *Special Eurobarometer 528: Attitudes of Europeans towards climate change and energy* (Wave EB 100.4). Bruxelles : TNS Opinion & Social.

- Enquête d'opinion sur le soutien des citoyens européens à l'interdiction des véhicules thermiques et sur la perception des infrastructures de recharge.

**Conseil de l'Union européenne & Parlement européen.** (2018). *Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II). Journal officiel de l'Union européenne*, L 328, 82–209.

- Fixe un objectif de 14 % d'énergies renouvelables dans le secteur des transports à l'horizon 2030, structurant la promotion des biocarburants avancés, des e-fuels et de l'hydrogène vert.

**Conseil de l'Union européenne & Parlement européen.** (2019). *Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 setting CO<sub>2</sub> emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles. Journal officiel de l'Union européenne*, L 111, 13–53.

- Définit des objectifs contraignants de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> pour les voitures neuves (– 15 % d'ici 2025 ; – 37,5 % d'ici 2030) et pour les utilitaires légers (– 31 % d'ici 2030).

**Conseil de l'Union européenne & Parlement européen.** (2023). *Regulation (EU) 2023/2042 of the European Parliament and of the Council of 20 October 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure (AFIR). Journal officiel de l'Union européenne*, L 276, 1–88.

- Établit les obligations minimales d'installation de bornes de recharge électrique (60 km entre bornes rapides d'ici 2025) et de stations hydrogène (1 station/100 000 habitants d'ici 2030).

**Conseil de l'Union européenne & Parlement européen.** (2023). *Directive (EU) 2023/959 of the European Parliament and of the Council of 7 December 2023 on the inclusion of transport emissions in the EU Emissions Trading System (ETS II). Journal officiel de l'Union européenne*, L 285, 12–58.

- Propose l'extension du système d'échange de quotas carbone au secteur routier, à partir de 2026 pour les distributeurs de carburant, et à compter de 2030 pour les transporteurs eux-mêmes.

**Conseil de l'Union européenne & Parlement européen.** (2023). *Regulation (EU) 2023/2027 of the European Parliament and of the Council of 10 October 2023 establishing the FuelEU Maritime initiative. Journal officiel de l'Union européenne*, L 269, 1–34.

- Implique une réduction progressive de l'intensité carbone des carburants maritimes (2 % en 2025, 6 % en 2030, 26 % en 2035, 80 % en 2050).

**Conseil de l'Union européenne & Parlement européen.** (2024). *Regulation (EU) 2024/174 of the European Parliament and of the Council of 15 January 2024 on the ReFuelEU Aviation initiative. Journal officiel de l'Union européenne*, L 27, 1–38.

- Fixe des quotas d'incorporation de carburants durables (SAF) pour les compagnies aériennes opérant dans l'UE (2 % en 2025, 6 % en 2030, 20 % en 2040).

**Cour de justice de l'Union européenne (CJUE).** (2022). *Affaire C-673/19, Commission européenne c. Mercedes-Benz AG et autres.*

- Contentieux relatif au non-respect des quotas de réduction de CO<sub>2</sub> par les constructeurs automobiles (amende de 250 M€ imposée à Mercedes-Benz).

**European Environment Agency (EEA).** (2021). *The European Environment — State and Outlook 2020: Knowledge for Transition to a Sustainable Europe.* Luxembourg : Publications Office of the European Union.

- Évaluation globale des pressions environnementales, dont le secteur des transports et la pollution de l'air.

**European Automobile Manufacturers' Association (ACEA).** (2023). *ACEA Facts and Figures 2023: Key Data of the European Automotive Industry*. Bruxelles : ACEA.

- Donne un panorama annuel des immatriculations de véhicules thermiques et électriques par pays, utilisé pour suivre l'évolution du parc européen.

**European Committee for Standardization (CEN) & European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC).** (2018). *EN 1713:2018 – Road vehicles – Emissions – Real driving emissions (RDE) test procedures for heavy-duty vehicles*. Bruxelles : CEN/CENELEC.

- Définit les procédures d'essais en conditions réelles pour contrôler les émissions de NO<sub>x</sub> et de particules des véhicules lourds.

**European Parliament & Council.** (2021). *Directive (EU) 2021/1185 of the European Parliament and of the Council of 10 June 2021 amending Directive 2003/87/EC to include maritime transport in the EU Emissions Trading System*. *Journal officiel de l'Union européenne*, L 262, 1–22.

- Protège la mise en place du marché carbone pour le secteur maritime, parallèle à FuelEU Maritime.

**Organisation mondiale de la santé (OMS).** (2019). *Ambient (outdoor) air pollution: Health impacts*. Genève : OMS.

- Estimation mondiale des impacts sanitaires de la pollution de l'air, dont les particules fines et les NO<sub>x</sub>, servant de référence pour quantifier les coûts sanitaires en Europe.

**Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).** (2018). *The economic consequences of outdoor air pollution*. Paris : OCDE Publishing.

- Évalue à 60 milliards d'euros par an le coût social de la pollution atmosphérique en Europe, incluant un volet spécifique sur le transport routier.

**Agence internationale de l'énergie (AIE).** (2022). *World Energy Outlook 2022*. Paris: AIE.

- Chiffres mondiaux sur la consommation de pétrole, les projections de la demande de carburants, et les tendances du marché des véhicules électriques, utiles pour la comparaison UE-États-Unis-Chine.

**Ministère fédéral allemand de l'Économie et de l'Énergie (BMWi).** (2020). *The National Hydrogen Strategy of Germany*. Berlin : BMWi.

- Plan détaillant l'investissement de 9 milliards d'euros pour développer 5 GW d'électrolyse d'ici 2030 et 400 stations hydrogène, illustrant les bonnes pratiques en matière de mobilité hydrogène.

**Gouvernement de la République française.** (2021a). *Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 relative à la lutte contre le dérèglement climatique et au renforcement de la résilience face à ses effets (Loi Climat & Résilience)*. *Journal officiel de la République française*, 145, 1–79.

- Interdiction de vente des véhicules thermiques neufs à partir de 2035, renforcement du malus CO<sub>2</sub> et incitations financières pour les véhicules électriques.

**Gouvernement de la République française.** (2021b). *France 2030: Plan for Industrial Innovation*. Paris : Gouvernement français.

- Alloue 2 milliards d'euros à la filière batteries et 1 milliard d'euros à l'hydrogène, points clés de la stratégie nationale pour décarboner la mobilité.

**Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (France).** (2022). *Plan REPowerEU : Stratégie française pour accélérer la transition énergétique*. Paris : Ministère de la Transition écologique.

- Détaille les mesures de soutien à la R&D sur les batteries et l'hydrogène, ainsi que les objectifs de capacité de production.

**Agence norvégienne des transports routiers (OFV).** (2023). *Norwegian Electric Vehicle Statistics 2023*. Oslo : OFV.

- Donne le nombre de points de charge (100 000) et la part des véhicules électriques (80 % des ventes neuves) pour 5 millions d'habitants, exemplaire en termes d'incitation fiscale et d'infrastructure.

**Netherlands Enterprise Agency (RVO).** (2023). *Charging Infrastructure Monitoring Report 2023*. La Haye : RVO.

- Présente l'état d'avancement du déploiement des bornes de recharge aux Pays-Bas, incluant les obligations pour les parkings neufs et les statistiques d'implantation (10 000 bornes rapides, couverture de 98 % du territoire).

**Swedish Energy Agency.** (2022). *Annual Report on Energy Taxes and Subsidies*. Eskilstuna : Swedish Energy Agency.

- Documente la taxe Diesel de 1,421 €/l en Suède en 2022 et la subvention VE de 5 000 €, expliquant en partie la part de marché de 30 % des VE en 2023.

**Ministry of Transport and Communications of Finland.** (2022). *Vehicle Taxation Act: Annual Report*. Helsinki : Ministry of Transport and Communications.

- Présente le mode de calcul de la taxe CO<sub>2</sub> à l'immatriculation, basé sur l'empreinte carbone, qui oriente la demande vers des véhicules à faibles émissions.

**European Court of Auditors.** (2023). *Special report 18/2023: Sustainable transport in the EU – are funding mechanisms fit for purpose?*. Luxembourg : Publications Office of the European Union.

- Analyse critique de l'efficacité des fonds européens (CEF, FEDER, BEI) pour financer la transition vers une mobilité soutenable.

**Bus & Coach of America (BCA).** (2022). *Electric Bus Deployment in Europe: Case Studies and Lessons Learned*. Bruxelles : BCA.

- Recense des projets pilotes de bus électriques et à hydrogène subventionnés par la BEI, dont l'objectif de 60 % de bus électriques en 2030.

**Eurostat.** (2023). *Energy, transport and environment indicators – 2023 edition*. Luxembourg : Publications Office of the European Union.

- Fournit les données statistiques sur les immatriculations par motorisation, la consommation énergétique routière et les émissions de GES, nécessaires pour calibrer l'analyse du parc européen.

**International Council on Clean Transportation (ICCT).** (2022). *Real-world emissions from Euro 6 vehicles: Impact of WLTP implementation*. Berlin : ICCT.

- Étude des écarts entre émissions déclarées et émissions réelles, justifiant l'adoption de tests RDE (Real Driving Emissions) et le durcissement des normes Euro 7.

**Transportation & Environment (T&E).** (2023). *Electric Vehicle Policies in Europe: Country Factsheets 2023*. Bruxelles : T&E.

- Présente une comparaison des politiques incitatives (fiscalité, subventions, infrastructures) dans différents États membres, utile pour l'analyse comparative UE-États-Unis-Chine.

**European Federation for Transport and Environment (T&E).** (2024). *Hydrogen in Transport: Scaling up in Europe*. Bruxelles : T&E.

- Synthèse des projets H<sub>2</sub> en cours, évaluation des coûts d'infrastructure (80 milliards €) et des risques liés à la perception du public.

**World Bank.** (2022). *Global EV Outlook 2022*. Washington, D.C. : World Bank.

- Données globales sur l'adoption des véhicules électriques, comparaisons entre régions et examen des dynamiques de coût des batteries à l'échelle internationale.

**United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).** (2023). *NDC Synthesis Report 2023*. Bonn : UNFCCC Secretariat.

- Contexte international sur les contributions déterminées au niveau national (NDC), incluant l'engagement de l'UE à – 55 % d'ici 2030 et à neutralité carbone en 2050.

**European Investment Bank (EIB).** (2023). *EIB Climate Survey 2023: Europeans' attitudes towards climate change and financing green projects*. Luxembourg : EIB.

- Mesure le soutien public aux financements verts, y compris pour les projets d'infrastructure de recharge et d'hydrogène.