



TRANSPORT



N°3 La transition des motorisations carbonées vers l'électrique surpassée par la demande croissante de transport

- Depuis l'Accord de Paris, les émissions mondiales de CO₂ du transport augmentent, sauf dans l'OCDE, en légère contraction. La demande de mobilité croît dans les pays du Sud, alors que les démarches de sobriété restent balbutiantes.
- Le succès des ventes de voitures électriques en Europe et en Chine n'a pas encore entamé l'hégémonie du pétrole, seulement grignotée par les biocarburants dans une poignée de pays (Norvège, Suède, Brésil...).
- Les constructeurs, dont les ventes baissent depuis cinq ans, ont résolument engagé leur transition, mais la « SUVisation » du marché amortit les gains d'efficacité permis par l'électrification.
- Les feuilles de route des transports aériens et maritimes internationaux promeuvent des carburants alternatifs encore marginaux et sans infléchir la croissance de la demande.
- Les lignes ferroviaires à grande vitesse s'étendent, notamment en Chine. L'Europe réhabilite progressivement le rail de nuit et de proximité et l'Inde a massivement électrifié ses lignes.

LES CHIFFRES CLÉS

La demande de mobilité et les émissions du transport toujours croissants

- **+6 %** d'émissions de CO₂ liées aux transports entre 2015 (6,39 GtCO₂) et 2022 (6,78 GtCO₂) (Enerdata, 2023).
- **Routier : +6,1 %** entre 2015 (5,75 GtCO₂) et 2022 (6,14 GtCO₂), mais une légère baisse observée dans l'OCDE (-1,5 %) et augmentent franchement ailleurs (+14,9 %) (*ibid.*).
- **Ferroviaire : +4,2 %** entre 2015 (91,37 MtCO₂) et 2022 (95,24 MtCO₂) (*ibid.*).
- **Aérien : -9,1 %** entre 2015 (882 MtCO₂) et 2022 (789 MtCO₂) (*ibid.*).
- **Maritime : +6,5 %** entre 2015 (663 MtCO₂) et 2022 (734 MtCO₂). + 150 % de CH₄ entre 2012 et 2018 (UNCTAD, 2022).

- **Routier : +7 %** de consommation d'énergie entre 2015 et 2022 (Enerdata).
- **Ferroviaire : 4 100 Md passagers-kilomètres** en 2019 : un record effacé depuis la pandémie (UIC, 2023).
- **Aérien : 94,2 %** du trafic aérien avait repris en juin 2023 depuis la pandémie. -8 % de fret aérien en 2022, qui retombe sous le niveau 2019 (IATA, 2023).
- **Maritime : +14 %** de transport de marchandises conteneurisées, +11,7 % de vrac (UNCTAD, 2022).

La dépendance au pétrole pas encore contestée

- **95 % du transport routier roule au pétrole** vs. 4,7 % de biocarburant et 0,3 % d'électricité (Enerdata).
- **42 % de SUV parmi les ventes de véhicules neufs**, dont 84 % de modèles thermiques (AIE, 2023).

• **98,2 %** des navires en opération et 73,8 % en commande utilisent des carburants conventionnels (DNV, 2023).

Des signaux de transition

- **23 pays et 17 juridictions** sous-nationales planifient la fin des véhicules thermiques (REN21, 2023).
- **14 % des ventes de véhicules neufs sont électriques** en 2022 : c'est 20x plus qu'en 2015. Mais les VE n'occupent toujours que 2,1 % du parc automobile mondial (AIE, 2023).
- **115gCO₂/km d'émission en moyenne chez les constructeurs automobiles en Europe**, contre 131 g/km en 2020 (12 %) – la plus forte baisse observée depuis le début du suivi en 2010 (ICCT, 2022).



POUR ALLER PLUS LOIN

TENDANCES

- « [Déchets. Le recyclage des batteries lithium-ion, nouvelle frontière de l'électrification de la mobilité](#) » (2021)
- « [Les métaux précieux carburant du marché automobile dans la course à l'électrification](#) » (2022)



CAS D'ÉTUDE

ZIMBABWE • « [Mobility for Africa. Favoriser l'accès à la mobilité durable et électrique en milieu rural pour l'autonomisation des femmes](#) » (2022)

BARCELONE • « [Sant Antoni, la rue verte qui inspire la ville](#) » (2021)

COLOMBIE • « [Une mobilité urbaine, un accès aux zones rurales et des liaisons interurbaines respectueuses de l'environnement](#) » (2021)

JAPON • « [À la pointe de la technologie et du report modal](#) » (2019)

NORVÈGE • « [L'électrification progressive des transports terrestres et maritimes](#) » (2019)

SUÈDE • « [La mutation du secteur automobile se précise](#) » (2018)





La transition énergétique des transports en retard sur l'accroissement de la demande de mobilité

ANTOINE GILLOD • Directeur de l'Observatoire mondial de l'action climat, Climate Chance

À l'origine d'un cinquième des émissions mondiales liées à l'énergie, les transports ont subi de plein fouet l'immobilisation des confinements lors de la pandémie de Covid-19. Depuis, le retour progressif à la normal des activités de transport de passagers et du fret de marchandises a relancé la demande, tout en accélérant certaines des dynamiques de transition. En Europe et en Chine, l'électrification des ventes automobiles est portée par un mix d'investissements publics dans les infrastructures, de subventions à l'achat et de régulations contraignantes pour les moteurs thermiques. Pour autant, les technologies bas carbone de mobilités locales et internationales restent globalement marginales dans le système énergétique mondial. La réduction de la demande ou le raccourcissement des chaînes de valeur sont encore peu considérées par les stratégies des acteurs.

Très affectées par la pandémie, les émissions mondiales du transport reprennent leur trajectoire ascendante

Les émissions mondiales de CO₂ liées à la combustion d'énergies fossiles dans le transport ont augmenté de 6 % entre 2015 (6,39 GtCO₂) et 2022 (6,78 GtCO₂).

Ce chiffre recouvre les émissions liées au transport routier (6 214 MtCO₂ en 2022, +6,2 % par rapport à 2015), au transport ferroviaire (95 MtCO₂, +4,2 %),

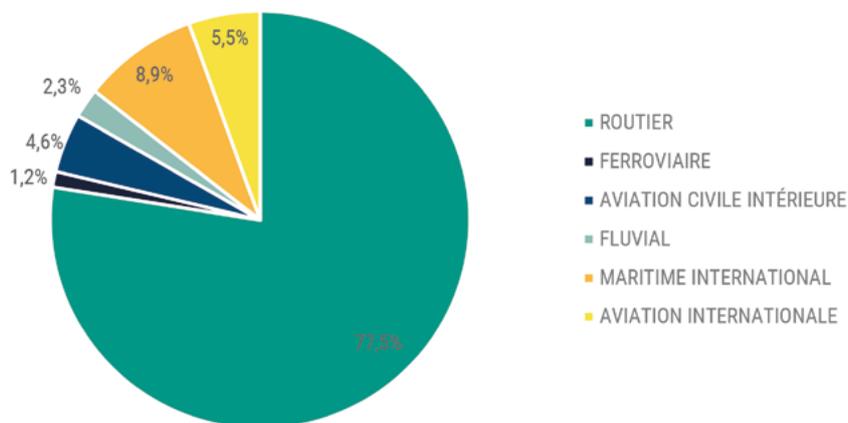
au transport aérien domestique (363 MtCO₂, +1,6 %) et au transport maritime intérieur (180 MtCO₂, +10,7 %) (FIGURE 1). La croissance des émissions de chacun de ces secteurs a marqué une rupture nette en 2020 lors de la pandémie. Seul le transport routier a déjà retrouvé et dépassé son niveau d'émission prépandémie^a. Environ 58 % des émissions du transport sont liées aux activités de transport de passagers, et 42 % au fret de marchandises¹.

^a Sauf indication contraire, les données utilisées sont tirées de la base de données « Global CO₂ and Energy » d'Enerdata.

FIGURE 1

RÉPARTITION DES ÉMISSIONS MONDIALES DE CO₂ LIÉES À LA COMBUSTION DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS, 2022

Source : Climate Chance, à partir des données d'Enerdata



Les transports aériens et maritimes internationaux font l'objet de mesures à part. Les émissions du transport maritime international ont rompu leur tendance à la hausse dès 2019 (-2,2 % en un an), prolongée en 2020 à la suite de la désorganisation majeure des échanges commerciaux (-8,5 %), avant de rebondir et dépasser en 2022 (734 MtCO₂) le pic de 2018 (708 MtCO₂). Les émissions de l'aviation internationale sont à la fois celles qui ont le plus rapidement augmenté entre 2015 (525 MtCO₂) et 2019 (619 MtCO₂, +18 %), et subi la plus forte contraction lors de la pandémie (-52,2 %). Si les émissions ont finalement repris leur croissance à mesure que le trafic aérien redécollait, elles demeuraient encore, en 2022, très en-dessous du niveau pré-pandémie (420,6 MtCO₂).

La dépendance du secteur des transports aux hydrocarbures ne faiblit pas vraiment. Le pétrole occupait toujours 93,1 % de la consommation finale d'énergie des transports en 2022, contre 94,3 % en 2015. En face, l'électrification des transports progresse faiblement : l'électricité ne représentait que 1,2 % de la consommation finale des transports en 2022, contre 0,91 % en 2015. Sur la période, la demande d'énergie du transport augmentait de 1,3 %, malgré une chute importante en 2020 lors des confinements (-13,78 %). La demande est particulièrement forte en Inde (+4,9 %), en Chine (+3,39 %), et de manière générale plus forte hors-OCDE (+2,44 %) que dans l'OCDE (+0,48 %). Pourtant, ici et là, des signaux montrent que de nouveaux modèles sont progressivement mis en place, avec le concours des acteurs non-étatiques.

Portée par les politiques publiques, l'électrification du parc automobile n'a pas encore entamé la domination du pétrole

Les émissions du transport routier entament une timide diminution dans l'OCDE

Les émissions mondiales du transport routier, qui représentent 77,5 % des émissions totales du transport, ont augmenté de 6,1 % entre 2015 (5,75 GtCO₂) et 2022 (6,14 GtCO₂). À cet égard, pays développés et en développement suivent une trajectoire croisée : dans les pays de l'OCDE, les émissions du transport routier ont légèrement baissé (-1,5 %), prolongeant une tendance erratique engagée depuis 2008, tandis qu'elles augmentaient franchement dans les pays non-OCDE (+ 14,9 %), dont près de la moitié dans les seuls BRICS.

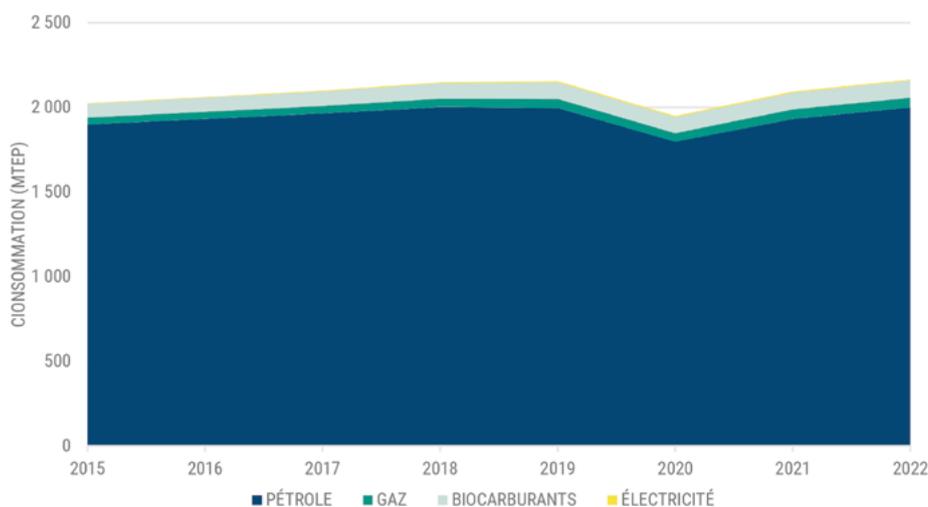
La percée des biocarburants restreinte à une poignée de pays

La consommation énergétique finale des transports routiers au niveau mondial, en croissance de 7 % depuis 2015, dépendait encore en 2022 à 95 % des carburants fossiles (essence, gazole, GPL et gaz). En comparaison, la part des biocarburants (éthanol et biodiesel) ne dépassait pas 4,7 % et, en dépit de la forte croissance des ventes de véhicules électriques, l'électrification des véhicules routiers reste marginale (0,3 %). La structure de cet équilibre n'a quasiment pas changé depuis l'Accord de Paris (FIGURE 2). Les gains d'efficacité enregistrés entre 2005 et 2016 (+1,8 %/an) ont ralenti le rythme entre 2016 et 2017 (-0,7 %) et sont loin des objectifs 2030 fixés par la Global Fuel Economy Initiative (-3,7%/an entre 2017 et 2030)².

FIGURE 2

CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE PAR LE TRANSPORT ROUTIER DANS LE MONDE, 2015-2022

Source : Climate Chance, à partir des données d'Enerdata



Lorsque quelques rares pays sont parvenus à réduire la place du pétrole, c'est au bénéfice des biocarburants.

La consommation finale de biocarburants dans le transport routier a augmenté d'un quart entre 2015 (80 Mtep) et 2022 (101,3 Mtep). Il s'agit pour 60 % de bioéthanol (+10,3 %) – fabriqués par fermentation des sucres des plantes sucrières ou amylacées –, et 40 % de biodiesel (ou biogazole, +63 %) – obtenus à partir d'huiles végétales ou de graisses animales. En Suède, la part du pétrole dans les transports est tombée de 83,3 % à 68,6 % via une politique qui a permis de doubler la part des biocarburants (26,6 % en 2022) sur la période³. Les transports brésiliens affichent également un taux de dépendance au pétrole parmi les plus faibles au monde (75,3 %), avec 22,3 % de biocarburants, principalement sous forme d'éthanol⁴. En Indonésie, de généreux programmes de subventions aux biocarburants incorporant de l'huile de palme ont porté la part de la biomasse dans la consommation finale d'énergie des transports de 1,16 % en 2015 à 14 % en 2022. En Norvège, la part du pétrole dans la consommation finale des transports a été réduite de 93,6 % en 2015 à 85,9 % en 2022, dans un effort combiné d'électrification et de développement des biocarburants⁵. D'autres pays européens comme ont substantiellement développé les biocarburants depuis 2015, comme l'Albanie (15,6 % en 2021) ou la Belgique (9,8 %).

En 2022, 56 pays et 30 juridictions sous-nationales avaient un mandat et des objectifs d'incorporation de biocarburants ; ils étaient 65 pays en 2021, avant que certains ne suspendent ces objectifs en raison de l'inflation sur les denrées alimentaires⁶. Car les biocarburants entraînent en effet des changements

d'affectation des sols qui entrent en concurrence avec les finalités alimentaires des productions agricoles⁷. En Europe, la surface agricole consacrée aux biocarburants pourrait permettre de nourrir 120 millions de personnes, et absorber deux fois plus de CO₂ si elle était remise dans un état naturel, selon Transport & Environment⁸.

De manière générale, la transition des motorisations vers les biocarburants ou l'électrique dans certains pays ne s'accompagne pas automatiquement d'une baisse des émissions du transport routier (FIGURE 3).

Ceci est un signe que la demande croissante de transport efface une partie des gains obtenus par les changements de motorisation.

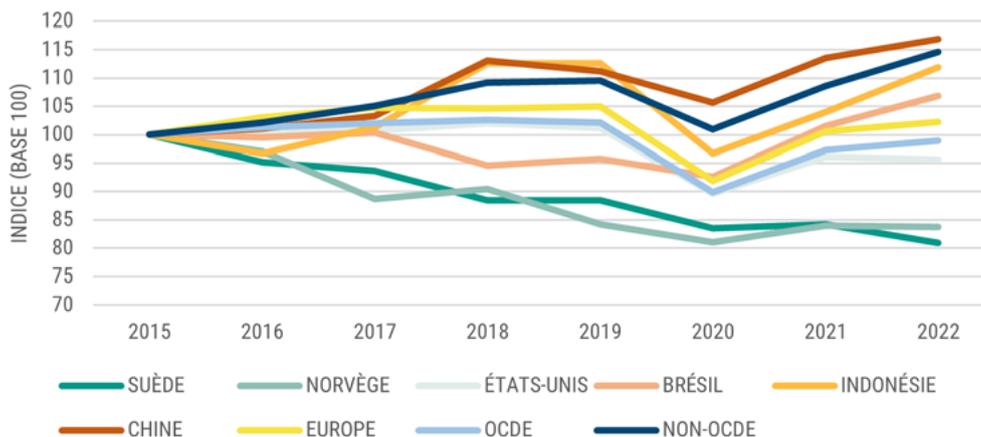
Le marché automobile entre électrification et « SUVisation »

Sans qu'il ne s'opère encore de véritable bascule lisible dans les chiffres d'émissions, la tendance de ces dernières années est clairement à l'électrification des ventes de véhicules neufs dans les principaux marchés. Partant presque de zéro lors de l'Accord de Paris, la consommation finale d'électricité dans les transports routiers reste très marginale à l'échelle mondiale (0,3 %). Cependant, la demande a fortement augmenté dans la plupart des économies industrialisées : +240 % dans l'OCDE, +729 % dans l'Union européenne, +172 % aux États-Unis, ou encore +56 % en Chine. En Norvège, la demande d'électricité dans les transports a été multipliée par seize entre 2015 et 2022, et affiche désormais une part de 5 % dans la consommation nationale des transports routiers.

FIGURE 3

INDICE D'ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ DU TRANSPORT ROUTIER DANS UNE SÉLECTION DE PAYS ET ESPACES ÉCONOMIQUES, 2015-2022

Source : Climate Chance, à partir des données d'Enerdata



En effet, le marché des véhicules légers électriques est en plein essor. **Dix millions de voitures électriques ont été vendues en 2022 : c'est un nouveau record. Les ventes sont en hausse de 55 % depuis 2021, et ont été multipliées par dix depuis 2017. Les voitures électriques occupent désormais 14 % des ventes de véhicules neufs, contre 4 % en 2020.** Les véhicules électriques à batterie (BEV) sont à l'origine de 70 % de la croissance, devant les véhicules hybrides rechargeables. La Chine, avec 60 % des ventes mondiales, est de loin le premier marché mondial, devant l'Europe et les États-Unis. Les véhicules électriques y occupent désormais 29 % des ventes, alors qu'elles culminent à 88 % en Norvège⁹.

Les ventes de bus et de camions électriques sont beaucoup plus modestes, et pour l'essentiel concentrées en Chine, qui contrôle aussi la plus grande part de la production. Selon les données de l'AIE, 66 000 bus électriques et 52 000 camions ont été vendus en 2022, dont respectivement 80 % et 85 % en Chine. Les ventes de bus et de camions électriques n'ont pas connu de franc décollage depuis 2015, mais le marché s'est diversifié géographiquement. En Inde, ce sont les deux-roues qui connaissent leur « révolution électrique » : les ventes y sont passées de 0,2 à 6 % du marché entre 2020 et 2023, alors que le gouvernement indien vise 80 % en 2030¹⁰.

La part des véhicules légers électriques devient d'autant plus significative que les ventes globales de véhicules neufs sont en déclin depuis plusieurs années. Après un rebond de rattrapage post-confinements en 2021, les ventes de véhicules neufs dans le monde ont effet repris la tendance à la baisse

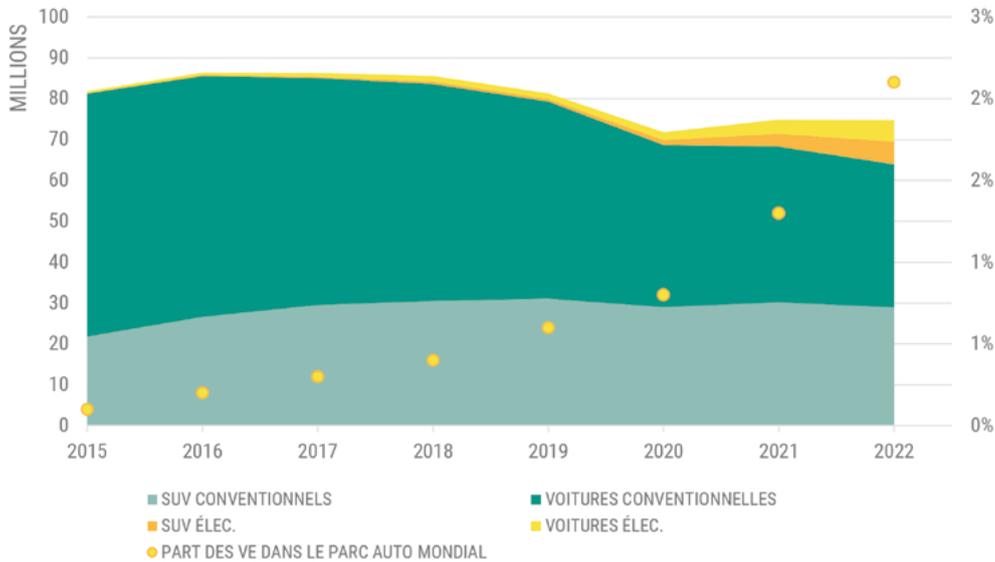
poursuivie depuis le pic observé en 2017 : 81 628 533 véhicules ont été vendus en 2022, soit -1,4 % en un an, et -15 % par rapport à 2017 (FIGURE 4)¹¹. Cette tendance s'explique en partie par les difficultés rencontrées par les constructeurs pour s'approvisionner en pièces détachées et électroniques durant la pénurie de semi-conducteurs et les confinements. Pour autant, cette tendance ne se reflète pas dans les résultats financiers des constructeurs, qui compensent la perte en volume par la croissance d'un segment de marché très profitable : les ventes de SUV (*Sport Utility Vehicles*).

Ces véhicules, plus lourds et plus gourmands en carburant que la moyenne, ont atteint 46 % des ventes de véhicules neufs en 2022, contre 27,4 % en 2015. Désormais, plus de trois véhicules sur dix en circulation dans le monde sont des SUV. Vendus plus chers, les SUV génèrent des marges financières plus intéressantes pour les constructeurs¹². Mais, en moyenne, un SUV consomme aussi 20 % de carburant de plus qu'un véhicule de taille standard ; les quelques 330 millions de SUV sur les routes seraient donc à l'origine d'1 GtCO₂/an selon l'Agence internationale de l'énergie, soit 2,6 % des émissions mondiales. Cette « SUVisation » du marché n'épargne pas non plus les véhicules électriques : désormais, plus d'un véhicule électrique sur deux vendu dans le monde est un SUV, dont certains modèles excèdent désormais 4 000 kg, très au-dessus de la masse moyenne des véhicules neufs en France (1 240 kg¹³), ou même aux États-Unis (1 857 kg¹⁴). Or, l'efficacité moyenne des véhicules, même électriques, tend à diminuer à mesure que la taille du véhicule augmente, affirme le GIEC¹⁵.

FIGURE 4

LA PERCÉE RÉCENTE DES VENTES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES NE CONTESTE PAS ENCORE L'HÉGÉMONIE DES VÉHICULES THERMIQUES

Source : Climate Chance, à partir des données de l'Agence internationale de l'énergie, 2023



La fin programmée des véhicules thermiques fait basculer les stratégies des constructeurs

La pénétration des véhicules électriques est d'abord encouragée par un élan législatif et politique vers la sortie progressive des véhicules thermiques. 39 pays, 60 gouvernements locaux et régionaux et treize constructeurs automobiles sont aujourd'hui signataires de la Déclaration de la COP26 sur l'accélération de la transition vers des voitures et des vans « 100 % zéro émission » à l'horizon 2040. Fin 2022, REN21 comptabilisait 23 pays et 17 juridictions sous-nationales ayant prononcé une interdiction totale des véhicules à combustion interne. L'Union européenne a interdit les ventes de véhicules thermiques en 2035, alors que le Royaume-Uni vise 2030. En Norvège, où les véhicules électriques occupent 90 % des nouvelles ventes, l'interdiction de conduire un véhicule thermique doit entrer en vigueur dès 2025. Aux États-Unis, certaines villes interdisent la construction de nouvelles stations essence¹⁶.

En ville, la recherche d'amélioration de la qualité de l'air contribue aussi au report modal vers les mobilités douces et l'exclusion des véhicules thermiques. Il existait notamment 320 zones à faibles émissions (ZFE) en Europe en 2022, contre 228 en 2019 (+40 %)¹⁷. Ces zones urbaines restreignent, voire interdisent, l'accès aux véhicules qui ne respectent pas certaines normes d'émissions en vue d'améliorer la qualité de l'air en ville, mais font aussi peser des

risques d'exclusion sociale sur les populations les plus dépendantes des véhicules thermiques.

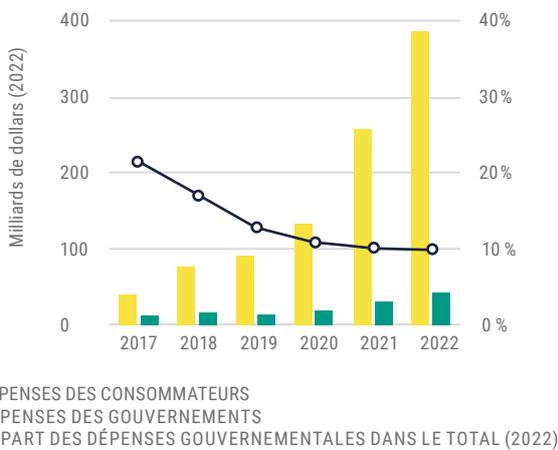
Pour encourager cette transition, 90 % du marché des ventes de véhicules légers électriques étaient couvertes par une politique nationale incitative, sous la forme de bonus, primes à l'achat ou exemptions de taxes. Entre 2017 et 2022, le ratio dépenses publiques/dépenses privées pour les véhicules électriques est passé de 20 à 10 % (FIGURE 5), preuve de l'effet levier des dépenses publiques, combinées à la baisse du coût des batteries, divisé par trois depuis 2015. Le recyclage des batteries lithium-ion, qui demeure un parent pauvre des stratégies de régionalisation des filières industrielles, prend un nouvel essor en Amérique du Nord ; le cas de la province pionnière du Québec (Canada), qui soutient fortement l'émergence d'une filière de recyclage de batteries, a été étudié par l'Observatoire en 2021¹⁸.

Ce contexte législatif et la concurrence croissante des constructeurs chinois – notamment BYD, premier constructeur mondial de VE devant Tesla – a contraint les constructeurs européens à accélérer leur transition. **En 2021, la moyenne d'émissions des constructeurs automobiles s'élevait à 115 g/km en Europe, contre 131 g/km en 2020 (-12%)** – ce qui constitue la plus forte baisse observée depuis le début du suivi en 2010. 84 des 88 constructeurs soumis à la réglementation européenne, pris individuellement

ou dans les regroupements autorisés pour s'aligner sur la législation, ont atteint ou dépassé leurs objectifs, avec des marges variables : 1 gCO₂/km pour Renault-Nissan-Mitsubishi (109 g/km, pour un objectif de 110) jusqu'à 96 gCO₂/km pour Tesla-Honda-Jaguar Land Rover, qui obtient un résultat de 33 gCO₂/km contre un objectif de 129¹⁹.

FIGURE 5
DÉPENSES GLOBALES DANS LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES, 2017-2022

Source : Agence internationale de l'énergie, 2023



Les constructeurs chinois ont été les premiers à renoncer aux véhicules thermiques : BYD ne vend plus que des véhicules électriques depuis mars 2022, tandis que Chongqing Changan fut le premier à annoncer, dès 2017, l'arrêt de la production de véhicules thermiques avant 2025. Jaguar-Land Rover, Mini et Rolls Royce, Lancia, Volkswagen et Mitsubishi ont tous annoncé leur conversion totale à l'électrique à diverses échéances. Parmi les plus gros constructeurs, BMW prévoit 50 % de ventes de VE en 2030, Renault 90 %. Toyota, plus gros constructeur mondial et pionnier de l'hybride, a tardé à prendre le virage des véhicules à batterie mais fixe des objectifs de ventes ambitieux à horizon 2025 pour concurrencer Tesla et BYD²⁰.

Le rythme d'installation d'infrastructures de recharge est crucial pour le développement du marché. Fin 2022, 2,7 millions de points de charge publics étaient installés dans le monde, dont 900 000 installés en 2022 et 500 000 en 2021, sur les bases du taux de croissance annuel moyen de 50 % observé depuis 2015, selon l'AIE. Dans les principaux marchés, les ventes de BEV croissent plus vite que les infrastructures de charge ; le ratio VE/point de charge public tend alors à augmenter. L'Union européenne, qui, en 2014, avait fixé dans la directive AFID (*Alternative*

Fuel Infrastructure Directive) le cap d'une station de charge pour dix véhicules électriques en 2020, n'a pas tenu sa cible (13/1 en 2022). La Corée du Sud (2 véhicules pour 1 station) et les Pays-Bas (4/1) affichent les ratios les plus bas ; il est de 8/1 en Chine, 24/1 aux États-Unis et 34/1 en Norvège. Mais dans ces deux derniers pays, les maisons individuelles avec garage sont très importantes ; le ratio est donc plus élevé que la moyenne et tend à augmenter, en raison d'une prédominance des points de charge à domicile.

La timide électrification des flottes d'entreprises

En 2022, EV100, l'initiative de Climate Group pour électrifier le parc automobile, comptait 127 entreprises membres, contre 16 à son lancement en 2017²¹. Les membres s'engagent à l'électrification de leur flotte d'entreprise et à l'installation de stations de recharge. L'initiative couvre désormais 102 marchés dans le monde et un total de 5,75 millions de véhicules électriques promis à l'horizon 2030, en flotte d'entreprise ou en leasing.

Le nombre de VE déployés en 2022 dans les flottes d'entreprises individuelles a crû de 49 % en un an ; 79 615 véhicules d'entreprises sont déployés (dont deux tiers de véhicules à batteries, le reste en hybride), pour un engagement total de 724 310 unités. EDF opère la plus importante flotte de VE (8 732 unités) parmi les membres d'EV100, et enregistre la plus forte croissance, devant Swiss Post et Siemens. S'y ajoutent l'engagement pris par dix entreprises de déployer 5 millions de VE en leasing pour leurs clients, dont 325 000 ont déjà été mis sur le marché (zéro en 2017). Le néerlandais LeasePlan a déjà déployé près de 150 000 véhicules, devant Llyods Banking Group et Lyft. Le Royaume-Uni est de loin le premier marché sur ce segment. D'autres entreprises se distinguent : Iberdrola et l'électricien japonais TEPCO ont équipé l'intégralité de leurs nombreux bureaux en points de recharge. TESCO, membre d'EV 100, a récemment atteint son objectif, fixé en 2019 en partenariat avec Volkswagen et Pod Point, d'équiper 600 magasins en stations de recharge électrique²².

Le secteur des véhicules de tourisme avec chauffeur (VTC), quant à lui, peine encore à passer à l'électrique. Les acteurs dominants du marché – Uber, Lyft, Didi Chuxing –, mais aussi des gouvernements locaux comme la Californie, ont formulé des engagements à faire passer 100 % des flottes en électrique avant 2030. Pourtant, l'électrification des flottes de VTC en Europe, aux États-Unis et au Canada est plus lente que le reste du marché, selon une étude du World Resource Institute (WRI)²³. Quelques villes font figures d'exception. À Amsterdam, où plus de 6,5 %



des véhicules Uber sont électriques, l'installation de bornes de recharge sur demande des usagers a pu faciliter le maillage du territoire en fonction des besoins exprimés par les conducteurs. À Londres, où Uber collabore étroitement avec la municipalité, la firme californienne affirme que près de 90 % des nouveaux chauffeurs conduisent un véhicule 100 % électrique. En Inde, Delhi est devenu le premier État du pays à proposer l'électrification obligatoire d'une partie des nouveaux taxis (surtout deux et trois-roues) enregistrés sur application²⁴.

En milieu urbain, le vélo a changé de braquet

Outre les changements de carburants et les gains d'efficacité énergétique, le report modal vers les modalités douces constitue le principal levier d'action pour réduire les émissions des transports. En particulier, les mobilités urbaines ont connu plusieurs mutations d'ampleur depuis 2015. Depuis la Covid-19, le nombre de pistes cyclables installées dans le monde a considérablement augmenté²⁵. 43 des 94 plus grandes villes de l'Union européenne ont annoncé mettre en œuvre des mesures pro-vélo dans le contexte de la pandémie, selon la European Cyclists' Federation (ECF). L'Europe compte désormais 458 934 km d'infrastructures cyclables, dans 37 pays.

Aux Pays-Bas, la longueur du réseau cyclable équivaut à 70 % du réseau routier, contre 31,4 % en Belgique, 9,2 % en Allemagne et 3,2 % en France²⁶. Mi-2022, 1 914 systèmes de vélos partagés étaient actifs dans le monde, au sein de 1 590 villes dans 92 pays, dont 47 % en Europe et 38 % en Asie. La Chine était de loin le pays avec le plus de systèmes de vélos partagés, devant les États-Unis, l'Italie, l'Allemagne, la Pologne et la France²⁷. Même au Caire (Égypte), ville de 22 millions d'habitants parmi les plus congestionnées au monde, un système de vélos partagés a été mis en place à l'été 2022 près des stations de métro²⁸.

Le marché croît très vite sur le continent : 14,7 millions de vélos ont été fabriqués au sein de l'UE en 2022, soit 10 % de plus qu'en 2021 et 29 % de plus que la moyenne entre 2012 et 2022²⁹. Avec 14,7 millions d'unités écoulées, les ventes de vélos mécaniques en 2022 ont baissé de 9,1 % depuis l'année record 2021, tandis que les vélos à assistance électrique affichaient la dynamique inverse (+8,6 %, 5,5 millions d'unités)³⁰. Derrière cette tendance, ECF recense près de 300 incitations fiscales ou aides à l'achat mises en place en Europe par les autorités nationales, régionales ou locales, un chiffre qui a augmenté significativement depuis 2019³¹. Le vélo a pris une part intégrante de la politique de mobilité d'urbaine à Bogota³², comme l'a analysé l'Observatoire en 2021, tandis qu'à Jakarta, les pistes cyclables sont pensées en interconnexion avec le Bus à haut niveau de service, permettant à

cinq fois plus de personnes d'accéder au centre-ville qu'en quinze minutes de marche³³.

Transport ferroviaire : en Asie et en Europe, l'électrification de la grande vitesse sur les bons rails

Des émissions en hausse depuis 2015, un signe en trompe l'œil pour le dynamisme ferroviaire

Les émissions mondiales du transport ferroviaire ont augmenté de 4,2 % entre 2015 (91,37 MtCO₂) et 2022 (95,24 MtCO₂), avec un pic en 2019 (103,25 MtCO₂) et une forte baisse des émissions occasionnée en 2020 par la pandémie (-16,7 %). Le train est l'un des moyens de transport de passagers les moins émetteurs de gaz à effet de serre (GES) : en moyenne, son intensité carbone en cycle de vie se situe autour de 22,35 gCO₂e par passager-kilomètre, soit dix fois moins que les grosses voitures et cinq fois moins que l'avion³⁴. Selon les situations, l'augmentation des émissions associées au ferroviaire peut donc traduire un report modal global positif, et un gain d'émissions net.

Malgré une baisse de fréquentation, les infrastructures ferroviaires se déploient à grande vitesse

Alors que la fréquentation des trains de passagers était en croissance et atteignait un niveau record en 2019 (plus de 4 100 milliards de passagers-kilomètres), le volume de transport de passagers a brutalement chuté de 34 % entre 2019 et 2020, en raison de la pandémie. Depuis, la fréquentation du ferroviaire a continué à baisser en 2021 et 2022, et affiche un niveau deux fois moins important qu'en 2019^{35,36}. La reprise du trafic fut inégale selon les régions et les pays, rapporte l'Union internationale des chemins de fer (UIC)³⁷. En Europe – comme en France, en Pologne ou en Turquie – le trafic est déjà supérieur à son niveau de 2019, tandis que la reprise fut plus lente en Allemagne ou en Italie, de même qu'en Asie ; en Chine, le transport de passagers a même diminué de 31 % entre 2021 et 2022 sous l'effet de la prolongation des restrictions anti-Covid. Le volume de fret ferroviaire, globalement moins impacté par la pandémie (-3,8 %), a rebondi et retrouvé son niveau d'avant crise, bien que la guerre en Ukraine ait diminué l'activité en Europe, notamment dans les pays baltes.



Pour autant, les infrastructures ferroviaires longue distance et urbaines se multiplient. 58 839 km de lignes à grande vitesse étaient en opération dans vingt pays en 2021, contre 38 828 km en 2015 (+ 51,5 %).

Plus des deux tiers (68 %) du réseau ferré à grande vitesse mondial est situé en Chine (40 474 km), loin devant l'Europe (11 990 km) et le Japon (3 081 km). Rapporté à la superficie du territoire, c'est la Corée du Sud qui affiche la plus grande densité de réseau grande vitesse, juste devant le Japon, l'Espagne et la Belgique. L'Amérique du Nord, où le train est très utilisé pour le fret mais peu pour le transport de passagers, ne compte que 735 km de réseau grande vitesse et seulement 274 km en construction. En Afrique, la première et seule ligne de chemin de fer à grande vitesse a été inaugurée au Maroc en 2018 ; longue de 186 km, elle relie Tanger à Kenitra. D'autres lignes sont en projet, notamment en Égypte³⁸. Ces dernières années, la croissance du réseau ferré mondial a été poussée par les investissements chinois de la *Belt and Road Initiative*, et les investissements européens à travers l'initiative *Global Gateway*³⁹.

En dehors des lignes à grande vitesse, le bilan des investissements dans le transport ferroviaire est plus nuancé. Entre 1995 et 2018, les pays européens ont consacré 1 500 Md€ aux infrastructures routières, contre 930 Md€ au rail, rapporte Greenpeace. Le réseau routier dans ces 30 pays (UE 27+ Norvège, Suisse et Royaume-Uni) a été rallongé de 60 % sur la période, alors que le réseau ferroviaire a reculé de 6,5 %. Ainsi, 13 700 km de lignes passagers et 2 500 gares ont fermé depuis 1995. Seuls la Belgique, l'Autriche et le Royaume-Uni font exception, en investissant davantage dans le ferroviaire que dans le routier⁴⁰.

Fin décembre 2021, l'UITP dénombrait 193 villes dotées d'un système de métro dans le monde, pour un total de 17 221 km et plus de 58 millions de passagers transportés en 2019 (avant la pandémie). Entre 2014 et 2019, le nombre de passagers s'est accru de 44 % en Asie-Pacifique, 21 % au Moyen-Orient/Afrique, 16 % en Amérique latine, 9 % en Europe et 2 % en Amérique du Nord. L'impact de la Covid-19 a été très important, réduisant la fréquentation des métros de 34 % à Tokyo, 42 % à Beijing, 62 % à New York et jusqu'à 90 % à Delhi en 2020⁴¹.

L'électrification du transport ferroviaire poursuit sa route

Entre 2015 et 2019, la consommation finale d'énergie (hors électricité) du transport ferroviaire dans le monde s'est accru de 14,6 % pour s'établir à 60,01 Mtep – un niveau record, après trente ans d'évolution erratiques. Après la chute de 2020, la consommation a repris en 2021, avant de baisser à nouveau en 2022 (55,07 Mtep) et s'établir à un niveau proche de celui de 1990 (55,92 Mtep). Le mix énergétique du secteur ferroviaire est composé à 36,8 % de pétrole, 34,7 % de gazole et 28,5 % d'électricité. Le recours au charbon a quasiment disparu (0,02 Mtep). Mais, alors qu'il représente approximativement 9 % du transport mondial de passagers et 7 % du fret mondial⁴², le train ne totalise que 2,2 % de la demande d'énergie du secteur des transports, et 1,3 % de ses émissions directes de CO₂.

85 % du transport ferroviaire de passagers est désormais motorisé par électricité, contre 55 % du fret, selon l'AIE. Mais ce panorama masque de grandes disparités régionales. Aux États-Unis, où le train est peu employé pour les passagers mais davantage pour le fret, moins de 1 % de réseau ferroviaire est électrifié⁴³. À l'inverse, l'électrification a beaucoup progressé en Asie. En Inde, qui vise l'électrification totale du réseau avant fin 2023, a déjà électrifié 90 % de son réseau ferroviaire, et à 100 % dans quatorze États⁴⁴. En Europe, c'est près de 60 % des lignes qui étaient électrifiées en 2021, avec des taux variant de 2,6 % en République d'Irlande jusqu'à 99,8 % en Suisse⁴⁵. Dans tous les cas, l'impact final de l'électrification dépend en grande partie de la structure du mix électrique du pays ; l'Inde produit par exemple encore 72 % de son électricité à partir de charbon (**CF. TENDANCE « ÉNERGIE »**), et le modèle économique très attractif de son transport de passagers repose sur les subventions du transport de charbon par fret ferroviaire⁴⁶.

L'électrification des lignes ferroviaires est soutenue par un mix d'investissements nationaux et/ou régionaux, et l'engagement des principaux opérateurs commerciaux et gestionnaires de réseaux. Ainsi, la Deutsche Bahn (Allemagne) a annoncé en 2021 son objectif de neutralité climatique pour 2040, en l'avançant de dix ans par rapport à son objectif précédent. La société s'est également fixée pour objectif d'approvisionner ses usines, bureaux et gares à 100 % en énergie renouvelable en 2025. En 2021, elle a signé des accords d'achat d'énergie renouvelable avec Statkraft et RWE⁴⁷. Pour sortir du diesel les « petites lignes » à faible trafic, la SNCF (France) mise sur une stratégie dite d'« électrification frugale », qui s'appuie sur le développement des



trains à batterie sur portions de voie qui seraient difficile à électrifier – comme a été fait avec le projet pilote de cette stratégie en déployant des trains à batteries sur le tronçon Aix-Marseille⁴⁸. East Japan Railway, la plus grande compagnie ferroviaire du Japon, investit dans l'énergie solaire depuis 2013, et a annoncé de nouveaux investissements début 2021 afin d'atteindre la « neutralité carbone » avant 2050⁴⁹.

En Allemagne, à l'été 2022, le land de Basse-Saxe a mis en service quatorze *Coradia iLint* de chez Alstom, les tous premiers trains à hydrogène au monde⁵⁰, en attendant la livraison de 27 autres à la région métropolitaine de Francfort-Rhin-Main. L'Italie a également annoncé débloquer 300 M€ de ses fonds de relance post-Covid pour déployer des trains à hydrogène, afin de remplacer des lignes diesel dans six régions⁵¹. Le Québec est en phase de test d'un *Cordia iLint* sur la ligne Québec-Charlevoix, une première en Amérique⁵². Indian Railway mise également sur l'hydrogène pour électrifier les petites lignes historiques⁵³. Toutefois, un an après leur mise en service, la compagnie ferroviaire de Basse-Saxe, LNVG, a décidé de privilégier les trains à batteries et branchés sur caténaires, moins chers, pour décarboner le reste de ses lignes diesel⁵⁴.

Outre les actions sur la motorisation, plusieurs gouvernements ont activé des leviers pour encourager la demande de transport vers le train. Le renouveau des trains de nuits en Europe participe de cette dynamique. La Commission européenne a annoncé en février 2023 un programme de soutien à dix lignes ferroviaires transfrontalières, dont trois nouvelles lignes de nuit qui doivent être ouvertes⁵⁵. Dès 2024, l'opérateur privé français Midnight Train souhaite relier Paris à une dizaine de villes européennes en ouvrant de nouvelles lignes de nuits haut de gamme ; European Sleeper se déploie déjà à partir de Bruxelles, et relie même Londres à Berlin⁵⁶. L'autrichien ÖBB, qui opère la plus grande flotte de trains de nuits en Europe et dessert 25 villes dans quatorze pays, a passé commande de 33 nouveaux trains à Siemens pour 720 M€⁵⁷. Les trains de nuit, qui polluent 28 fois moins qu'un trajet en avion, auraient un potentiel de réduction des émissions de 3 % en Europe⁵⁸.

Certains pays ont mis en place des abonnements à tarifs uniques pour circuler sur l'ensemble des réseaux de transport ferrés. Baptisé « KlimaTicket », l'Autriche a introduit en octobre 2021 un abonnement à 3€ par jour (1 095€/an pour un adulte) permettant de circuler à volonté sur les réseaux de transport

du pays, après deux ans de négociations entre le gouvernement et les autorités régionales. 170 000 abonnements ont été vendus, et 85 % des usagers affirment avoir remplacé la voiture par l'usage des transports publics⁵⁹. L'Allemagne a pris une initiative similaire, où les D-Tickets permettent de voyager sur l'ensemble du réseau de transport urbain et régional au prix de 49€. L'initiative a connu un succès immédiat, avec 250 000 abonnements achetés en trois jours après son lancement. Cette initiative fait suite au test du billet unique 9€ expérimenté durant l'été 2022, qui avait permis d'éviter 1,8 MtCO₂ selon les estimations⁶⁰.

Transport aérien : la décarbonation clouée au tarmac

Fortement réduites par la pandémie, les émissions redécollent

Les émissions de l'ensemble du secteur aérien civil international et domestique en 2022 (789,2 MtCO₂) étaient inférieures de 10,5 % à l'année 2015 (882,5 MtCO₂). Le secteur représente toujours plus de 10 % des émissions mondiales liées au transport. Les émissions de l'aviation internationale sont celles qui ont le plus rapidement augmenté entre 2015 (525,9 MtCO₂) et 2019 (619,1 MtCO₂, -17,7 %), et subi la plus forte contraction lors de la pandémie en 2020 (-52,2 %). Les émissions ont rebondi à mesure que le trafic aérien redécollait, et s'élevaient en 2022 à 68 % de leur niveau pré-pandémie (420,6 MtCO₂), selon les données d'Enerdata. Les émissions de l'aviation civile domestique (362,88 MtCO₂), relativement moins touchées par les confinements (-31 %), ont également retrouvé un niveau très proche de 2019 (85,5 %), et sont déjà supérieures aux volumes émis l'année de l'Accord de Paris.

Le transport aérien retrouve des niveaux d'activité proches de 2019

Le trafic aérien de passagers avait recouvré près de 80 % de son niveau pré-pandémie en décembre 2022, et jusqu'à 94,2 % en juin 2023⁶¹. De 2000 à 2020, les vols commerciaux ont connu une croissance de 5 % par an en moyenne, accroissant les émissions de CO₂ de 2 % par an. Mais la pandémie de Covid-19 a abruptement coupé la dynamique, et cloué au tarmac les avions du monde entiers durant plusieurs mois⁶². La réouverture de la Chine aux vols internationaux a accéléré la reprise du trafic mondial. Les vols internationaux en partance ou à destination de l'Europe comptent à eux seuls pour plus d'un quart du trafic mondial. Le transport aérien domestique,



qui représente 42 % de l'activité aérienne – dont près de la moitié aux États-Unis – dépasse déjà de 5,9 % le volume d'activité enregistré en 2019.

Le fret aérien, qui avait dépassé son pic de 2018 après un rebond exceptionnel en 2021 (+18,7 %), a finalement terminé l'année 2022 en baisse (-8 %), en-dessous du niveau prépandémique⁶³. Les transporteurs européens (22 % du marché) subissent les conséquences de la guerre en Ukraine, tandis que la région Asie-Pacifique (32,4 % du marché) souffre des séquelles industrielles de la Covid-19 et de nouvelles vagues déclarées en Chine. L'inflation et le cours élevé du dollars ont ralenti les échanges internationaux.

En attendant CORSIA, les motorisations alternatives peinent à se faire une place

Seuls les vols domestiques sont couverts par le champ d'application de l'Accord de Paris. Cependant, en 2021, seules 6 % des contributions déterminées au niveau national (CDN) qui mentionnent les transports faisaient référence l'atténuation des émissions de l'aviation⁶⁴. Afin « *d'atteindre une croissance neutre en carbone à partir de 2020 et de réduire de 50 % ses émissions de carbone par rapport aux niveaux de 2005* »^b le secteur de l'aviation civile internationale s'est organisé depuis 2016 autour de CORSIA, un programme de compensation des émissions mis en place par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). À l'automne 2022, l'assemblée générale trisannuelle de l'OACI, s'est ensuite accordée sur un objectif de neutralité carbone du secteur pour 2050⁶⁵.

Mais CORSIA n'a pas encore vraiment décollé. À l'origine, le programme prévoyait la compensation intégrale des émissions générées au-delà de la moyenne des émissions relevées en 2019-2020. Seuls les vols entre les pays volontaires pour participer à la phase pilote (2021-23) étaient concernés : ils étaient 107 fin 2022, parmi les 193 membres de l'OACI, et représentaient 76 % de l'activité internationale. Mais la pandémie de Covid-19 a mis un coup d'arrêt au programme avant même qu'il ne débute. En juin 2020, le Conseil de l'OACI a décidé de reculer le seuil de référence du programme aux émissions de la seule année 2019 au lieu de la moyenne des émissions du secteur en 2019-2020⁶⁶. Cette décision a retardé de trois ans l'entrée réelle dans le programme : comme les émissions sont toujours inférieures au niveau 2019, les compagnies volontaires n'ont théoriquement encore aucune émission supplémentaire à compenser depuis le début la phase pilote. Le programme ne deviendra pas obligatoire avant 2027.

En Europe, plusieurs pays se sont récemment saisis de leviers réglementaires et fiscaux pour inciter à la réduction de l'aviation domestique. L'Autriche a interdit les vols aériens domestiques quand il existe une alternative en train de moins de 3 h et a instauré une taxe de 30 € par passager en 2020 sur les vols de moins de 350 km, excluant les vols de correspondance⁶⁷. La France a interdit les vols intérieurs lorsqu'une alternative en moins de 2h30 est disponible, mais le décret d'application contient tant de dérogations que seules trois lignes sont concernées⁶⁸. L'Espagne et l'Allemagne envisagent des mesures similaires⁶⁹.

En débat depuis 2019, l'UE ne parvient pas à trouver un accord pour mettre fin aux dérogations de taxes sur les carburants⁷⁰. Selon Transport & Environment, les différentes exemptions fiscales auraient coûté plus de 34 Md€ à l'Europe en 2022, et 35 MtCO₂ d'économie sur les émissions⁷¹. À défaut d'une fiscalité unifiée sur les carburants, plusieurs pays européens ont, comme l'Autriche, mis en place une taxation des billets d'avion (France, Belgique, Allemagne, Italie, Norvège, Suède et Royaume-Uni).

Les politiques visant à favoriser l'incorporation de biocarburants en substitution du kérosène sont des mesures de niche : à la fin de l'année 2021, trois pays (Finlande, Indonésie et Suède) présentaient des objectifs d'utilisation de biocarburants dans le secteur de l'aviation⁷². Alignée sur la feuille de route européenne proposée dans la réglementation « Fit for 55 », la France exige par exemple depuis le 1er janvier 2022 que les avions qui se ravitaillent en carburant sur le territoire utilisent au moins 1 % de SAF (puis 2 % en 2025, 5 % en 2030 et 50 % en 2050). L'UE s'est accordée en juin 2023 autour d'un objectif de 2 % de SAF en 2025 et jusqu'à 70 % en 2050, dans le règlement ReFuelEU⁷³. Depuis 2011 et le premier vol opéré par KLM, 516 453 vols commerciaux ont volé avec des SAF (342 256 vols en juin 2021) mais aucun avion ne carbure 100 % grâce à eux. Seuls six aéroports sont actuellement régulièrement approvisionnés en biocarburants⁷⁴. Parfois évoquée, l'électrification de l'aviation civile internationale reste un horizon lointain ; la compagnie allemande Lufthansa estime que convertir entièrement sa flotte aux SAF et au e-kérosène consommerait la moitié de la production allemande d'électricité⁷⁵.

b Tel que déclaré par l'OACI dans la résolution adoptée lors de sa 39^e session en octobre 2016 donnant naissance au programme CORSIA.



Transport maritime : la reprise du commerce international surpasse les efforts de décarbonation

Fortement corrélées au commerce international, les émissions du transport maritime en hausse

En 2022, les émissions du transport maritime international (734 MtCO₂) étaient supérieures de 10,8 % à 2015 (663 MtCO₂), selon les chiffres d'Enerdata. Les émissions avaient légèrement infléchi dès 2019 (-2,2 %) par rapport à 2018, en raison du ralentissement du commercial international, avant de plonger en 2020 (-8,5 %). La reprise progressive de l'activité maritime internationale a relancé les émissions jusqu'à un niveau record en 2022. Selon les données fournies par Enerdata, les émissions du transport intérieur (fluvial, cabotage, ferries...) ont augmenté de 12,3 % entre 2015 (162,5 MtCO₂) et 2022 (182,6 MtCO₂). Un pic a été atteint en 2019 (184,03 MtCO₂) avant une réduction provoquée par la pandémie en 2020 (-10,9 %).

Selon la quatrième étude de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) sur les gaz à effet de serre (GES), 98 % des émissions de GES du secteur étaient du dioxyde de carbone (CO₂). Mais l'OMI observe sur la période 2012-2018 une augmentation particulièrement forte (150 %) des émissions de méthane (CH₄), au pouvoir de réchauffement global (PRG) 86 fois supérieur au CO₂ sur 20 ans⁷⁶.

Le commerce maritime international en croissance ralentie

Fortement corrélé à la santé de l'économie mondiale, le commerce maritime international a ralenti son rythme de croissance depuis quelques années. Après s'être contracté de 3,8 % en 2020 sous l'effet de la pandémie, les échanges internationaux par voie maritime ont rebondi de 3,2 % en 2021. Déjà, en 2019, la croissance des volumes transportés ralentissait, pour la deuxième année consécutive, de 2,7 % en 2018 à 0,5 % en 2019. Des chiffres bien en-deçà de la moyenne enregistrée entre 1970 et 2017 (+3 % par an)⁷⁷. Le trafic mondial de porte-conteneurs, indicateur clé de la dynamique du commerce international, a suivi la même pente, avec un taux de croissance passé de 6,7 % en 2017 à 2 % en 2019 selon les rapports annuels de la Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED).

Le transport de marchandises conteneurisées, qui représente 43 % du commerce maritime international, demeure malgré tout le principal moteur de croissance du commerce international depuis 2015 (+14 % en volume), et a déjà dépassé le niveau

d'avant-pandémie. Le commerce de vrac (minerais de fer, grains, charbon, bauxite, phosphate ; 30 % du commerce maritime international) a augmenté de 11,7 % entre 2015 et 2021, et retrouvé son niveau de 2019. Enfin, après avoir crû entre 2015 et 2018 (+9,2 %), le transport par navires-citernes d'hydrocarbures et de produits chimiques (27 % des échanges) a légèrement ralenti dès 2019, avant de s'effondrer en 2020 (-7,7 %), sans retrouver encore son niveau prépandémie. Parmi les hydrocarbures, le gaz naturel liquéfié (LNG) poursuit une dynamique très positive (+5,6 % entre 2020 et 2021), tandis que le trafic de produits pétroliers a encore décliné (-0,9 %) et demeurait en dessous du niveau prépandémie (-8,6 %). Le tonnage de la flotte internationale continue à croître de façon croissante entre 2021 et 2022 (+3 %), mais il s'agit de son second plus faible taux de croissance depuis 2005.

La décarbonation, un horizon technologique et politique lointain

En avril 2018, plus de cent États réunis au siège de l'OMI à Londres ont adopté une stratégie sectorielle de réduction des émissions à horizon 2050. Cette stratégie a été révisée en juillet 2023, fixant désormais le cap de la neutralité carbone en 2050 aux entreprises du secteur, avec des objectifs intermédiaires de réduction des émissions de 20-30 % en 2030 et 70-80 % en 2040. L'accord établit également un taux d'incorporation minimal d'énergies, carburants et technologies bas carbone de 5 à 10 % dans le mix énergétique du secteur à horizon 2030⁷⁸. Par ailleurs, depuis janvier 2020, le secteur maritime est contraint par le règlement OMI 2020 de limiter la teneur en soufre des *heavy fuel oil* (HFO) utilisés dans les navires de 3,5 % m/m (masse par masse) à 0,5 % m/m pour tous les navires en dehors des zones de contrôle des émissions (ECA, *Emission Control Area*).

Pour répondre à cette double injonction de dépollution et de décarbonation, le secteur dispose de plusieurs leviers, dont les contradictions ont été soulignées par l'Observatoire ces dernières années⁷⁹. L'intensité carbone de la flotte internationale de porte-conteneurs a diminué de 21 % entre 2012 et 2022, et celle des transporteurs de vracs et de marchandises générales de 18 %, selon les données de la CNUCED. Pour autant, les émissions brutes ont augmenté sur la période (**VOIR PLUS HAUT**), signe que la croissance générale de la flotte et du commerce international compense les gains d'efficacité.

En matière de décarbonation, une partie des efforts se concentre sur le développement de motorisations alternatives aux carburants fortement carbonés employés par les navires. Fin 2022, 21 initiatives de corridors maritimes verts (*green shipping corridors*)

étaient recensées dans le monde, dont douze de courte distance et sept en haute-mer. 19 d'entre eux sont pilotés par des acteurs non-étatiques : ports (9), industries (4), partenariats publics privés (9), et le reste par des États (3)⁸⁰. Ces corridors maritimes verts visent le développement de routes commerciales maritimes bas carbone entre des ports majeurs, en promouvant le déploiement de vaisseaux faiblement émetteurs, l'installation d'infrastructures de recharge et un environnement législatif incitatif. Pour l'heure, les objectifs fixés par ces projets s'étendent de 2027 à 2030. Par exemple, en janvier 2022, les ports de Los Angeles et de Shanghai, rejoints en juin par le port de Long Beach, en partenariat avec le réseau mondial de villes C40 Cities, A.P. Moller – Maersk, CMA CGM et d'autres acteurs industriels et de la recherche, ont annoncé le lancement d'un projet visant à créer le

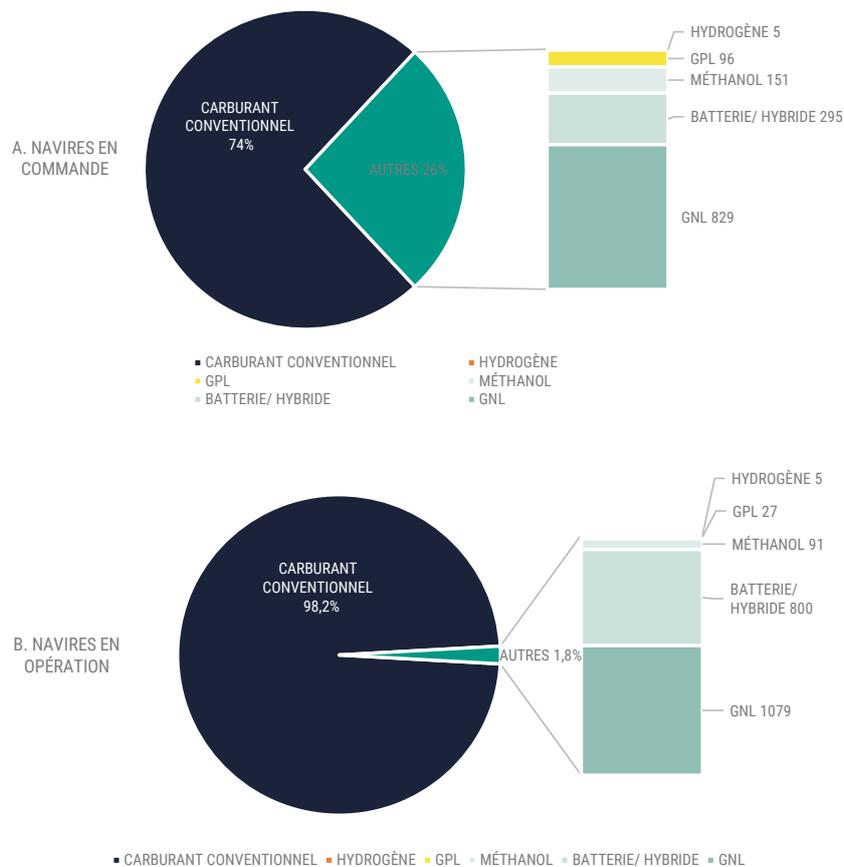
premier corridor maritime vert transpacifique entre la Chine et les États-Unis⁸¹.

À l'heure actuelle, selon les chiffres de la société d'assurance et de gestion des risques DNV, 98,2 % des navires en opération dans le monde (93,5 % en tonnage) et 73,8 % des navires en commande (48,7 % en tonnage) utilisent des carburants conventionnels (FIGURE 6). Parmi les motorisations alternatives (6,5 % en tonnage), c'est le gaz naturel liquéfié (GNL) qui domine largement les carnets de commandes de navires longue distance (78 % du tonnage en commande et 91 % du tonnage en opération), tandis que les autres options (batteries/hybrides, méthanol, gaz de pétrole liquéfié) sont plus orientées vers les navires courte distance⁸².

FIGURE 6

LE GAZ NATUREL LIQUÉFIÉ DOMINE LES MOTORISATIONS ALTERNATIVES DES NAVIRES EN OPÉRATION ET EN COMMANDE

Source : DNV, 2023



Pourtant, si le GNL émet effectivement 25 % de CO₂, en moins que les carburants marins traditionnels, et ne contient presque pas de soufre, ce type de motorisation est à l'origine de l'augmentation des émissions de CH₄ observée par l'OMI ces dernières années⁸³. Les fuites de méthanes observées sur les navires carburant au GNL⁸⁴ pourraient représenter entre 0,2 % et 3 % du processus de combustion⁸⁵. À 100 ans, et sous condition d'adoption d'une technologie plus efficace, les gains d'émissions permis par le GNL pourraient atteindre 15 % comparé au MGO ; à 20 ans, plus proche de l'urgence d'action climatique, l'usage du GNL engendrerait 4 % d'émissions en plus⁸⁶.

Le recours à l'ammoniac comme carburant marin alternatif décarboné se heurte aux limites de la production d'hydrogène, dont il est un dérivé. La densité énergétique de l'ammoniac étant plus faible que celle du pétrole, la conversion de l'ensemble de la flotte maritime internationale nécessiterait de tripler la production d'ammoniac jusqu'à 440 millions de tonnes, ce qui ne demanderait pas moins de 750 GW d'électricité renouvelable⁸⁷. Or, aujourd'hui seul 0,3 % de l'hydrogène produit dans le monde provient d'électricité renouvelable (**CF. TENDANCE « INDUSTRIE »**). En février 2022, l'armateur grec Avin International a inauguré le *Kriti Future*, un tanker de classe « Suezmax » présenté comme le premier navire au monde prêt à carburger à l'ammoniac ; pour l'heure, le navire est toujours alimenté en carburants conventionnels, mais dispose des technologies nécessaires à sa conversion⁸⁸.

Sollicité dans les stratégies des grandes compagnies maritimes pour diversifier leurs sources d'énergie, le méthanol reste très carboné : des 98 millions de tonnes de méthanol produits par an, la quasi-totalité provient d'énergies fossiles (gaz et charbon). Seules 0,2 million de tonnes de méthanol « renouvelable » sont produites chaque année, principalement en utilisant de la biomasse⁸⁹. Là aussi, la production de « e-méthanol » reste conditionnée au marché de l'hydrogène. A.P. Moller – Maersk, engagé à ne plus commander que des navires bas carbone, attend la livraison de six navires carburant au méthanol en 2025⁹⁰, et a signé une série de partenariats stratégiques avec des entreprises industrielles (dont Orsted, Proman, European Energy...) afin de développer la production de bio- et e-methanol⁹¹.

Actuellement, 800 navires circulent avec une batterie électrique ou un système hybride, mais ne représentent que 0,26 % du tonnage mondial, selon DNV. Pour l'essentiel, il s'agit en effet de navires de courte distance. Par exemple, le parlement norvé-

gien a voté en 2019 la décarbonation de ses fjords, et dès 2015 a obligé les ferries et navires de croisières à se doter d'une technologie à zéro ou faible émissions⁹². L'entreprise suédoise Stena Line, qui opère déjà des ferries hybrides (diesel-électrique), a annoncé en septembre 2021 le lancement d'un ferry 100 % électrique... mais pas avant 2030⁹³. Le *Yara Birkeland*, annoncé depuis 2017 comme le premier porte-conteneurs autonome propulsé par batterie électrique, a été baptisé cette année en Norvège et entre dans une phase de test de deux ans pour être certifié⁹⁴.

La réduction de la demande de transport et le raccourcissement des chaînes de valeurs reste encore un impensé. La demande de transport de marchandises en tonne.kilomètres devrait tripler d'ici à 2050 si aucune action n'est prise⁹⁵. Cette demande est à la fois le fruit d'une intensification des échanges internationaux (tonnes) mais également d'une organisation des chaînes logistiques qui impliquent de très longues distances géographiques (km). Cette réorganisation engage la transition du système de production-consommation vers plus de circularité, de proximité et de résilience pour simplifier et raccourcir les chaînes de valeur⁹⁶. Une étude récente de la CNUCED a par exemple caractérisé quatre principales tendances d'évolutions des chaînes logistiques (reshoring, diversification, régionalisation, réplique) ; trois d'entre elles tendent vers des chaînes plus courtes et parfois moins fragmentées⁹⁷.

BIBLIOGRAPHIE

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 SLOCAT (2023). [Climate and Sustainability Global Status Report](#). 3rd Edition. SLOCAT
- 2 GFEI (2020). [Vehicle Efficiency and Electrification: A Global Status Report](#). Global Fuel Economy Initiative
- 3 Observatoire mondial de l'action climat (2018). [Suède : la mutation du secteur automobile se précise](#). *Climate Chance*
- 4 Favé, G. (2018). [Brésil : Stabilisation des émissions du transport routier au pays de l'éthanol](#). *Climate Chance*
- 5 Simonet, G. (2019). [Norvège : l'électrification progressive des transports terrestres et maritimes](#). *Climate Chance*
- 6 REN21 (2023). [Renewables Global Status Report 2023](#). REN21
- 7 Daioglu, V., Woltjer, G., Strengers, B. et al. (2020). [Progress and barriers in understanding and preventing indirect land-use change](#). *Biorefining*, vol. 14 (5)
- 8 T&E (09/03/2023). [Land used for European biofuels could feed 120 million people daily](#). *Transport & Environment*
- 9 AIE (2023). [Global EV Outlook 2023](#). Agence internationale de l'énergie
- 10 Singh, J. (06/07/2023). [India's electric two-wheeler sales hit a speed bump](#). *TechCrunch*
- 11 Calculs réalisés à partir des données publiées par l'Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles : <https://www.oica.net/sales-of-new-vehicles/>
- 12 Normand, J.-M. (14/09/2023). [SUVs now dominate European car market](#). *Le Monde*
- 13 Ademe (2021). [Évolution de la masse moyenne – Véhicules particuliers neuf vendus en France](#).
- 14 Walton, E. (29/04/2021). [How much does a car weigh?](#) *Autolist*
- 15 Jaramillo, P., Kahn Ribeiro, S., Newman, P., et al. (2022). [Chapter 10. Transport](#), in IPCC (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- 16 Williams, A. (24/07/2022). [US states divided over petrol stations as LA considers ban on new pumps](#). *Financial Times*
- 17 Azdad, Z., Stoll, B., Müller, J. (2022). [The development trends of low- and zero-emission zones in Europe](#). *Clean Cities*
- 18 Benabidès, P., Dubois, S.-E., Gillod, A. (2021). [Le recyclage des batteries lithium-ion, nouvelle frontière de l'électrification de la mobilité](#). *Climate Chance*
- 19 Tietge, U., Dornoff, J., Mock, P., Diaz, S. (2022). [CO2 emissions from new passenger cars in Europe : Car manufacturers' performance in 2021](#). *The International Council on Clean Transportation*
- 20 Kothari, S. (23/09/2023). [Toyota Triples Electric Vehicle Production Target, 600K Units In 2025](#). *Inside EVs*
- 21 EV100 (2023). [EV100 Progress and Insights Report 2023](#). *theclimategroup.org*
- 22 TESCO (17/03/2023). [Tesco celebrates reaching target of 600 stores with electric charging points - saving more than 24,000 tonnes of carbon emissions](#). *tescopl.com*
- 23 Lazer, L., Wachche, S., Sclar, R., Cassius, S. (2021). [Electrifying Ride-Hailing in the United States, Europe, and Canada: How to Enable Ride-Hailing Drivers to Switch to Electric Vehicles](#). *World Resources Institute*
- 24 Sidhartha, R. (14/03/2022). [Delhi: How ride-hailing startups with electric vehicle-only](#). *The Times of India*
- 25 Laval, S. (2022). [Au-delà de la motorisation, les villes réorganisent l'espace urbain pour une mobilité bas carbone](#). *Climate Chance*
- 26 ECF (2023). [QECIO 2.0: Ratio of cycle tracks to main roads \(plus information on surfaces\)](#). *European Cyclist Federation*
- 27 O'Brien, O., DeMaio, P., Rabello, R. (2022). [The Meddin Bike-sharing World Map Report. 2022 edition](#). *PBSC Urban Solutions*
- 28 ITDP (20/10/2022). [With the Launch of Cairo's Bikeshare, Cycling Gains Momentum In Africa](#). *ITDP*
- 29 Eurostat (14/09/2023). [EU produced 14.7 million bicycles in 2022](#). *ec.europa.eu*
- 30 The brussels Times with Belga (21/06/2023). [E-bike sales drive European market growth](#). *The Brussels Times*
- 31 [European Cyclist's Federation](#), consulté le 27/09/2023
- 32 Observatoire mondial de l'action climat (2021). [Bogotá. Mobilité douce et électrique : la mue du système de transport](#). *Climate Chance*
- 33 ITDP (19/01/2022). [2022: The Year of the Bicycle](#). *ITDP*
- 34 AIE (2023). [Rail](#). Agence internationale de l'énergie
- 35 UIC (2022). [Passenger.kilometers, Tonne.kilometres and Line kilometers timeseries over the period 2004-2021](#). *International Union of Railways*
- 36 UIC (2023). [Railway Statistics Synopsis](#). 2023 edition. *International Union of Railways*
- 37 UIC (2023). [Traffic trends among UIC member companies in 2022. Provisional results](#). *International Union of Railways*
- 38 UIC (2022). [Atlas. High Speed Rail 2022](#). *International Union of Railways*
- 39 Laval, S. (2021). [Plébiscité par les industriels, la société civile et les pouvoirs publics, le rail poursuit son expansion](#). *Climate Chance*
- 40 Goulding Carroll, S. (19/09/2023). [Motorway investments outweighed rail by 66 % in twenty years: study](#). *Euractiv*
- 41 UIPT (2022). [World Metro Figures 2021](#). *International Union of Public Transports*
- 42 AIE (2019). [The Future of Rail](#). Agence internationale de l'énergie
- 43 Nunno, R. (30/05/2018). [Electrification of U.S. Railways : Pie in the Sky, or Realistic Goal?](#). *Environmental and Energy Study Institute*
- 44 Central Organization for Railway Electrification (2022). [Home](#). *Indian Railways*
- 45 European Alternative Fuel Observatory (2023). [Electrification of rail infrastructure](#). *alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu*
- 46 Fave, G., Parelle, A., Gillod, A. (2020). « Transport ferroviaire : le climat n'aiguille pas encore l'expansion et la modernisation du réseau », in Observatoire mondial de l'action climat (2020). [Bilan mondial de l'action climat 2020](#). *Climate Chance*
- 47 Meza, E. (17/06/2021). [German railway accelerates transformation towards climate neutrality](#). *Clean Energy Wire*
- 48 SNCF (02/06/2022). [L'électrification frugale pour décarboner les petites lignes](#). *SNCF*
- 49 JR East Group (2022). [JR East Group Energy Vision 2027](#). *Japan East Railway*
- 50 Alstom (24/08/2022). [World premiere: 14 Coradia iLint to start passenger service on first 100% hydrogen operated route](#). *Alstom*
- 51 Collins, L. (05/04/2023). [Italy allocates €300m to new hydrogen trains and associated green H2 projects](#). *Hydrogen Insights*
- 52 Alstom (27/06/2023). [Première en Amérique : le train à hydrogène d'Alstom entre en service commercial](#)



- dans Charlevoix au Québec. *Alstom*
- 53 Parkes, R. (06/02/2023). [Indian Railways will spend \\$335m on 35 new hydrogen trains — making it the world's biggest H2 rail operator](#). *Hydrogen Insights*
- 54 Collins, L. (03/08/2023). [No more hydrogen trains | Rail company that launched world's first H2 line last year opts for all-electric future](#). *Hydrogen Insights*
- 55 European Commission (31/01/2023). [Connecting Europe by train: 10 EU pilot services to boost cross-border rail](#). *transport.ec.europa.eu*
- 56 Fullerton, J. (29/05/2023). [From Berlin to Brussels, the night train renaissance gathers speed with the new European Sleeper](#). *The Guardian*
- 57 Georgiadis, P. (10/03/2023). ['We are full': the rebirth of Europe's sleeper trains](#). *Financial Times*
- 58 Maier, J. (2022). [The Global Warming Reduction Potential of Night Trains](#). *Back on Track*
- 59 OECD (n.d.). [Austria's "KlimaTicket" to promote low-carbon mobility](#). *The Organisation for Economic Co-operation and Development*
- 60 Morestin, F. (16/04/2023). [En Allemagne, le ticket de train illimité à petit prix rencontre un succès fulgurant](#). *Novethic*
- 61 IATA (2023). [Air Passenger Market Analysis – June 2023](#). *International Association of Air Transportation*
- 62 AIE (2020). [Tracking Aviation 2020](#). *International Energy Agency*
- 63 IATA (06/02/2023). [Air Cargo Closes 2022 Near Pre-Pandemic Levels](#). *International Association of Air Transportation*
- 64 UNFCCC (2021). [Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Synthesis report by the secretariat](#). *United Nations Framework Convention on Climate Change*
- 65 ICAO (07/10/2023). [States adopt net-zero 2050 global aspirational goal for international flight operations](#). *International Civil Aviation Organization*
- 66 ICAO (30/06/2020). [Le Conseil de l'OACI convient d'activer la mesure de sauvegarde prévue dans le CORSIA du fait de la pandémie de COVID-19](#). *International Civil Aviation Organisation*
- 67 Dobruszkes, F. et al. (2022). [Banning super short-haul flights: Environmental evidence or political turbulence?](#) *Journal of Transport Geography*, Vol. 104
- 68 Romain, M., Sénécat, A., Vaudano, M. (24/05/2023). [L'interdiction des vols intérieurs courts en France, une mesure](#) *vidée de sa substance*. *Le Monde*
- 69 Euronews Green (01/06/2023). [Short-haul ban: These European countries could soon see the end of domestic flights](#). *Euronews.com*
- 70 Abnett, K., Payne, J. (02/08/2023). [EU attempt to tax polluting aviation fuel hits impasse](#). *Reuters*
- 71 Egal, J., Mauroschat, R., Dardenne, J. (2023). [Aviation Tax Gap](#). *Transport & Environment*
- 72 REN21 (2022). [Renewables 2022 Global Status Report](#). *REN21*
- 73 European Commission (26/04/2023). [European Green Deal: new law agreed to cut aviation emissions by promoting sustainable aviation fuels](#). *ec.europa.eu*
- 74 Aviation Benefits Beyond Borders (2023). [Sustainable aviation fuel](#). *Aviation Benefits Beyond Borders* (consultée le 20 septembre 2023)
- 75 Wilkes, W. (25/09/2023). [Lufthansa Says Green Fuel Would Eat Up Half German Electricity](#). *Bloomberg*
- 76 IMO (2020). [Reduction of GHG emissions from ships. Fourth IMO GHG Study 2020 – Final report](#). *International Maritime Organisation*. MEPC 75/7/15
- 77 UNCTAD (2022). [Review of maritime transport 2022](#). *United Nations Conference on Trade and Development*
- 78 IMO (07/07/2023). [Revised GHG reduction strategy for global shipping adopted](#). *International Maritime Organization*
- 79 Gillod, A., Briand, Y. (2022). [La transition énergétique du transport maritime international reste à quai](#). *Climate Chance*
- 80 GMF (2022). [Annual Progress Report on Green Shipping Corridors](#). *Getting to Zero Coalition, Global Maritime Forum*
- 81 C40 (2022). [Port of Los Angeles, Port of Shanghai, and C40 Cities announce partnership to create world's first transpacific green shipping corridor between ports in the United States and China](#). *C40*
- 82 DNV (2023). [Energy Transition Outlook 2023. Maritime Forecast 2050](#). *DNV*
- 83 Ushakov, S., Stenersen, D., Einang, P. M. (2019). [Methane slip from gas fuelled ships: a comprehensive summary based on measurement data](#). *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 24, pp. 1308-1325
- 84 T&E (13/04/2022). [Methane escaping from 'green' gas-powered ships fuelling climate crisis – Investigation](#). *Transport & Environment*
- 85 IMO (2020). [Reduction of GHG emissions from ships. Fourth IMO GHG Study 2020 – Final report](#). *International Maritime Organisation*. MEPC 75/7/15
- 86 Pavlenko, N., Comer, B., Zhou, Y., Clark, N., Rutherford, D. (2020). [The climate implications of using LNG as a marine fuel](#). *The International Council on Clean Transportation*
- 87 ICS (2020). [Catalysing the fourth propulsion revolution](#). *International Chamber of Shipping*
- 88 Hakiveric Prevljak, N. (04/02/2022). [World's first ammonia-ready vessel delivered](#). *Offshore Energy*
- 89 IRENA, Methanol Institute (2021). [Innovation Outlook: Renewable Methanol](#). *International Renewable Energy Agency*
- 90 Reuters (05/10/2022). [Maersk orders six more vessels fuelled by carbon neutral methanol](#). *Reuters*
- 91 Maersk (10/03/2022). [A.P. Moller - Maersk engages in strategic partnerships across the globe to scale green methanol production by 2025](#). *Maersk*
- 92 Simonet, G. (2019). Norvège. *L'électrification progressive (...), op. cit.*
- 93 Stena Line (10/05/2021). [Stena Line challenges the shipping industry – by going electric](#). *Stena Line*
- 94 The Maritime Executive (29/04/2022). [Yara Birkeland Begins Further Testing for Autonomous Operations](#). *The Maritime Executive*
- 95 International Transport Forum (2019). [ITF Transport Outlook 2019](#). *OECD*
- 96 Waisman, H., et al. (2021). [Climate ambition beyond emission numbers: taking stock of progress by looking inside countries and sectors](#). *Deep Decarbonization Pathways (DDP) Initiative, IDDRI*
- 97 UNCTAD (2020). [World Investment Report 2020. International production beyond the pandemic](#). *United Nations Conference on Trade and Development*