



2018 OBSERVATOIRE MONDIAL
DE L'ACTION CLIMATIQUE
NON-ÉTATIQUE



TRANSPORT

CAHIER 1

L'action
sectorielle



PUBLIÉ PAR L'ASSOCIATION CLIMATE CHANCE
NOVEMBRE 2018

Citation

CLIMATE CHANCE (2018)
« L'ACTION SECTORIELLE »

**CAHIER 1 DU RAPPORT ANNUEL DE L'OBSERVATOIRE
MONDIAL DE L'ACTION CLIMATIQUE NON-ÉTATIQUE**

1^{ÈRE} EDITION

Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou en partie à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale de la part du détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Les données utilisées sont de la responsabilité de la source citée, l'Association Climate Chance ne peut être tenue responsable de leur inexactitude.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Ronan Dantec, Président de Climate Chance

ÉQUIPE CLIMATE CHANCE

Vanessa Laubin, *déléguée générale*
Amaury Parelle, *coordinateur, Observatoire*
Thibault Laconde, *consultant énergie-climat, Observatoire*
Antoine Gillod, *assistant de projet, Observatoire*
Bérengère Batiot, *responsable communication et relations publiques*
Véronica Velasquez, *chargée de communication*
Alice Dupuy, *assistante communication*
Romain Crouzet, *responsable des programmes*
Leila Yassine, *coordinatrice des programmes en Afrique*
Coline Desplantes, *assistante pôle programmes*
Vera Tikhonovich, *assistante pôle programmes*
Florence Léchat-Tarery, *responsable administration, finance & partenariats*

CONTRIBUTIONS

Germán Bersalli, Jean-Paul Céron, Maylis Desrousseaux, Ghislain Favé, Bertrand Fériot, Sudhir Gota, Aakansha Jain, Aïcha Koné, Bettina Laville, Gilles Luneau, Juliette Nouel, Riya Rahiman, Colas Robert, Guillaume Simonet, Alioune Thiam, Aude Vallade.

CRÉATION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

Elaine Guillemot  LATELIERDELESTUAIRE.COM
Elodie Boissy

TRADUCTION ANGLAISE ET FRANÇAISE

Solten France Sarl

PARTENAIRE POUR LES DONNÉES D'ÉMISSIONS





TRANSPORT

ROUTIER 4

FICHE SECTORIELLE 4

*La « route » vers une
mobilité bas-carbone*

SUÈDE 26

*Transports en Suède :
La mutation du secteur
automobile se précise*

AFRIQUE DU SUD 42

*Faire du transport routier
un solide pilier de la lutte
contre les gaz à effet de serre*

INDE 56

*Les politiques bas-carbone du
transport routier indien et le rôle
des acteurs non-étatiques*

BRÉSIL 68

*Stabilisation des émissions
du transport routier au pays de l'éthanol*

AVIATION 78

FICHE SECTORIELLE 78

*Le transport aérien : des efforts engagés
encore à l'état d'expérimentation*

FERROVIAIRE 96

FICHE SECTORIELLE 96

*Les émissions de gaz à effet de serre :
un atout décisif pour le rail ?*

MARITIME 108

FICHE SECTORIELLE 108

*Les nouvelles initiatives
du transport maritime international*



La « route » vers une mobilité bas-carbone

L'Accord de Paris encourage à réhausser les objectifs d'atténuation dans les Contributions Déterminées au niveau National (CDN) en ré-évaluant leur niveau d'ambition et en formulant des stratégies développement et la mise en œuvre de stratégies bas-carbone à long terme. Les CDN actuels considèrent le secteur des transports comme une source d'atténuation importante, dont la décarbonation est essentielle pour parvenir à une décarbonation de tous les secteurs de l'économie.

Cette note est un rapport de synthèse analysant les données les plus récentes du secteur routier et les facteurs à l'origine de sa croissance et de son développement. Son objectif est de fournir un état des lieux de l'action climatique globale liée au secteur du transport routier et des synergies entre les acteurs étatiques et non-étatiques à ce sujet.

Rédacteur principal • **SUDHIR GOTA** • *Consultant, Partnership on Sustainable Low Carbon Transport (SLoCaT)*

SOMMAIRE

1 • ÉTATS DES LIEUX DES ÉMISSIONS DE CARBONE DU TRANSPORT ROUTIER

2 • QUELS SONT LES FACTEURS D'AUGMENTATION DES ÉMISSIONS DE CARBONE DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS ROUTIERS ?

- Forte croissance de la demande de transport routier (Activité)
- La répartition modale (évolution de la demande de transport)
- Évolution de l'intensité énergétique et des carburants bas-carbone

.....

1 • ÉTAT DES LIEUX DES ÉMISSIONS DE CARBONE DU TRANSPORT ROUTIER



En 2016, le secteur des transports représentait environ 23% des émissions globales de carbone dues à la combustion d'énergie¹. **La majorité des émissions de carbone dans le secteur des transports provient du transport routier, qui représente environ les trois quarts des émissions de carbone des transports, soit environ 6 GT d'émissions directes de carbone en 2017².** Depuis 2000, les émissions du transport routier ont augmenté de 2% par an, faisant de ce sous-secteur l'un des secteurs d'émission affichant la plus forte croissance au cours des cinquante dernières années³. **Depuis 2015, la croissance des émissions de carbone du transport routier a augmenté à un taux annuel plus lent de 1,4%** par rapport à une croissance annuelle historique de 2%. Toutefois, ce ralentissement de la croissance des émissions n'est toujours pas compatible avec les conclusions du rapport spécial du GIEC sur le réchauffement planétaire de 1,5°C⁴ « *limiting climate change to 1.5-degree Celsius means nothing short of de-carbonizing road transport sector around mid-century or soon afterwards and thus necessitates transformational changes in thinking, behaviour, and the combined actions of all stakeholders.* ».

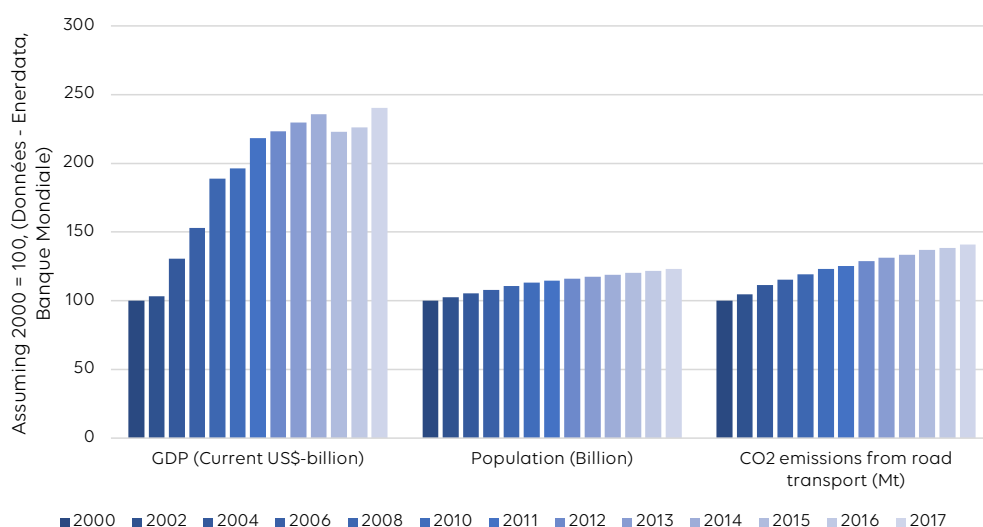


FIGURE 1. CROISSANCE DES ÉMISSIONS DU TRANSPORT ROUTIER

Depuis 2000 la croissance des émissions de carbone des transports routier provient exclusivement des pays non membres de l'OCDE (tableau 1). La part des émissions provenant des pays non membres de l'OCDE est passée de 31% en 2000 à 47% en 2015⁵ et la croissance s'est majoritairement concentrée dans les pays d'Asie et d'Afrique où les émissions de carbone du transport routier ont doublé (Enerdata et Edgar). Cependant, sur la période 2014 à 2016, la croissance annuelle des émissions du transport routier dans les pays non membres de l'OCDE s'est ralentie, avec une croissance annuelle de 2%, principalement en raison du ralentissement de la croissance des émissions dans des pays comme le Brésil, la Chine, Arabie saoudite, Inde, Indonésie et Malaisie (Global Energy Statistical Yearbook, Enerdata). La baisse des émissions brésiliennes soulignée dans le présent rapport est un exemple de ce lien entre croissance et émissions de CO₂ des transports routiers (Profil pays Brésil - Section des transports routiers, livre 1), tandis que la hausse des émissions indiennes souligne le fort impact sur le CO₂ de l'augmentation du parc automobile (Profil de pays Inde - Section des transports routiers, livre 1).

	2005	2010	2016	2017
Monde	4 809,3777	5 237,1766	5 883,8007	5 983,9182
Italie	116,9636	103,7557	98,3021	96,5156
Pays-Bas	33,4361	32,7982	28,7313	29,2687
France	126,1286	118,9547	117,9526	118,646
Royaume-Uni	118,7426	110,2636	114,0851	114,2115
Suède	21,2929	20,6226	18,3109	17,8555
Pologne	33,4424	46,2345	51,1971	57,8695
Allemagne	150,1151	143,9549	157,2153	161,1553
Russie	114,881	143,3387	157,11	153,9852
Canada	126,0199	141,9901	142,0916	145,9141
États-Unis	1 561,1449	1 469,1629	1 509,7615	1 516,4608
Australie	71,2071	74,8835	81,0902	84,3928
Japon	208,0171	193,8698	187,7446	186,2568
Chine	314,5042	467,6695	693,5187	717,2486
Inde	103,2084	176,0312	243,0412	260,7791
Indonesie	62,1026	88,2062	112,2836	116,3845
Mexique	125,7182	146,5216	151,9731	145,7665
Brésil	123,7752	149,6977	179,9659	184,7932
Colombie	19,9236	20,9936	29,9612	30,9587
Arabie Saoudite	73,9228	103,3289	133,0469	130,3684
Algérie	19,3229	29,2905	41,4319	40,7904
Côte d'Ivoire	1,0552	1,3077	2,8659	n.a.
Nigeria	28,5036	27,4846	23,7578	25,3636
Afrique du Sud	40,1567	45,0207	47,5597	49,7997

TABEAU 1. ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (MTCO₂) PAR PAYS

(source : Enerdata)



Les véhicules légers (voitures) représentent environ 60% des émissions du transport routier⁶. Les services de transport public routier tels que les bus (y compris les minibus) et les véhicules à deux et trois roues représentent chacun environ 6%. Cependant, l'ampleur des émissions de carbone varie considérablement d'un sous-mode à l'autre d'un pays à l'autre. Ainsi, les véhicules à deux et trois roues représentent respectivement 2% et 11% des émissions totales de carbone des transports routiers dans les pays membres et non membres de l'OCDE⁷. Les deux-roues sont une source importante d'émissions dans l'ASEAN, en Chine, en Inde et en Afrique⁸.

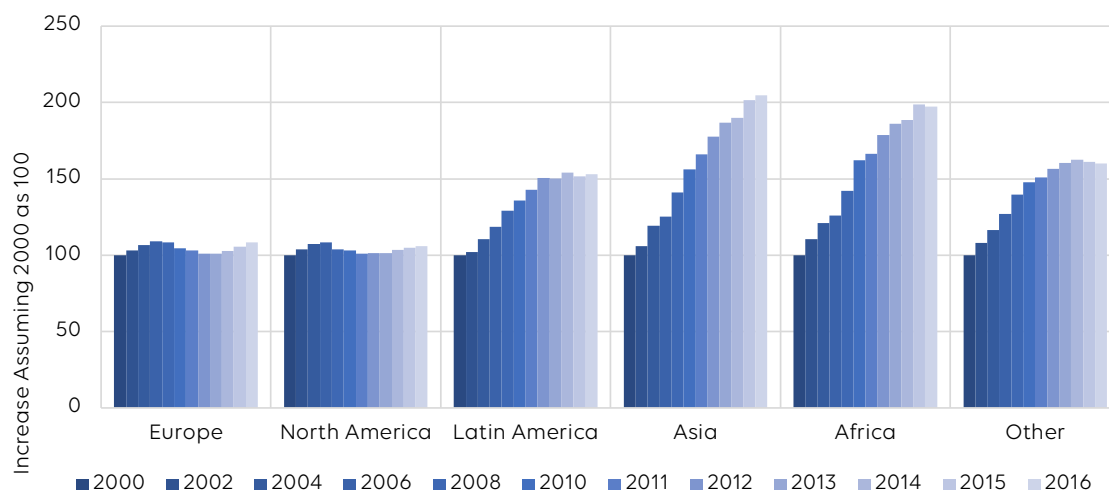


FIGURE 2. CROISSANCE RÉGIONALE DES ÉMISSIONS DE CARBONE DU TRANSPORT ROUTIER (PAR RAPPORT À UNE BASE 100)

Une part croissante des émissions de CO₂ est associée au transport routier en ville et à ses abords. En 2013, l'Agence internationale de l'énergie a estimé que le transport routier en ville constituait environ la moitié du total des émissions du transport routier. Dans les pays très urbanisés comme les États-Unis, le trafic routier urbain représente environ 60% des émissions de carbone du transport routier, tandis que dans les pays en développement comme l'Inde et l'Afrique du Sud, cette part est respectivement d'environ 41% et 44%⁹.

D'ici 2050, le rythme de la croissance actuelle des émissions de carbone des transports routiers entraînera une augmentation de leurs émissions de l'ordre de 10¹⁰ à 17 Gigatonnes¹¹. Il est à noter qu'il existe une grande différence entre les tendances des émissions du transport routier entre les modes de déplacement et les pays. Ainsi, les émissions de carbone des transports routiers dans les pays de l'OCDE pourraient diminuer de près de 30%, alors qu'elles pourraient augmenter de 100% dans les pays non-OCDE¹². Toutefois, les récentes études sur la décarbonation du secteur des transports illustrent bien l'ampleur des transformations à mener dans ce secteur vers un système de transport décarboné, devant réduire ses émissions de 2 à 3 Gt par an d'ici 2050¹³.

2 • QUELS SONT LES FACTEURS D'AUGMENTATION DES ÉMISSIONS DE CARBONE DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS ROUTIERS ?

Pour comprendre les émissions de CO₂ du transport routier à l'échelle mondiale, plusieurs facteurs interdépendants doivent être pris en compte, à savoir la demande de transport (activité), le mode de déplacement, l'efficacité énergétique modale et l'intensité carbone (cadre ASIF).

• **FORTE CROISSANCE DE LA DEMANDE DE TRANSPORT ROUTIER (ACTIVITÉ)** • À l'échelle mondiale, 90 % du transport de personnes et 70 % du transport de marchandises par voie terrestre sont assurés par la route¹⁴. Historiquement, la croissance du transport de personne et de marchandises est étroitement liée à la croissance des activités économiques. La mobilité motorisée de passagers mesurée en passager-kilomètre motorisés (pkm) est passée de 27 000 milliards en 2000 à environ 41 000 milliards de passager-kilomètre en 2015, soit une augmentation d'environ 4 200 pkm à environ 5 600 pkm par habitant¹⁵. **La demande mondiale de transport de voyageurs par la route a connu une période de croissance soutenue jusqu'à la crise économique de 2008. Depuis 2008, les tendances sont différentes selon les pays de l'OCDE.** En Europe par exemple¹⁶, la demande de voyageurs par route est passée d'environ 10 180 km / habitant en 2000 à environ 10 570 km / habitant en 2008. Depuis le pic atteint en 2008, elle est restée globalement stable, avec une légère diminution du flux, du fait de la récession économique de 2009 à 2012. En 2015, la demande totale de transport de voyageurs par habitant était identique à celle de 2000. Dans les pays de l'OCDE, elle est passée de 13 000 à environ 10 000 kilomètres par habitant. La demande de transport de passagers des pays non membres de l'OCDE mesurée en pkm est passée de 2 400 à 4 600 km par habitant.

Demande de transport de passagers

Dans les pays de l'OCDE, depuis la crise financière de 2008, le volume du transport de passagers par rapport au PIB a diminué de 35 % en Lituanie, de 20 % en Irlande, de 9 % en Suisse et de 8 % au Royaume-Uni. Dans les villes, la mise en œuvre de politiques de gestion de la demande a entraîné une réduction des déplacements en véhicule. Par exemple, la mise en œuvre du système de péage urbain a permis de réduire de plus de 15 % les déplacements en voiture et de 30 % les embouteillages. En 2007, le péage urbain de Stockholm a réduit de 16 % les kilomètres parcourus en centre-ville et de 5 % ceux en dehors de la ville, malgré la croissance économique et démographique de la ville. Dans les pays non-membres de l'OCDE, la mobilité des passagers a augmenté plus rapidement que le PIB. Dans des pays comme le Burundi, la Chine, le Nigéria, la Zambie, le Vietnam, l'Inde, la Géorgie et le Panama, le nombre de propriétaires de voitures a augmenté avec un taux annuel de plus de 10 % depuis 2000. Pour réduire la demande de transport de passagers, les villes ont mis en place différentes stratégies de gestion de la demande. Par exemple, Singapour en 2018 a mis en œuvre une stratégie de croissance zéro pour la possession de véhicules afin d'engager la transition vers une société sans voiture.

ENCADRÉ 1

La demande mondiale de transport de fret routier est passée d'environ 8 000 milliards de tonnes-kilomètres (unité de mesure correspondant au transport d'une tonne de marchandise sur une distance d'un kilomètre) en 2000 à environ 24 000 milliards de tonnes-kilomètres en 2015. Cela correspond à une augmentation de 1 300 tonnes-kilomètres à environ 4 000 tonnes-kilomètres par habitant. **Historiquement, la demande mondiale de transport de fret par route exprimée en tonne-km est extrêmement corrélée à la conjoncture économique, c'est-à-dire que les volumes de fret routier sont intimement liés à la conjoncture économique. Ainsi pour chaque augmentation de 1 % du PIB par habitant, le fret routier (en tonnes-km par habitant), augmente de 1,07 % en moyenne¹⁷.** Cependant, l'intensité de la demande de fret et sa croissance peuvent varier considérablement d'un pays à l'autre. Par exemple, la demande de transport de marchandises par route dans les pays de l'OCDE est passée de 4 500 à environ 9 500 tonnes-km par habitant et celle des pays non

membres de l'OCDE de 500 à 2 800 tonnes-km par habitant.



Demande de transport de marchandises

Depuis 2000, le nombre de véhicules de transport de marchandises a augmenté de plus de 10 % par an dans les pays à revenu faible et intermédiaire tels que la République démocratique populaire lao, l'Indonésie, le Panama, la Barbade, le Vietnam, le Maroc et le Chili. Dans l'UE-28, le flux de transport de marchandises

a considérablement augmenté entre 2000 et 2007, suivi d'une réduction due au ralentissement économique de 2008. Après une reprise limitée, les volumes de fret sont restés largement stables. La demande totale de transport de marchandises par route (en tonnes-km) en 2015 est environ 14 % supérieure à celle de 2000.

ENCADRÉ 2

L'augmentation de la mobilité des passagers et des marchandises s'est traduite par une expansion rapide du nombre de véhicules sur les routes, générant ainsi un nombre élevé de déplacements motorisés. De 2000 à 2015, le kilométrage parcouru par véhicule a augmenté d'environ 66 % dans le monde, 24 % dans les pays de l'OCDE et 166 % les pays non membres¹⁸. Si la population et les revenus croissent conformément aux attentes, et s'il n'y a pas de changement de paradigme dans la relation entre le revenu et la demande de mobilité, comme l'illustre la figure 3, la mobilité augmentera fortement et uniquement en dehors de l'OCDE. L'Agence internationale de l'énergie estime que d'ici à 2050, la demande de transport routier de voyageurs et de marchandises pourrait atteindre environ 72 000 milliards de passagers-kilomètres et 85 000 milliards de tonnes-kilomètres¹⁹.

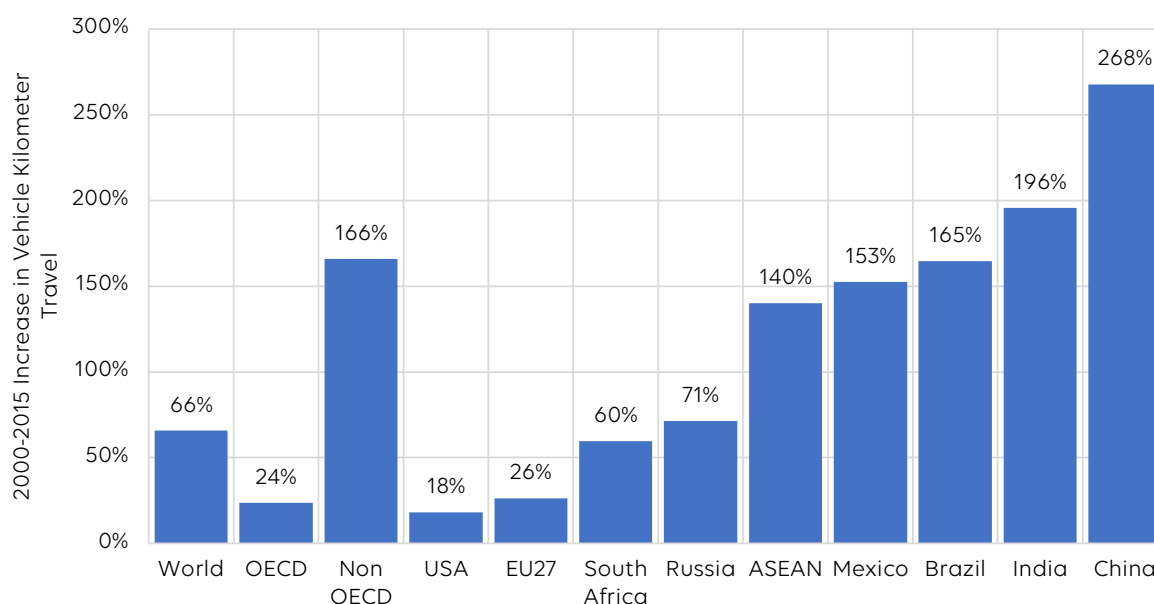


FIGURE 3. AUGMENTATION DE LA DISTANCE PARCOURUE PAR VÉHICULE

Les politiques de réduction de la demande de transport impliquent l'utilisation de stratégies pour modifier le comportement des voyageurs (ou stratégie « Avoid »). Ces stratégies visent à réduire les déplacements inutiles, à travers par exemple, la planification urbaine, les changements d'organisation et de logistique et les changements de comportement. La réduction de la demande de transport est certainement la plus difficile des transitions, puisqu'elle a toujours reçu moins d'attention de la part des acteurs²⁰.

Cependant, il existe plusieurs exemples de bonnes pratiques de la part de pays, villes et entreprises qui ont mis en place des stratégies de gestion de la demande visant à réduire la demande de transport (en véhicules-kilomètres ou en voyageurs / tonne-kilomètre) et ont engendré des co-bénéfices très positifs. Ces stratégies consistent souvent en une combinaison de stratégies dissuasives et incitatives visant à modifier le comportement de déplacement (quelques exemples ci-dessous).

Exemple	Description
Singapore	En octobre 2017, la Land Transport Authority (LTA) de Singapour a annoncé que son taux de croissance des véhicules serait ramené à zéro (de 0,25%) à compter de février 2018. Les principales politiques visant à réduire la demande de transport urbain incluent la planification urbaine (croissance intelligente), tarification électronique de la route (ERP), système de quotas de véhicules, politiques de transport en commun et amélioration des installations pour les piétons et les cyclistes. Le système ERP s'attaque aux embouteillages par point de charge individuel, selon le sens de déplacement, l'heure et le type de véhicule (en fonction de l'occupation de la chaussée).
Londres	Le système de taxation de Londres (introduit en février 2002) tient compte non seulement du franchissement d'un cordon, mais également des mouvements à l'intérieur du cordon. La nouvelle stratégie de transport (2018) cible 80% des déplacements à pied, à vélo ou en transports en commun d'ici 2041 et la tarification complète du réseau routier. Le système de péage urbain de Londres a permis de réduire les déplacements en véhicule de plus de 15% et les embouteillages de 30% (impact immédiat) et de créer une source de financement supplémentaire pour les transports en commun et les améliorations des transports non motorisés.
Mexico	En 2017, le maire de Mexico a annoncé la « limitation du nombre de places de stationnement dans le code de construction de la ville ». Cette nouvelle norme modifie les exigences minimales en matière de stationnement en fonction de l'utilisation du sol de la construction.
Chine	Plusieurs grandes villes chinoises limitent le nombre d'immatriculations annuelles de véhicules avec des enchères (ou loteries). Au cours des dernières années (2016 et 2017 pour réduire la demande de transport routier, le gouvernement municipal de Beijing a proposé la mise en œuvre de péages modulés, de frais de stationnement dynamiques en fonction du lieu de stationnement, de la durée du séjour et de l'heure d'arrivée / de départ du stationnement, ainsi que l'instauration d'un péage urbain et d'une tarification évolutive pour les transports en commun et taxis.
Entreprise Unilever	'Le projet Big Bang en Europe est axé sur l'utilisation efficace des camions et des palettes. En 2017, le projet a augmenté les taux de remplissage des camions de 2%, réduisant ainsi les trajets en camion. En Chine, Unilever a modifié la taille de la palette en ajoutant une couche supplémentaire pour augmenter le remplissage de 11%, générant ainsi une économie de 500 000 € et une réduction des émissions de CO ₂

TABEAU 2. EXEMPLES DE STRATÉGIES DE RÉDUCTION DE LA DEMANDE OU « AVOID STRATEGIES »



Les acteurs étatiques et non étatiques mettent en œuvre plusieurs initiatives visant à réduire l'activité du transport routier.

Par exemple :

- Le *Paris Process on Mobility and Climate* (PPMC) a élaboré [une feuille de route mondiale](#) (GMR)²¹ pour la décarbonation complète du secteur des transports. La feuille de route concerne tous les continents et comprend huit composantes qui s'échelonnent et s'articulent en synergie les unes avec les autres. Les composantes liées à la réduction de la demande incluent la transformation urbaine, l'optimisation de la chaîne logistique permettant une meilleure gestion des émissions du transport de marchandises, la réduction du nombre de kilomètres parcourus en véhicule grâce à une plus grande intermodalité et un transport partagé pour les trajets quotidiens, les achats et l'accès aux services. Parmi les objectifs fixés (2040/2060), citons les suivants : les trajets urbains sont ramenés à 20 %, tandis que la part combinée des trajets à pied, à vélo et en transports partagés s'élève à 80 % du total. Une réduction de 50 % des kilomètres parcourus par les véhicules de tourisme privés.
- Les [principes de mobilité partagée](#)²² pour des villes plus agréables ont été lancés lors du Festival mondial de l'écomobilité 2017 à Kaohsiung, Taiwan. Les principes de mobilité partagée sont conçus pour guider les décideurs urbains et les parties prenantes vers une meilleure intégration des modes partagés avec les réseaux de transport et d'utilisation des sols de la ville.
- Le [réseau TOD](#) du C40²³ et le [standard TOD](#)²⁴ de l'Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) favorisent des lieux urbains intégrés conçus pour rapprocher les habitants, les activités, les bâtiments et les espaces publics, en facilitant les liaisons à pied et à vélo et en assurant un excellent service de transport en commun au reste de la ville.

• **LA RÉPARTITION MODALE (ÉVOLUTION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT)** • À l'échelle mondiale, le transport routier couvre près de 90 % de la demande de transport de passagers et 70 % de la demande de fret par voie de surface. Historiquement, la croissance de la demande de transport routier.

La demande mondiale de transport routier motorisé comprend plusieurs modes et segments. **À l'échelle mondiale, les voitures particulières contribuent à environ 52 % de la mobilité mondiale des personnes, les transports publics par bus à environ 34 % et les véhicules à deux et trois roues à environ 14 % de la demande totale de transport de voyageurs (en kilomètres-passagers).** Il existe cependant une grande diversité dans la structure de la mobilité entre les différentes régions géographiques et niveaux de revenus. Les voitures particulières représentent environ 84 % pour l'OCDE et 37 % pour les pays non-membres de l'OCDE de la demande de transport de voyageurs sur la route. La part des véhicules à deux et trois roues dans la demande de transport de voyageurs par route varie de 3 % dans les pays de l'OCDE à 19 % dans les pays non-OCDE.

Depuis 2000, la répartition des volumes mondiaux de transport motorisé de passagers (en pkm) en fonction de chaque modes a évolué comme suit :

- voitures particulières : -5 %;
- deux et trois roues motorisés : +5 %;
- bus et minibus : 0 %.

Toutefois, dans les pays non membres de l'OCDE, le report de passagers des autobus et des mini-bus à la voiture et aux véhicules à deux et trois roues a été considérable. La part modale des autobus est passée de 58 % (2000) à 43 % (2015). Environ 60 % des passagers-kilomètres parcourus dans le monde se font en zone urbaine. Dans les pays de l'OCDE, la part située en zone urbaine du transport de passagers est d'environ 66 %, contre 59 % dans les pays à revenu faible et intermédiaire comme l'Inde.

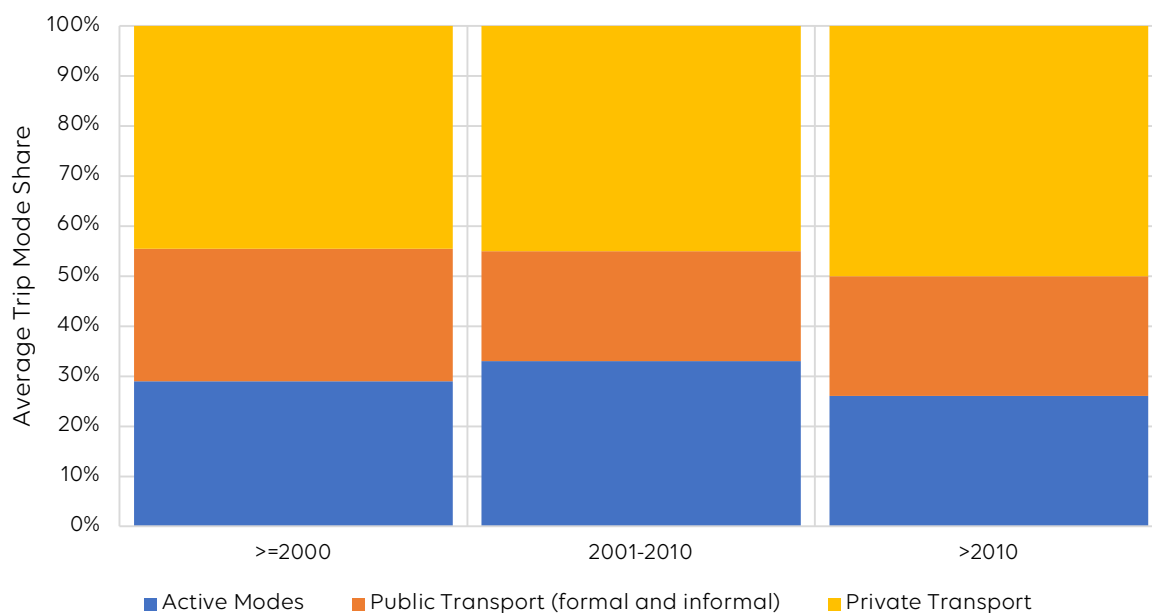


FIGURE 4. RÉPARTITION MONDIALE DES TRAJETS URBAINS MONDIAUX

Le fret urbain ne représente que 12% de l'activité de fret routier (tonnes-kilomètres), mais génère environ 50% du kilométrage parcouru par les véhicules routiers de fret²⁵ lorsque les produits finaux sont livrés en faibles volumes et à haute fréquence dans des conditions de circulation saturées. Le transport routier joue un rôle de premier plan dans le transport de marchandises dans tous les pays. Depuis 2000, le transport de marchandises par route est considérable, sa part modale est passée de 12% (2000) à 22% (2015) du fret total²⁶.

Les politiques pour changer la structure et la répartition modale impliquent l'utilisation de stratégies pour améliorer l'efficacité des trajets. **Ces stratégies induisent un transfert modal des modes les plus énergivores et les plus polluants (voitures, fret routier) vers des modes plus respectueux de l'environnement (marche, vélo, transport en commun, ferroviaire, voies navigables).** Le nouvel agenda urbain (NUA) adopté en 2016, qui met l'accent sur une planification adaptée à l'échelle humaine et centrée sur les personnes, fait explicitement référence à l'amélioration des infrastructures de transport en commun, piétons et cyclistes : « *une augmentation notable de l'offre d'infrastructures de transports publics accessibles, sûres, efficaces, abordables et durables, ainsi que de solutions de transport non motorisées telles que la marche et le cyclisme, qui seront privilégiées par rapport aux transports motorisés privés* » (NUA p35).

Il existe plusieurs exemples de bonnes pratiques de pays, villes et d'entreprises qui ont mis en place des stratégies de transfert modal. Par exemple, le livre blanc de 2011 de l'UE²⁶ intitulé « Feuille de route pour un espace européen unique des transports » a pour objectif « 30% du fret routier sur 300 km devrait être transféré vers d'autres modes de transport, tels que le transport ferroviaire ou le transport fluvial d'ici 2030, et plus de 50% d'ici 2050 – facilitée par des corridors de fret efficaces et écologiques. Pour atteindre cet objectif, des infrastructures appropriées devront également être mises en place ». Le programme de réseau transeuropéen de transport (RTE-T)²⁸ de l'UE vise à développer des corridors multimodaux pour les principaux réseaux, des infrastructures et des équipements durables ainsi qu'à promouvoir le transfert modal.

Au cours des dernières années, de nombreuses villes ont accru leurs investissements dans les transports en commun, les infrastructures piétonnes et cyclables. **À l'échelle mondiale, depuis 2000, les systèmes de transit rapide par bus, les infrastructures de métro léger et l'infrastructure ferroviaire métropolitaine ont augmenté respectivement de 835%, 88% et 67%. En 2018, il existe plus de 1 700 systèmes de partage de vélos dans le monde²⁹.**

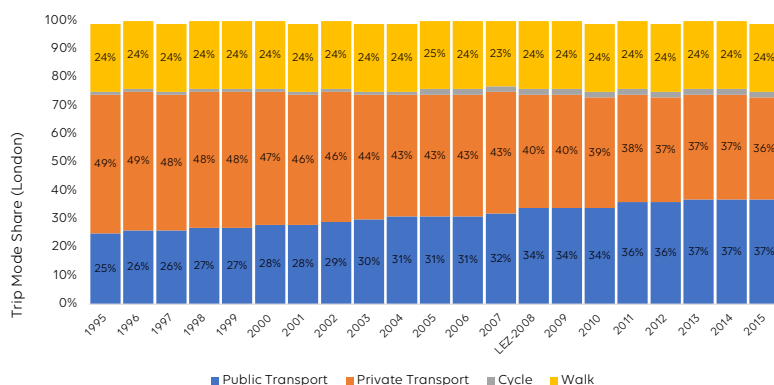


Les acteurs étatiques et non-étatiques mettent également en œuvre plusieurs initiatives de transfert modal. Par exemple :

- Le [Global Sidewalk Challenge](#)³⁰ assure la visibilité et la promotion de la marche à l'échelle internationale et lance le défi aux gouvernements, entreprises privées et aux ONG de collaborer et d'investir dans des infrastructures piétonnières, avec par exemple la création de trottoirs dédiés, sûrs et sans obstacles, notamment dans les nœuds de transport, pour ainsi augmenter la part modale de la marche dans les endroits très fréquentés et réduire les externalités de la circulation.
- En 2012, la Commission européenne a lancé la campagne « Do the Right Mix³¹ » en faveur de la mobilité urbaine durable. Elle vise à soutenir les militants en faveur de la mobilité urbaine durable dans 31 pays. L'objectif principal de cette initiative est de promouvoir les avantages d'une bonne intermodalité entre les différents modes de transport. La campagne travaille avec diverses parties prenantes pour prendre des mesures visant à modifier les comportements de mobilité dans les villes et leurs quartiers.
- Transports publics - [La Déclaration de l'Institute for Transportation and Development Policy \(ITDP\) sur la lutte contre le changement climatique](#) vise à doubler la part de marché des transports publics d'ici 2025 et a engagé plus de 350 projets en faveur de l'action climatique dans plus de 80 villes du monde. Le [défi du transport ferroviaire durable et bas-carbone](#) de l'UIC propose une augmentation de 50 % de la part du transport ferroviaire de voyageurs d'ici 2030 et un doublement d'ici 2050 (avec 2010 comme année de référence), une activité de fret ferroviaire égale à celle du fret routier d'ici 2030 et dépassant de 50 % les volumes de fret routier d'ici 2050.
- En 2015, le programme de partage de la route (ou Share the Road programme en anglais) des Nations Unies pour l'environnement - avec le soutien de la Fondation FIA - a aidé le gouvernement du comté de la ville de Nairobi à lancer une politique de transports non-motorisés (ou « NMT » pour *Non-Motorised Transport*), considéré comme un des premiers engagements de cette nature en Afrique, ce dernier s'engage à allouer 20 % de son budget de construction routière vers les transports non-motorisés³².

Le Partage des trajets

À Londres, la part des voyages en transports privés est passée de 49 % en 1995 à environ 36 % en 2015, tandis que celle des transports en commun est passée de 25 % à 37 % au cours de la même période. Le centre de Londres a connu la plus forte réduction du nombre de kilomètres parcourus par des véhicules motorisés depuis 2000. Ce changement de mode est principalement dû à l'amélioration des services de bus, des métros, de la marche à pied et à vélo ainsi qu'à la mise en place d'une taxe de congestion. La stratégie de transport du maire de Londres pour 2018 a pour ambition de réaliser environ 80 % des déplacements à Londres en marchant, à vélo et en utilisant les transports en commun d'ici 2041.



ENCADRÉ 3

Ville	Objectifs de transfert modal
<u>Adelaide</u>	Doubler le nombre de cyclistes dans la ville (référence 2011), augmenter le nombre de véhicules en autopartage disponibles dans la ville à 100 véhicules
<u>Chengdu</u>	65 % de la part du transport en commun d'ici 2020 (dont 35 % pour le métro).
<u>Chongqing</u>	47 % de la part des déplacements en transport en commun d'ici 2020 (le métro effectuera 21 % du total des déplacements quotidiens d'ici 2020).
<u>Copenhague</u>	D'ici 2025, la ville souhaite que 75 % des déplacements se fassent à pied, à vélo ou en transport en commun.
<u>Göteborg</u>	D'ici 2035, le nombre de déplacements à pied ou à vélo a doublé. Un doublement du nombre de trajets en transports en commun. Une réduction d'un quart du nombre de déplacements en voiture (par rapport à 2011)
<u>Le Grand Kuala Lumpur/Vallée de Klang</u>	Cible de 40 % de la part modale des transports publics dans les zones urbaines d'ici 2030 pendant les périodes de pointe du matin
<u>Hô Chi Minh</u>	Passer la part du mode de transport public de 47 à 50 % d'ici 2020
<u>Londres</u>	80 % de tous les déplacements à Londres doivent être effectués à pied, à vélo ou en utilisant les transports en commun d'ici 2041
<u>Nairobi</u>	D'ici 2025, la part des transports en commun doit être de 35 %, celle du vélo de 10 % et celle de la marche de 50 % (pour une longueur maximale de 5 km)
<u>Phnom Penh</u>	La part des transports en commun représentera 30 % d'ici 2035
<u>Shanghai</u>	Le métro effectuera 60 % des trajets en commun d'ici 2020
<u>Shenzhen</u>	Les transports en commun et les véhicules non motorisés représenteront 65 % de l'ensemble des déplacements d'ici 2020.
<u>Singapour</u>	Une part modale des transports en commun de 75 % aux heures de pointe du matin et du soir d'ici 2030, contre 64 % aujourd'hui.
<u>Stockholm</u>	La proportion des trajets effectués à vélo aux heures de pointe ne doit pas être inférieure à 15 % d'ici 2030. La proportion de trajets courts à pied sera d'au moins 60 % dans le centre-ville et de 50 % dans les banlieues d'ici 2030.
<u>Taipei</u>	12 % de la part modale du vélo d'ici 2020
<u>Vancouver</u>	D'ici 2040, au moins les deux tiers de tous les déplacements se feront à pied, à vélo et en transport en commun.

TABEAU 3. VILLES AVEC OBJECTIFS DE TRANSFERT MODAL OU « SHIFT STRATEGIES »

• **ÉVOLUTION DE L'INTENSITÉ ÉNERGÉTIQUE ET DES CARBURANTS BAS-CARBONE** • L'intensité énergétique (définie comme le rapport entre la consommation d'énergie et l'activité des voyageurs ou de fret) du secteur des transports routiers varie de manière significative entre les modes et les régions, comme illustré dans les figures ci-dessous. Tous les modes de transport de passagers montrent une amélioration de l'intensité énergétique, les véhicules légers étant le mode affichant le moins de progrès. Pour les modes individuels, l'intensité énergétique est beaucoup plus élevée



dans les pays de l'OCDE que dans les pays non membres, principalement dû à l'occupation ou le chargement, l'efficacité énergétique, la composition de la flotte, la taille du véhicule souvent plus grands comme les véhicules utilitaires sport (VUS ou SUV en anglais), et la répartition des modes. L'analyse des économies de carburant réalisée par l'Agence internationale de l'énergie au cours des dix dernières années pour les nouveaux véhicules légers révèle une amélioration de l'intensité énergétique annuelle d'environ 1,5 % par an dans le monde entre 2005 et 2015³³. Globalement, entre 2005 et 2015, l'intensité énergétique du transport routier de voyageurs et de marchandises s'est améliorée de 22 % et 6 % respectivement.³⁴

Le transport routier reste très dépendant du pétrole, le secteur des transports consomme environ les deux tiers du pétrole en 2015 et le secteur routier consomme à lui seul la moitié³⁵. **À l'heure actuelle, le secteur des transports est le secteur de l'utilisation finale de l'énergie le moins diversifié en raison de l'importance accordée à la densité énergétique. Environ 93 % à 98 % des modes de transport routier sont alimentés par des produits pétroliers avec une pénétration limitée des biocarburants et de l'électricité. La part des biocarburants liquides (éthanol et biodiesel) dans le carburant de transport routier mondial est d'environ 4 %³⁶.**

La part de l'électricité dans la consommation d'énergie du transport routier n'a que marginalement augmenté ces 15 dernières années selon les modes. Toutefois, les véhicules à deux et trois roues constituent une exception et représentent actuellement environ 20 % du parc. En 2015, près de 38 millions de vélos électriques ont été vendus dans le monde, dont plus de 90 % uniquement en Chine³⁷. Pour les véhicules électriques, il est important d'examiner la manière dont l'électricité est générée et la proximité des émissions avec les personnes. **En 2016, dans le monde, 26 % de l'électricité consommée par les véhicules électriques étaient renouvelables³⁸.** Le secteur des transports pourrait bénéficier des efforts de décarbonation du secteur de l'électricité et les énergies renouvelables pourraient devenir la principale source d'électricité. D'ici 2030 l'intensité en carbone du secteur de l'électricité devrait être améliorée de 30 %³⁹.

Les politiques publiques visant à améliorer l'efficacité énergétique et carbone des transports impliquent l'amélioration des technologies des véhicules et des carburants et l'optimisation des infrastructures. Plusieurs exemples de bonnes pratiques de pays, de villes et d'entreprises qui ont lancé de telles stratégies d'amélioration peuvent être cités.

Par exemple :

- Le nombre de pays ayant adopté des obligations/standards concernant les biocarburants est passé de 36 en 2011 à 68 en 2017⁴¹.
- En 2016, le Brunei, l'Éthiopie, l'Inde, le Maroc, le Nigéria, les Émirats arabes unis et le Viet Nam ont proposé de réduire les subventions aux combustibles fossiles⁴².
- En 2016, environ 34 pays ont proposé des stratégies d'amélioration de l'efficacité énergétique dans le cadre de leurs contributions déterminées au niveau national⁴³.
- Environ 83 % des nouvelles ventes de véhicules utilitaires légers (VUL ou « LDV » pour *low-duty vehicle* en anglais) se font dans des pays qui ont instauré des normes d'économie de carburant pour ce type de véhicule, tels que la Chine, l'UE, le Japon, le Canada, les États-Unis, le Mexique, la Corée du Sud et l'Inde⁴⁴.
- Environ 48 % des ventes de véhicules utilitaires lourds (ou « HDV » pour *high-duty vehicle* en anglais) neufs se situent dans les pays qui ont mis en place des normes de réduction de consommation de carburant pour ces derniers comme la Chine, l'UE et le Japon.
- Des pays et des villes comme la Norvège, l'Irlande, les Pays-Bas, la Slovaquie, Paris, l'Écosse, Reykjavik, le Royaume-Uni, la France, etc. ont annoncé des dates limites pour l'interdiction des véhicules neufs à moteur à essence et diesel.⁴⁵

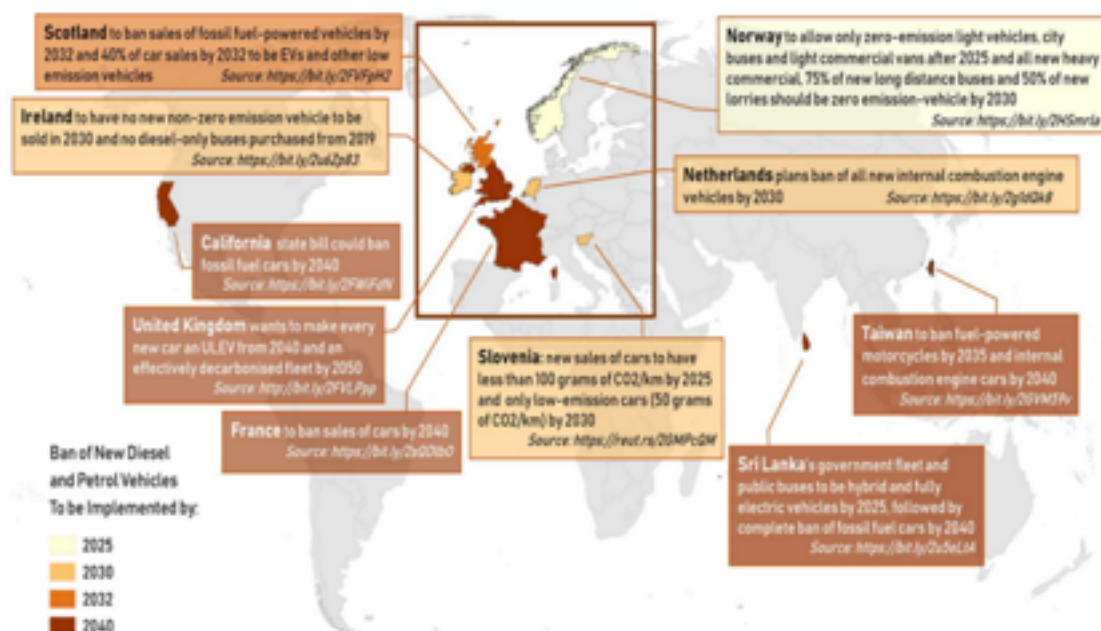


FIGURE 7. INTERDICTION DE NOUVEAUX VÉHICULES À ESSENCE ET À DIESEL (OBJECTIFS)

L'effondrement du parc diesel et la croissance de la part des véhicules utilitaires sport (ou « SUV » en anglais) entraînent une augmentation des émissions en Europe

Pointé pour son impact sur la santé humaine et progressivement banni des villes européennes (Hambourg, Paris ...), le diesel n'a plus la cote. En France, l'alignement des taxes sur l'essence et le diesel ont engendré des changements de comportement rapides. En 2017, la part de marché des ventes de véhicules diesel a diminué de 5 % par rapport à l'année précédente. Pour les flottes d'entreprises, où cette motorisation était presque hégémonique depuis les années 70, les derniers résultats sont spectaculaires ; les ventes ont diminué de 34 % en un an (septembre 2017 - septembre 2018).

Mais ce changement rapide a eu un effet inverse sur les émissions de CO₂. Dans son rapport annuel sur les ventes de véhicules neufs, l'agence AAA Data note que les véhicules neufs vendus émettent en moyenne 111 grammes de CO₂ par km en 2017, contre 110 grammes l'année précédente. Il s'agit de la première augmentation depuis 1995. La production de diesel en est l'une des raisons. Les véhicules diesel peuvent émettre jusqu'à 20 % de CO₂ en moins par km, cette mutation est l'une des explications de cette augmentation.

L'analyse des émissions de véhicules neufs en Europe réalisée par l'institut Jato Dynamics ne dit rien d'autre : 118,1 grammes de CO₂ par km en 2017, contre 117,8 g/km en 2016. Un résultat très inquiétant qui éloigne de plus en plus l'Europe de l'objectif de la Commission européenne de 95 g/km en moyenne d'ici 2021 sur les véhicules neufs. Mais le retour des moteurs à essence n'apparaît pas comme l'unique responsable de cette augmentation. L'explosion des ventes de SUV, plus puissants et plus lourds, est une autre raison centrale. Ils représentent 30 % des ventes de véhicules en Europe en 2017, contribuant de manière très significative à cette augmentation.

L'amélioration des technologies et des moteurs, notamment électriques, est nécessaire pour atteindre cet objectif 2021. Leur vente peine toutefois à décoller, malgré la publicité dont ils bénéficient : Renault Zoe, le véhicule



électrique le plus vendu en Europe, n'a atteint que 30 000 unités. Les émissions des constructeurs (voir figure 8) donnent une idée des efforts à accomplir, même si le bon résultat de Toyota dû au succès de ces véhicules hybrides (vendu à 300 000 exemplaires) est un indicateur intéressant d'un possible changer de cap.

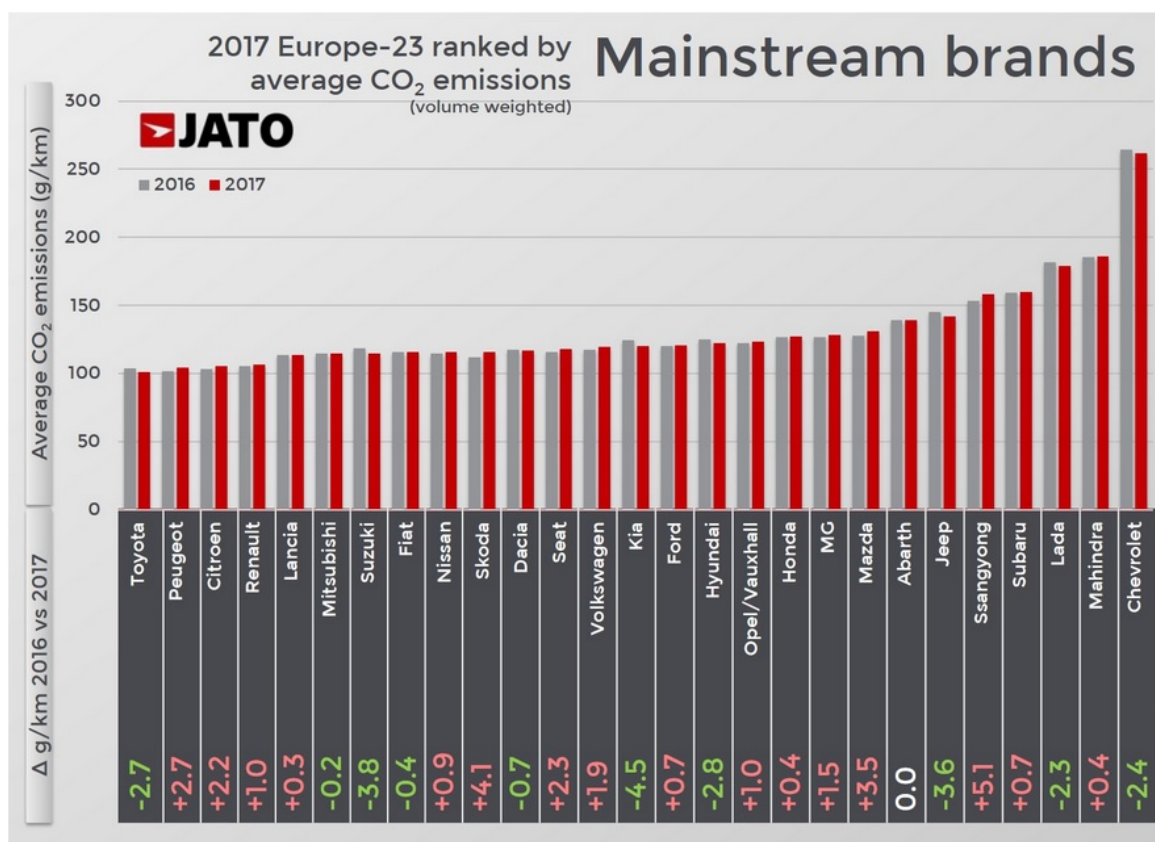


FIGURE 8. ÉMISSIONS DES CONSTRUCTEURS AUTOMOBILES EN EUROPE EN 2016 ET 2017

Source : Jato Dynamics, 2018 - <https://www.jato.com/brands-average-co2-emissions-110-130-g-km-counted-73-european-car-regs-2017/>

ENCADRÉ 4

Les acteurs étatiques et non étatiques ont instauré plusieurs initiatives pour soutenir les politiques et actions gouvernementales en matière d'efficacité énergétique et de décarbonation des carburants.

Par exemple :

- [L'Initiative mondiale pour une économie de carburant](#) (GFEI) aide les pays à mettre en place des stratégies de réduction de carburant, avec pour principale ambition d'obtenir une amélioration moyenne de 50% de tous les véhicules d'ici 2050 (30% d'amélioration de l'économie de carburant des voitures neuves dans le monde d'ici 2020 et de 50% d'ici 2030). La campagne du GFEI - « 100 pour 50 sur 50 » - a été développée pour rassembler les nouveaux engagements des pays en faveur d'une amélioration de la réduction de la consommation de carburant. GFEI soutient actuellement plus de 70 pays et l'objectif est d'obtenir des engagements pour la mission « 50 x 50 » de 100 pays.
- La [macro-feuille de route globale](#) (GMR) propose des étapes indiquées ci-dessous (figure 10), qui sont des moyennes à atteindre par les différents types d'automobiles concernés. Pour les villes, la proposition suggère des zones à zéro émission (ZEZ), suivies des villes à zéro émission (ZEC), à la fois pour les polluants atmosphériques et les GES. Les grandes villes pionnières visent 2025 ou 2030, telles que Copenhague et Oslo qui se sont déjà engagées à réduire à zéro leurs émissions de

carbone à l'horizon 2025. Les récentes annonces de la France et du Royaume-Uni visant à interdire les ventes de voiture à et diesel à l'horizon 2040 instaurent des conditions favorables à la transition vers des ZEC.

- La déclaration d'intention C40 sur les bus propres a été officiellement annoncée en mars 2015. L'objectif principal de cette initiative est d'inciter et d'aider les fabricants et autres parties prenantes, telles que les banques multilatérales, à élaborer des stratégies pour rendre les technologies de bus propres plus abordables pour les villes. À l'heure actuelle, les 23 villes signataires du C40 se sont engagées à avoir plus de 40 000 bus (sur un parc total de 166 876) fonctionnant via des technologies propres d'ici à 2020. Selon les estimations, si ces villes atteignaient leurs objectifs de bus propres pour 2020, il en résulterait une économie de 880 500 tonnes de GES par an.
- [L'Initiative pour les véhicules électriques](#) (EVI) a annoncé une nouvelle campagne en 2017 appelée EV 30@30 pour accélérer le déploiement des véhicules électriques et cibler au moins 30 % des ventes de véhicules électriques neufs d'ici 2030.
- [L'Alliance internationale pour les véhicules à zéro émission](#) (ZEV Alliance) est un partenariat de gouvernements agissant de concert pour accélérer l'adoption de véhicules à zéro émission (véhicules électriques, hybrides rechargeables et à pile à combustible). L'objectif principal est d'accélérer l'adoption de véhicules à zéro émission. L'objectif est de veiller à ce que toutes les ventes de voitures de tourisme dans leur territoire respectent les valeurs ZEV au plus tard en 2050.

Passenger car CO₂ emissions and fuel consumption, normalized to NEDC

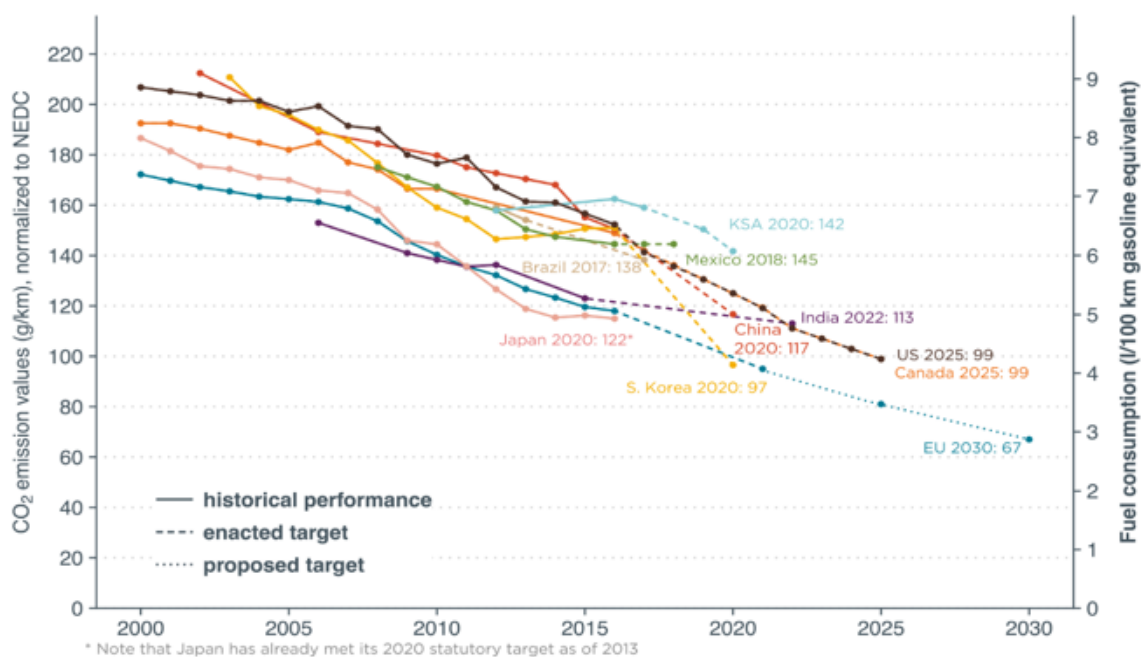


FIGURE 9. ÉMISSIONS DE CO₂ DES VOITURES PARTICULIÈRES (ÉCONOMIE DE CARBURANT)

- [L'Initiative étasunienne Smartway](#), lancée par l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, regroupe environ 3 600 entreprises nord-américaines. Il aide les entreprises à identifier et à sélectionner des partenaires plus efficaces, comme les transporteurs de fret, les modes de transport, les équipements et les stratégies opérationnelles, afin de réduire les coûts opérationnels et d'améliorer la durabilité de la chaîne d'approvisionnement. Depuis 2004, SmartWay a aidé ses partenaires à économiser 215,4 millions de barils d'équivalent pétrole et environ 29,7 milliards de dollars en coûts de carburant.

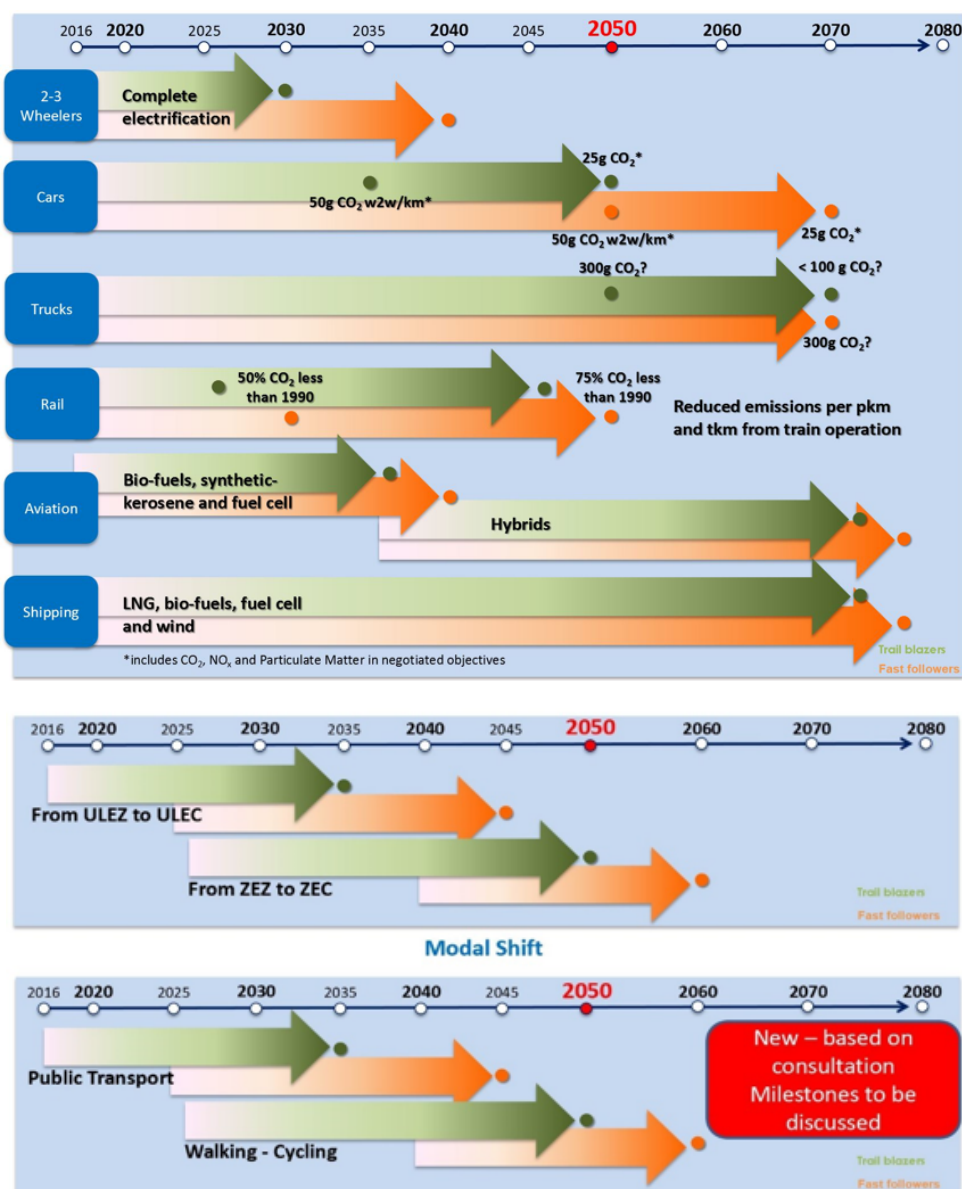


FIGURE 10. OBJECTIFS DE LA CONSULTATION DE LA FEUILLE DE ROUTE MACRO GLOBALE

CONCLUSION

Les émissions de carbone du transport routier résultent d'un mélange complexe de comportement humain, de croissance économique, de politique publique et de réglementation des transports. Globalement, les émissions de carbone du transport routier mondial ont augmenté depuis l'an 2000. L'augmentation rapide de la demande de trajets (en augmentation notamment dans les pays non membres de l'OCDE), la structure modale (le transfert vers des modes à forte intensité énergétique, en particulier dans les pays non membres de l'OCDE), l'intensité énergétique (légère amélioration due aux nouvelles technologies) et la teneur élevée en carbone des carburants (faible pénétration de carburants bas-carbone) ont contribué à une hausse combinée des émissions de GES du secteur du transport routier.

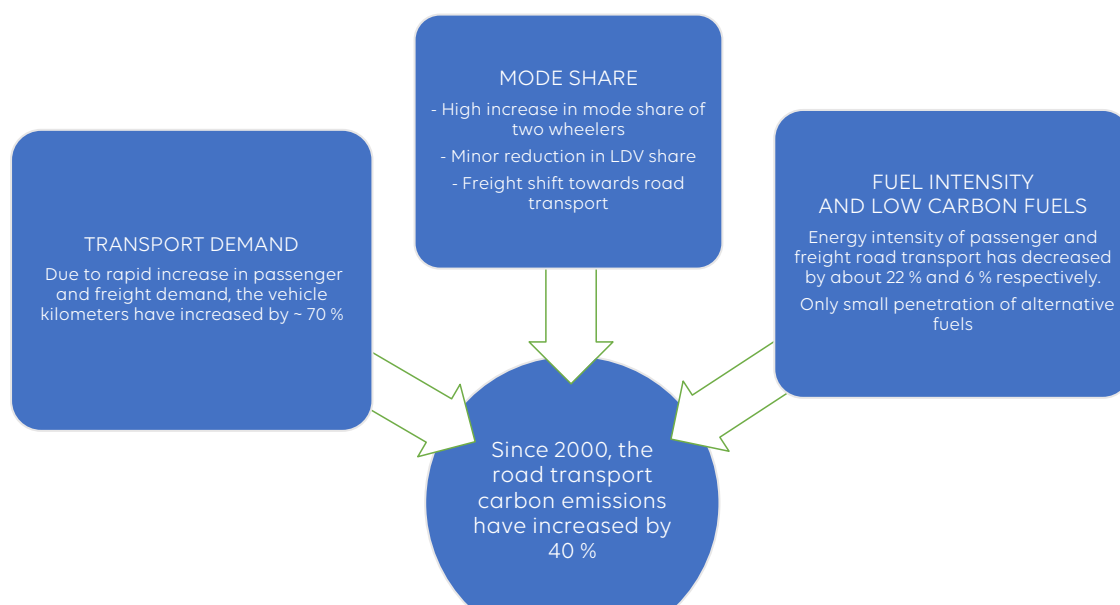


FIGURE 11. TENDANCE DANS LE TRANSPORT ROUTIER (2000 À 2015)

Les différences notables entre les tendances des émissions entre les modes et les pays soulignent la nécessité d'une approche hétérogène pour réduire les émissions actuelles et futures du secteur du transport routier dans le monde. Des politiques mises en œuvre avec succès dans les pays membres et non membres de l'OCDE, démontrent le potentiel des transports routiers à contribuer à des avancées rapides vers la décarbonation à l'échelle mondiale. Cependant, aucune solution miracle ne semble se démarquer pour leur décarbonation ; il s'agit plutôt d'un ensemble de stratégies et d'initiatives qui doivent être adoptées de manière globale, pour tous les modes de transport. Une réponse typique de la politique de transport routier bas-carbone comprend une combinaison de stratégies de réduction de la demande (ou stratégie « Avoid »), qui réduisent la nécessité de voyager ; Stratégies de « transfert » (ou « Shift »), qui déplacent les trajets de transport vers des modes plus efficaces (par exemple, amélioration des transports en commun); et les stratégies d'amélioration (ou « Improve »), qui augmentent l'efficacité des trajets existants (par exemple, normes d'économie de carburant).

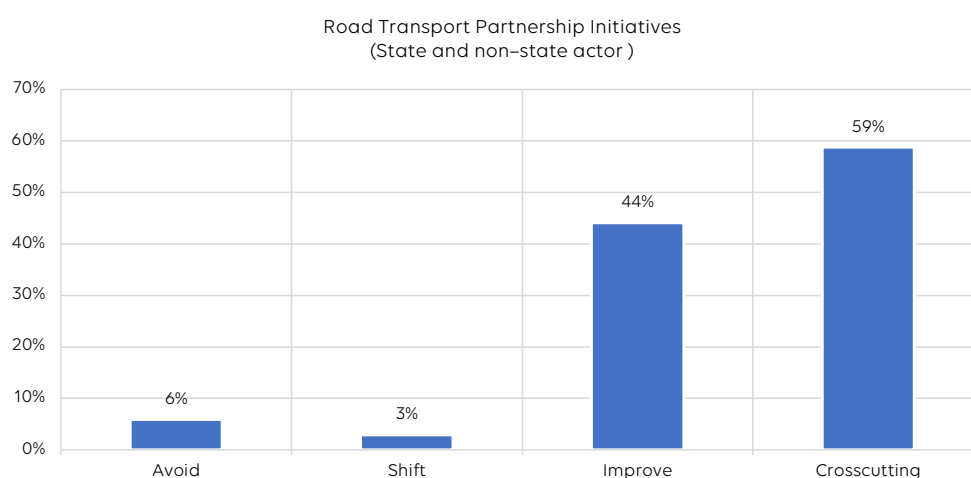


FIGURE 12. LES INITIATIVES « AVOID », « SHIFT » ET « IMPROVE »



À l'heure actuelle, le transport routier est l'un des sous-secteurs dont les émissions connaissent la plus forte croissance dans l'ensemble de l'économie, **ce qui indique que les politiques, les mesures et les initiatives des acteurs non étatiques de la dernière décennie n'ont eu qu'une efficacité marginale.** Une absence immédiate de performance en matière d'émission ne suggère pas en soi un échec. Cependant, comme l'illustrent les exemples de bonnes pratiques, **l'efficacité des politiques, des mesures et des initiatives d'acteurs non-étatiques augmente avec le temps en raison d'une prise de conscience et d'une capacité accrue. Le rôle des acteurs non étatiques dans cette transformation (en particulier lors de la définition du programme) a été crucial.**

- À ce jour, les efforts d'atténuation dans le secteur des transports se sont largement concentrés sur la transformation technologique (mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique ou « Improve », par exemple) . A cet égard, les initiatives des acteurs non étatiques se montrent plus équilibrées (puisqu'elles n'étaient pas soumises aux mêmes contraintes politiques que les acteurs étatiques), promouvant les trois instruments du transport routier à faible émission de carbone, et venant combler un vide critique.
- Les acteurs non étatiques ont financé le développement de près d'un quart du total des méthodologies et outils de quantification des émissions de carbone du secteur des transports afin de garantir que l'action sur les transports et le changement climatique ne soit pas freinée par l'absence d'outils permettant d'analyser les politiques publiques de transport et leurs impacts climat.
- Récemment, plusieurs pays et entreprises ont fixé des objectifs ambitieux pour la réduction des émissions de dioxyde de carbone des transports, toutefois nous observons un manque de transparence notable concernant la progression de ces objectifs. Les acteurs non étatiques jouent un rôle essentiel dans la révision des engagements volontaires, la mesure, la vérification et la publication des impacts sur les émissions des transports en dehors de la CCNUCC (parfois même dans leur mise en œuvre comme dans le [Dieselgate](#)).
- Les nombreuses actions dans le domaine des transports (et notamment les politiques de réduction de la demande (« Avoid ») ou de transfert modal (« Shift »)) mettent plus de temps à produire les premiers résultats en raison de la rotation lente des stocks et des infrastructures et des coûts importants non amortis du système de transport actuel. En limitant le déploiement futur des infrastructures pour les modes à forte intensité de carbone et en donnant la priorité aux infrastructures pour les modes bas-carbone, la trajectoire du carbone peut être abaissée tout en améliorant les avantages indirects et en réduisant le coût global de l'infrastructure. Il est de plus en plus reconnu que des mesures bas-carbone dans le secteur des transports pourraient être bien plus fructueuses si elles étaient largement soutenues par des acteurs étatiques et non-étatiques, avec un leadership politique fort et des engagements du secteur privé, et enfin si elles étaient appliquées à grande échelle.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

ANNEXES - INITIATIVE MONDIALES ET RÉGIONALES

	« AVOID » (RÉDUCTION DE LA DEMANDE)	« SHIFT » (TRANSFERT MODAL)	« IMPROVE » (AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ)	TRANSVERSAL	MULTI- SECTORIELLE
"30 BY 30" RESOLUTION	Y		Y		
21ST CENTURY TRUCK PARTNERSHIP			Y		
BELOW 50			Y		
C40 CITIES CLIMATE LEADERSHIP GROUP (C40)				Y	Y
C40 CLEAN BUS DECLARATION			Y		
CARBON NEUTRAL CITIES ALLIANCE				Y	Y
CARING FOR CLIMATE					
CCAC : DIESEL INITIATIVE			Y		Y
CIVITAS				Y	
CLEAN AIR ASIA				Y	Y
COMPACT OF MAYORS				Y	Y
COVENANT OF MAYORS				Y	Y
"DO THE RIGHT MIX"-SUSTAINABLE URBAN MOBILITY CAMPAIGN	Y	Y			
DECARBONISING TRANSPORT INITIATIVE				Y	
EST INITIATIVE				Y	
ECOMOBILITY ALLIANCE				Y	
EUROCITIES				Y	Y
ELTIS, THE URBAN MOBILITY OBSER- VATORY				Y	
EV100			Y		
GLOBAL FUEL ECONOMY INITIATIVE (GFEI)			Y		
GLOBAL GREEN FREIGHT ACTION PLAN				Y	
GLOBAL STRATEGY TO INTRODUCE LOW-SULFUR FUELS AND CLEANER DIESEL VEHICLES (THE "GLOBAL STRATEGY")			Y		
GREEN FREIGHT ASIA NETWORK (GFAN)				Y	



	« AVOID » (RÉDUCTION DE LA DEMANDE)	« SHIFT » (TRANSFERT MODAL)	« IMPROVE » (AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ)	TRANSVERSAL	MULTI- SECTORIELLE
GLOBAL MACRO ROADMAP				Y	
ICLEI - LOCAL GOVERNMENTS FOR SUSTAINABILITY				Y	Y
INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION (ICCT)			Y		
INTERNATIONAL ZERO-EMISSION VEHICLE ALLIANCE (ZEV ALLIANCE)			Y		
INITIATIVE FOR CLIMATE ACTION TRANSPARENCY				Y	Y
IPIECA			Y		Y
ITS FOR CLIMATE				Y	
KYOTO DECLARATION FOR THE PRO- MOTION OF ESTS IN CITIES				Y	
LCTPI LOW CARBON TRANSPORT FUELS			Y		
LCTPI : LOW CARBON FREIGHT				Y	
LEAN AND GREEN				Y	
LOGISTICS CARBON REDUCTION SCHEME (LCRS)			Y		
LOW CARBON ROAD AND ROAD TRANSPORT INITIATIVE (LC2RTI)			Y		
LOW CARBON VEHICLE PARTNERSHIP (LOWCVP)			Y		
LOW EMISSIONS DEVELOPMENT STRATEGIES (LEDS) GLOBAL PARTNERSHIP				Y	Y
MOBILISEYOURCITY				Y	
MARKET PLACE OF THE EUROPEAN INNOVATION PARTNERSHIP ON SMART CITIES AND COMMUNITIES				Y	Y
PARIS DECLARATION ON ELECTRO- MOBILITY ON CLIMATE CHARGE			Y		
PARTNERSHIP ON SUSTAINABLE, LOW CARBON TRANSPORT (SLOCAT)				Y	
PARIS PROCESS ON MOBILITY AND CLIMATE (PPMC)				Y	
PARTNERSHIP ON TRANSPARENCY IN THE PARIS AGREEMENT				Y	Y
PRIVATE FINANCING ADVISORY NETWORK (PFAN)			Y		
PUBLIC TRANSPORT DECLARATION ON CLIMATE LEADERSHIP (UITP)		Y			

	« AVOID » (RÉDUCTION DE LA DEMANDE)	« SHIFT » (TRANSFERT MODAL)	« IMPROVE » (AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ)	TRANSVERSAL	MULTI- SECTORIELLE
REN21 (RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY)			Y		
SIDEWALK CHALLENGE	Y	Y			
SMARTWAY				Y	
SCIENCE BASED TARGETS				Y	Y
SUSTAINABLE MOBILITY FOR ALL (SUM4ALL)				Y	
TAXI4SMARTCITIES			Y		
TRANSPORT DECARBONISATION ALLIANCE (TDA)				Y	
THE CLIMATE REGISTRY				Y	Y
THE PRINCE OF WALES'S CORPO- RATE LEADERS GROUP (CLG)				Y	Y
TRANSFORMATIVE URBAN MOBILITY INITIATIVE (TUMI)				Y	
UITP DECLARATION ON CLIMATE CHANGE LEADERSHIP				Y	
UNDER2 COALITION				Y	Y
UNEP PARTNERSHIP FOR CLEAN FUELS AND VEHICLES (PCFV)			Y		
URBAN ELECTRIC MOBILITY INITIA- TIVE			Y		
URBAN ELECTRIC MOBILITY INITIA- TIVE (UEMI)			Y		
URBAN-LEDS PROJECT				Y	Y
VERRA (FORMERLY VERIFIED CAR- BON STANDARD)				Y	Y
WBCSD URBAN INFRASTRUCTURE INITIATIVE (UII)				Y	Y
WE MEAN BUSINESS COALITION				Y	Y
WORLD CYCLING ALLIANCE (WCA) AND EUROPEAN CYCLISTS' FEDERA- TION (ECF) COMMITMENT	Y				
WWF CLIMATE SAVERS				Y	Y
ZEV ALLIANCE			Y		



RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- ENERDATA, <https://www.enerdata.net/>
- IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2017
- EDGAR's Global Greenhouse Gas Emissions from 1970 to 2012

PUBLICATIONS :

- ¹ IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2017 ² Varies from 75 % (IEA, 2015) to 79 % (EDGAR's Global Greenhouse Gas Emissions from 1970 to 2012 (EDGARv4.3.2) dataset) of transport carbon emissions.
- ³ Using data from ENERDATA, <https://www.enerdata.net/>, IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2017 and EDGAR's Global Greenhouse Gas Emissions from 1970 to 2012 ⁴ IPCC - first Special Report, on Global Warming of 1.5 °C
- ⁵ Using data from ENERDATA, <https://www.enerdata.net/>, IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2017 and EDGAR's Global Greenhouse Gas Emissions from 1970 to 2012 ⁶ International Energy Agency (2016), Tracking Clean Energy Progress 2016, OECD/IEA, Paris
- ⁷ International Energy Agency (2017), Tracking Clean Energy Progress 2017, OECD/IEA, Paris
- ⁸ GIZ, Two-and-Three-Wheelers Module 4c Sustainable Transport : A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities (Forthcoming)
- ⁹ IEA (2016c). Energy Technology Perspectives 2016 - Towards Sustainable Urban Energy Systems
- ¹⁰ IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 - Catalysing Energy Technology Transformations
- ¹¹ ICCT (2012). Global Transportation Energy and Climate Roadmap Washington
- ¹² IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 - Catalysing Energy Technology Transformations
- ¹³ Gota, S., and al. (2018), Decarbonising transport to achieve Paris Agreement targets, Energy Efficiency
- ¹⁴ International Energy Agency (2017), Tracking Clean Energy Progress 2017, OECD/IEA, Paris
- ¹⁵ IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 and World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency, Sustainable Mobility Project.
- ¹⁶ European Commission, Statistical pocketbook 2017.
- ¹⁷ IEA, The Future of Trucks Implications for energy and the environment
- ¹⁸ IEA (2015), Energy Technology Perspectives 2015 - Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action
- ¹⁹ IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 ²⁰ TERM (2016), Transitions towards a more sustainable mobility system'
- ²¹ PPMC (2016), Global Macro-Roadmap.
- ²² <https://www.sharedmobilityprinciples.org/>
- ²³ C40 (2014), Why compact connected cities are critical to tackling climate change : [https://www.c40.org/blog_posts/c40-voices-clare-healy-network-manager-transit-oriented-development-on-why-compact-connected-](https://www.c40.org/blog_posts/c40-voices-clare-healy-network-manager-transit-oriented-development-on-why-compact-connected-cities-are-critical-to-tackling-climate-change)
- ²⁴ <https://www.itdp.org/2017/06/23/tod-standard/>
- ²⁵ OECD/ITF (2017), ITF Transport Outlook 2017, OECD Publishing, Paris
- ²⁶ IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 and World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency, Sustainable Mobility Project
- ²⁷ Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system
- ²⁸ European Commission website, Mobility and transport https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines_en
- ²⁹ Bike-Sharing blogspot <http://bike-sharing.blogspot.com/>
- ³⁰ Walk 21 <https://www.walk21.com/sidewalks>
- ³¹ Dotherightmix <http://dotherightmix.eu/>
- ³² UNEP, Nairobi transport profil and projects, <https://www.unenvironment.org/explore-topics/transport/what-we-do/share-road/kenya-nairobi-nmt-policy-enacted-nairobi-city-county>
- ³³ GFEI, State of the World Report 2016 ³⁴ International Energy Agency (2017), Tracking Clean Energy Progress 2017, OECD/IEA, Paris and World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency, Sustainable Mobility Project.
- ³⁵ PPMC (2015), Renewable Energy and Transport – Decarbonising Fuel in the Transport Sector
- ³⁶ OECD/ITF (2017), ITF Transport Outlook 2017, OECD Publishing, Paris
- ³⁷ 18 - Lead-acid batteries for E-bicycles and E-scooters
- ³⁸ OECD/IEA (2017), Status of Power System Transformation 2017, Paris.
- ³⁹ IEA (2015), Energy and Climate Change - World Energy Outlook Special Report
- ⁴⁰ IRENA (2018) Renewable Energy Policies in a Time of Transition
- ⁴¹ PPMC (2016), Nationally-Determined Contributions (NDCs) Offer Opportunities for Ambitious Action on Transport and Climate Change
- ⁴² idem
- ⁴³ GFEI, State of the World Report 2016 ⁴⁴ PPMC (2018), E-Mobility Overview on Trends and Targets.



Transports en Suède : La mutation du secteur automobile se précise

Dans un contexte européen marqué par l'augmentation quasi générale des émissions de CO₂ du transport automobile, la Scandinavie, et tout particulièrement la Suède, montrent que cette évolution n'est pas inéluctable en affichant une baisse significative et régulière des émissions. Nous avons dans ce chapitre cherché à analyser les facteurs liés à cette évolution, et notamment les liens entre la politique ancienne et très volontariste du gouvernement suédois sur la taxation carbone, et la stratégie des acteurs économiques. Ce cas d'étude tente finalement de répondre à cette question importante : dans quelles mesures les éléments de succès de la stratégie des acteurs suédois sont-ils durables et reproductibles ?

Rédacteur principal • L'ÉQUIPE DE L'OBSERVATOIRE CLIMATE CHANCE

SOMMAIRE

1 • ACCÉLÉRATION DE LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

2 • LA POLITIQUE VOLONTARISTE DE L'ÉTAT SUÉDOIS DANS LE DOMAINE DES TRANSPORTS

3 • UNE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS ADOSSÉE AU DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE DES BIOCARBURANTS

- L'essor de la filière des biocarburants suédois
- Le biodiesel HVO permet le dépassement des objectifs européens

4 • UN BILAN ENVIRONNEMENTAL DES BIOCARBURANTS SUÉDOIS À ÉVALUER

5 • L'ÉVOLUTION DU PARC AUTOMOBILE SUÉDOIS

- La hausse du parc automobile n'entraîne pas de hausse des émissions
- Les super « green cars » et la politique industrielle volontariste des constructeurs
- Les véhicules SUV, en contraste avec la trajectoire positive du parc automobile suédois



1 • ACCÉLÉRATION DE LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

Depuis 2007, la Suède voit ses émissions de carbone diminuer de manière continue. Les statistiques de la Swedish Environmental Protection Agency dans le cadre de son inventaire annuel 2017 des émissions de gaz à effet de serre, en conformité avec les instructions de la CCNUCC, montrent que cette tendance se poursuit sur l'année 2016 avec une baisse des émissions de 1,99 % par rapport à 2015 (Figure 1).

Carbon Dioxide (CO ₂) (kt)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
NATIONAL TOTAL (excluding LULUCF, excluding international transports)	52 816.5	50 723.1	47 153.2	52 927.3	48 970.0	46 403.6	44 769.0	43 225.7	43 385.6	42 568.0
Domestic transport, total	20 970.1	20 350.7	20 037.2	20 090.1	19 643.6	18 418.9	17 910.6	17 703.8	17 661.7	16 686.1

FIGURE 1. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS CO₂ GLOBALES ET DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS ENTRE 2007 ET 2016 EN SUÈDE

Source : Statistical database sweden, SMED on behalf of the swedish environmental protection agency, 2017

Cette diminution est notamment permise par le secteur des transports intérieurs qui enregistre une baisse significative de 5,6 % des émissions de CO₂ entre 2015 et 2016. Cette baisse des émissions globales du transport automobile intervient après une diminution de 11,76 % entre 2010 et 2016 (Figure 2). Cette tendance durable et cette accélération remarquable lors de la dernière année s'inscrivent pourtant dans un contexte européen de stabilisation voire de remontée des émissions du transport en Europe, atteignant 1029 MtCO₂eq en 2014 et 1048 MtCO₂ en 2015.

La particularité suédoise s'inscrit d'abord dans le cadre d'une politique volontariste de l'État

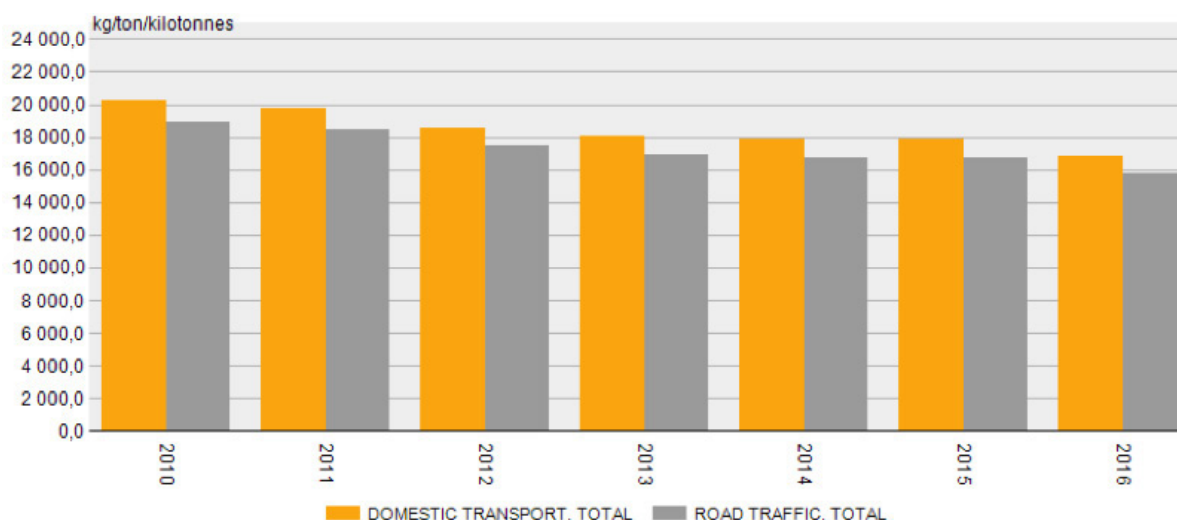


FIGURE 2. ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DANS LES TRANSPORTS EN SUÈDE, 2010-2016

Source : Swedish Environmental protection agency, 2017

en matière de sortie des énergies fossiles, de fiscalité écologique et de transformation globale du secteur des transports, une action cohérente qui a notamment été analysée en 2017 dans le rapport « CO₂ emissions and economic incentives » à l'attention du Nordic Council of Ministers (Jordal-Jorgenssen & al., 2017). Cela n'aurait ainsi pas grand sens d'analyser les actions développées par les acteurs non-étatiques, si nous ne nous attardions pas tout d'abord sur les politiques menées par l'État suédois.

2 • UNE POLITIQUE VOLONTARISTE DE L'ÉTAT SUÉDOIS SUR LES TRANSPORTS

Le gouvernement suédois est l'un des premiers pays au monde à utiliser la fiscalité écologique comme socle de sa politique environnementale (Millock, 2010). **Ainsi, la Suède a été le premier pays à instaurer une taxation carbone en 1991 d'une valeur de 27 € par tonne de CO₂ (Akerfeldt & Hammar, 2015) et qui atteint désormais les 96 €/tCO₂, ce qui fait d'elle le pays où cette taxe est la plus élevée (I4CE, 2017).**

Cette fiscalité importante se combine à des objectifs ambitieux de réduction de ses émissions de gaz à effet de serre. Le gouvernement suédois a ainsi annoncé l'initiative « Fossil Free » dans le cadre de la COP21 en 2015, afin de mettre en exergue la volonté des entreprises, institutions et organisations nationales de contribuer à l'effort climatique. L'ambition est de faire de la Suède le premier pays sans énergie fossile, ainsi **la Free Fossil Declaration stipule que les acteurs l'intégrant doivent mener des actions concrètes et coordonnées en vue de la réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre nationales :**

The ambition is to make Sweden one of the first fossil free welfare countries in the world. Not only because it is our responsibility to future generations, but because it makes economic sense. To achieve this, all actors in society must work actively to reduce emissions. Fossil Free Sweden is open to all actors who support the declaration drawn up for the initiative.

Source : Free fossil declaration, government offices of sweden, 2015

Dans son troisième rapport biennal destiné à la CCNUCC, le gouvernement suédois fixe comme objectif une réduction de 70% des émissions GES en 2030 par rapport à 2010, hors trafic aérien domestique (Ministry of the Environment & Energy, 2017).

Dans le domaine des transports, **le gouvernement suédois a programmé en 2016 un plan d'investissement dans les infrastructures sur la période 2018-2029** pour un total de 622,5 milliards SEK (60,9 milliards d'€) pour l'ensemble du plan (Swedish Transport Agency, 2017). Les investissements sont essentiellement destinés au maintien des infrastructures existantes, ferroviaires et routières, le gouvernement suédois vise 6 grands objectifs : accessibilité, mobilités douces, développement territorial des réseaux, sécurisation, inscription du réseau de transports suédois dans le marché de l'Union Européenne et, sixième objectif qu'il faut souligner, la réduction de l'impact environnemental et climatique du secteur des transports :

Consequently the Government proposes several policies and measures aimed at the transport sector in the budget proposal for 2018. Lately the local climate investment program has granted support for infrastructure for the introduction of electrical vehicles [...] a bonus malus-system for new light vehicles and an emission reduction obligation for petrol and diesel to further spur emission reductions in the transport sector. Moreover, the Government proposes that a tax on air travel will be introduced with the aim to reduce the climate impact of aviation.

Source : Sweden's third biennial report under the UNFCCC, Government offices of sweden, 2015

En complément de ce plan d'investissement sur les infrastructures, la Suède poursuit sa politique de développement d'une mobilité adossée aux biocarburants, y compris dans le transport aérien avec la première expérimentation de vol d'un ATR avec du biodiesel en 2017. D'après les analyses d'EurObserv'ER, « *il ne s'agit pas exactement pour la Suède d'éliminer totalement les carburants fossiles dans les transports* ». La définition donnée par la commission d'experts en charge de la mise en œuvre de ce plan est « *la mise en place d'une flotte de véhicules indépendante du carburant pétrolier principalement alimentée par des biocarburants et de l'électricité* » (EurObserv'ER, 2017).



3 • UNE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS ADOSSÉE AU DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE DES BIOCARBURANTS

• L'ESSOR DE LA FILIÈRE DES BIOCARBURANTS SUÉDOIS •

Définition et catégorisation des biocarburants

La première génération de biocarburants désigne ceux issus de produits alimentaires (plus précisément des organes de réserve des cultures : graines, racines de betteraves, fruits du palmier à huile), et par conséquent en concurrence avec les productions agricoles dédiées à l'alimentation humaine et animale. On distingue la filière essence (bioéthanol) reposant sur la fermentation industrielle du sucre contenu dans les plantes sucrières et amylacées (blé, maïs), et la filière gazole (biodiesel) obtenu à partir d'huiles végétales ou de graisses animales transformées en esters d'acide gras (biodiesel Esters Méthyliques d'Acides Gras EMAG ou FAME en anglais). Au sein de la filière « huile » on peut souligner la part croissante de biodiesel obtenu par hydrotraitement des

huiles (HVO), qui malgré des propriétés supérieures et un recours croissant aux huiles usagées et résidus et déchets agro-industriels, reste un biocarburant de première génération. Les carburants de deuxième génération sont issus de la transformation de la lignocellulose des résidus agricoles (pailles), forestiers (bois, feuilles etc.) ou de plantes provenant de cultures à vocation strictement énergétiques et à forte productivité en biomasse (taillis à croissance rapide). Cette transformation est thermochimique pour obtenir un biogazole de synthèse (la filière BtL Biomass to Liquid), ou biochimique pour produire de l'éthanol. Ces biocarburants sont encore en phase de développement et leur commercialisation devrait se confirmer à l'horizon 2020.

Source : Ministère Français de la transition écologique et solidaire

ENCADRÉ 1

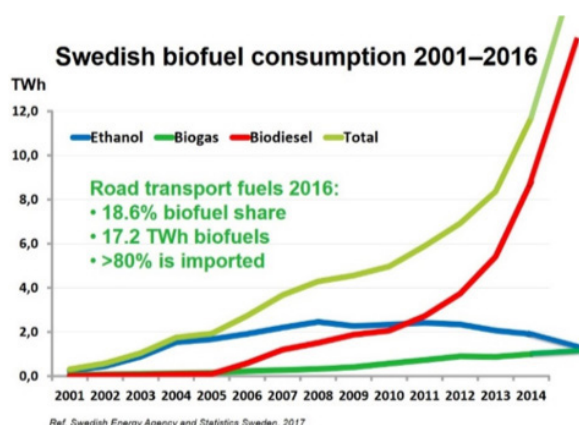


FIGURE 3. CONSOMMATION DES BIOCARBURANTS EN SUÈDE, 2001-2016

Sources figures 3 et 4 : SVEBIO, 2017

La consommation des biocarburants en Suède a augmenté de manière significative ces dernières années (Figure 3). Alors que les consommations d'éthanol et de biogaz ont connu une lente évolution, celle des biodiesels a été exponentielle. Le comparatif des carburants utilisés (Figure 4) confirme les tendances croissantes de consommation suédoise en biocarburants sur 2016 (1,32 Mtep, +23,77% par rapport à 2015) notamment une augmentation de la consommation du biodiesel (1,096 Mtep, +34,36%) loin devant la consommation en baisse d'éthanol (0,11 Mtep, -21,68%) et des biogaz carburants (0,11 Mtep, -1,83%) (EurObserv'ER, 2017).

En 2016, cette augmentation impressionnante de la consommation des biocarburants, particulièrement les biodiesels, explique l'essentiel de la baisse des émissions de CO₂ du transport automobile constatée, l'évolution du parc automobile et des comportements n'apparaissant pas à ce stade comme impactant significativement les émissions.

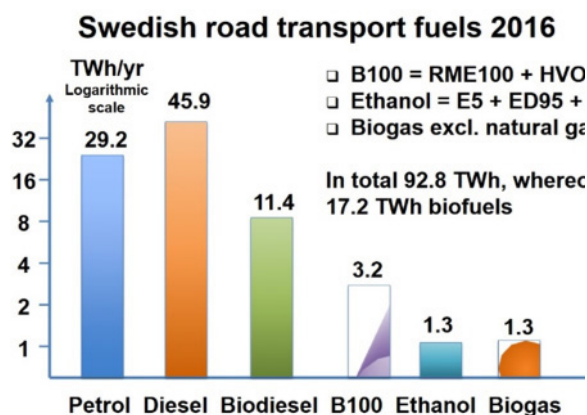


FIGURE 4. COMPARATIF DES CARBURANTS UTILISÉS DANS LE TRANSPORT ROUTIER SUÉDOIS EN 2016

Selon l'agence de l'énergie suédoise, le taux d'incorporation des biocarburants atteint 19 % en 2016 contre 15 % en 2015 et devrait continuer à augmenter dans les prochaines années pour atteindre un volume d'incorporation de près de 2 millions de tonnes en 2020, dont 80 % de biodiesel. La filière des biocarburants profite d'une réactivité forte des acteurs économiques suédois avec des investissements massifs dans des unités de production de biocarburants avancés, et notamment de biodiesel (Figure 5). Leur organisation au sein d'une association professionnelle très active, l'Association Suédoise des Bioénergies (Svebio), en porte témoignage.

Svebio note en 2017 une certaine stagnation dans le développement des unités de production de biocarburants traditionnels, avec seulement trois nouveaux centres de production d'éthanol par St1, Agroetanol et SEKAB, deux nouvelles unités de biodiesel FAME par Perstorp, et quelques centres supplémentaires de Biogaz par E.ON, Swedish Biogas, Strängnäs etc. A l'inverse, l'organisation enregistre une vague importante de nouveaux projets pilotes et commerciaux pour le biodiesel HVO (huiles végétales hydrotraitées) pour lequel l'entreprise pétrolière suédoise Preem a par exemple prévu une augmentation de 600 % de sa capacité de production pour atteindre 1,3 million de m³ en 2023. Cette multiplication des projets montre une extension du marché du HVO, et l'effritement du quasi-monopole de la compagnie finlandaise Neste qui représente actuellement plus de 50 % de la capacité mondiale avec 2,5 millions de tonnes (Greenea, 2017).

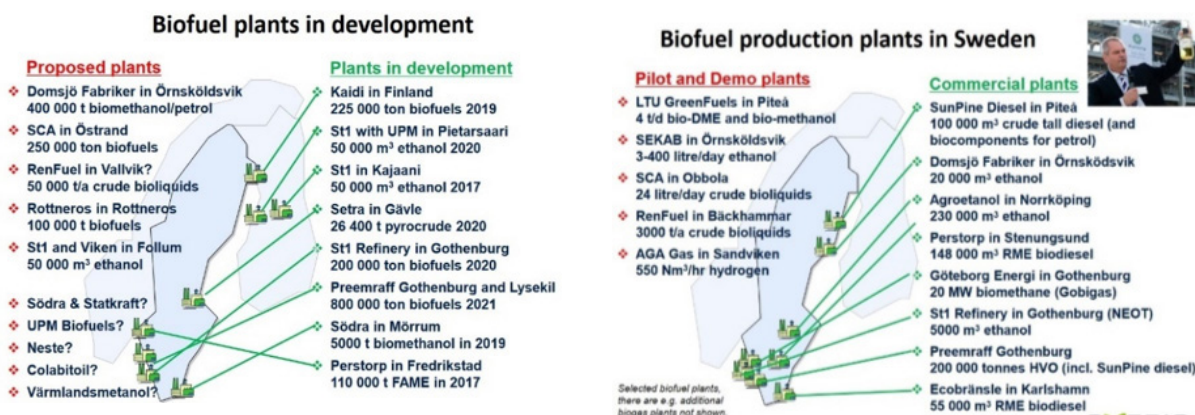


FIGURE 5. DÉVELOPPEMENT DES PROJETS DE PRODUCTION BIOMASSE EN SUÈDE.

Source : SVEBIO, 2017



Le biodiesel HVO de Neste

La société finlandaise Neste a développé et breveté un procédé d'hydrogénation des huiles végétales pour la fabrication de biodiesel. Comme dans le procédé traditionnel, il s'agit d'une réaction catalytique. À la différence que, cette fois, l'huile est mise en présence d'hydrogène, au lieu de méthanol comme pour les autres types de biodiesel et notamment de type FAME. Le produit obtenu est un gazole de synthèse utilisable techniquement à près de 100 % dans un moteur classique. Cette technologie rend également le produit final plus stable avec un indice de combustion supérieur, elle évite également la coproduction de glycérine, pour laquelle il n'existe pas toujours de débouchés locaux.

Source : Eurobserv'er, 2017

ENCADRÉ 2

• **LE BIODIESEL HVO PERMET LE DÉPASSEMENT DES OBJECTIFS EUROPÉENS** • La filière en forte expansion, a permis au pays d'atteindre en 2016 le seuil de 30 % d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie finale dans les transports, soit une augmentation de 6 points par rapport à 2015 (Eurostat) et dépassant de trois fois l'objectif européen des 10 % d'énergie renouvelable dans le secteur des transports d'ici 2020.

Cette performance suédoise est liée à la comptabilisation spécifique dont bénéficie en partie le HVO en tant que carburant avancé. Les matières premières utilisées demeurent principalement de nature agricole et semblables à celles utilisées pour le biodiesel de première génération de type FAME. Il permet cependant une utilisation plus intéressante des résidus et déchets agricoles, notamment ceux mentionnés dans la directive 2009/28/CE (Annexe IX). Les opérateurs de biodiesels HVO utilisant ces matières premières sont considérés par l'Union Européenne comme des biocarburant avancés, ils peuvent prétendre au double comptable de leur valeur énergétique réelle et contribuer doublement à l'atteinte des objectifs européens.

La consommation suédoise de biocarburants se conforme aux directives européennes

Le développement du marché des biocarburants destinés aux transports de l'Union européenne est désormais, et jusqu'en 2020, encadré par la directive 2015/1513 du 9 septembre 2015, dite directive CASI, qui modifie la directive 98/70/CE concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel, et la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables. Ces deux directives ont été révisées afin de reconnaître et d'atténuer l'impact préjudiciable que la production de biocarburants de première génération peut avoir sur l'environnement, en raison des émissions de gaz à effet de serre liés aux cas de changement indirect dans l'affectation des sols (CASI), c'est-à-dire la conversion de terres agricoles en cultures destinées à la production de biocarburants. Ainsi, la part des agrocarburants issus de ces cultures dédiées (céréales, plantes riches en amidon, sucrières et oléagineuses) a été plafonnée à 7 % de la consommation finale d'énergie dans les transports. L'UE pourtant vise un objectif de 10 % d'énergie renouvelable dans le secteur des transports d'ici à 2020. Les 3 % restants peuvent donc être obtenus grâce à la mobilité électrique ou par l'utilisation de biocarburants dits « avancés » produits à partir de matières premières spécifiques pouvant prétendre à une double comptabilité (Annexe IX). Le respect des critères européens est requis pour pouvoir comptabiliser les

biocarburants dans la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie et pouvoir bénéficier des régimes de soutien public et donne lieu à la délivrance de « certificats ». Ils prévoient d'une part, une réduction d'au moins 50 % des émissions de GES des biocarburants comparé aux carburants fossiles et de 60 % pour les installations postérieures au 5 octobre 2015. D'autre part, ils rendent inéligibles les biocarburants issus de matières premières provenant de terres de grande valeur en termes de biodiversité ou présentant un important stock de carbones (forêts primaires, zone humides et tourbière etc.). Enfin, les pays-membres ont l'obligation de reporter les émissions de GES liées aux changements indirects d'affectation des sols selon le type de plantes utilisées. Elle considère en revanche celles des biocarburants « avancés » issus des matières premières de l'Annexe IX, comme nulles en raison du manque de données actuelles permettant leur estimation.

Source : Baromètre biocarburants 2017, directives européennes

ENCADRÉ 3

Ce biodiesel de qualité supérieure a l'autre avantage de pouvoir être utilisé en forte concentration dans les moteurs diesel voire pur avec la commercialisation du HVO100 depuis 2015. Pour favoriser leur consommation la Suède applique des taux d'exonérations de taxes différents selon le type de biocarburant (éthanol, FAME ou HVO) et selon la teneur du mélange en biocarburants. Le HVO 100 est ainsi exonéré à 100 % la fois de la taxe carbone et de la taxe énergie, son prix reste compétitif avec celui du diesel fossile, la consommation totale de HVO a pu ainsi doubler entre 2015 et 2017 pour atteindre 73 % des livraisons de biocarburants liquides (Figure 6) et être le troisième carburant le plus consommé en Suède derrière l'essence et le diesel.

Année	FAME (m³)	HVO (m³)	Ethanol (m³)
2011	250 563	44 943	619 161
2012	294 009	131 085	607 208
2013	292 895	289 095	354 569
2014	431 015	438 813	326 560
2015	422 590	704 687	263 446
2016	341 203	1 203 680	213 446
2017	330 847	1 441 780	205 367

FIGURE 6
VOLUME LIVRÉ
DE CARBURANTS
RENOUVELABLES
EN SUÈDE (M³),
2011-2017

Source : Institut
suédois du
pétrole et des
biocarburants, 2017

A l'inverse, la production de biodiesel FAME, et de bioéthanol, baissent progressivement et ne représentent plus que 17 % et 10 % respectivement en 2017. Cette stratégie industrielle est en cohérence avec la diminution encouragée par l'Union Européenne des biocarburants issus de productions agricoles dédiées.



4 • UN BILAN ENVIRONNEMENTAL DES BIOCARBURANTS SUÉDOIS À PRÉCISER

La stratégie suédoise questionne cependant par rapport à l'évolution prévisible du marché mondial des biocarburants destiné notamment aux transports dans l'Union Européenne. Une étude commandée par la Commission Européenne en 2015 montre que les biodiesels à base d'huiles végétales (colza, palme, soja, tournesol) peuvent se révéler finalement plus émetteurs que le diesel conventionnel en intégrant les facteurs « d'émissions CASI » dues aux changements d'affectation des sols induits par leur production, jusqu'à trois fois plus lorsqu'il s'agit d'huile de palme. 70 % de ces émissions sont attribuées à la dégradation des tourbières en Malaisie et en Indonésie causée par les plantations de palmiers.

Face aux problèmes environnementaux causés par la production massive de biocarburants, l'Union Européenne souhaite en effet soutenir les biocarburants « avancés » et de deuxième génération, par une baisse progressive du plafond d'incorporation autorisé des biocarburants issus de produits agricoles (Encadré 3), actuellement en discussion dans le cadre de la révision du paquet énergie 2030.

Pour réduire l'impact de sa production, **l'industrie suédoise de biocarburants s'appuie sur la définition donnée à un certain nombre de matériaux considérés par les autorités nationales suédoises comme des résidus qui théoriquement n'entrent pas en compétition avec la production alimentaire.** Il entre dans le champ d'application des biocarburants « avancés » et ne sont donc pas soumis aux mêmes exigences de traçabilité. C'est le cas par exemple du Palm Fatty Acid Distillate (PFAD), résidu de transformation issu du raffinage de l'huile de palme brute. L'essentiel de la production de biocarburants destinés au marché suédois reste lié aux productions européennes, on observe cependant une hausse importante des importations de matières premières pour le biodiesel HVO en provenance d'Indonésie et de Malaisie entre 2015 et 2016 (Figure 7), qui correspond aux importations de PFAD.

	Suède	Europe hors Suède	Indonésie	Malaisie	États-Unis	Autre	Total
2011	32 452	2 489					34 941
2012	59 021	55 946	8 502	6 734	9 399		139 602
2013	101 836	189 354	49 239	24 892	25 876		391 196
2014	93 405	286 729	56 110	17 874	28 994		483 111
2015	99 664	429 792	86 107	20 310	96 031		731 904
2016	46 269	573 770	182 596	73 104	142 134	344 999	1 220 738

FIGURE 7. HVO UTILISÉ EN SUÈDE, PAR PAYS D'ORIGINE, DEPUIS 2011, VOLUME (M³)

Source : Agence suédoise de l'énergie, 2017

En 2016, pour la première fois depuis 2011, aucune huile de palme en tant que telle n'a été utilisée pour la fabrication du biodiesel HVO, mais en revanche le PFAD représente 22 % des matières premières en 2016, alors qu'il était encore absent de sa composition en 2015. (Figure 8)

	Huile de tall	Huiles végétales /animales	Déchets d'abat- toirs	Huile de palme	Graisse animale	Colza	PFAD	Maïs	Autre	Total
2011	32 452	2 489	0	0	0	0				34 941
2012	64 589	30 034	29 743	15 236	0	0				139 602
2013	100 113	5	201 409	74 131	15 540	0				391 196
2014	106 419	108 447	168 708	73 984	25 554	0				483 111
2015	112 114	227 009	220 713	106 418	0	65 651				731 904
2016	84 283	459 473	234 807	0	0	101 416	276 593	43 240	20 926	1 220 738

FIGURE 8. MATIÈRES PREMIÈRES POUR LA FABRICATION DU HVO UTILISÉ EN SUÈDE, DEPUIS 2011, EN VOLUME (M³)

Source : Agence suédoise de l'énergie, 2017

La substitution du PFAD à l'huile de palme permet à la Suède de réduire les émissions comptabilisées dues aux changements indirects d'affectation des sols, car les fournisseurs ne sont pas soumis à l'obligation de reporter les émissions dues à la production de résidus et déchets agricoles, ni aux mêmes exigences de traçabilité.

Le Palm Fatty Acid Distillate (PFAD)

Considéré comme un résidu, la directive 2015/1513 considère « ses émissions estimatives liées aux changements indirects dans l'affectation des sols égales à zéro ». Ceci va dans le sens de l'entreprise Neste, qui considère que la demande de PFAD n'exercerait pas de pression supplémentaire sur les terres cultivables en faveur de l'huile de palme mais au contraire inciterait à améliorer les procédés pour en réduire la quantité. Cette position repose sur sa faible concentration dans l'huile de palme brute de l'ordre de 4 à 5 %, et sur son prix de marché inférieur de 15 % à celui d'une tonne d'huile de palme raffinée (Zero and Rainforest Foundation Norway, 2016). Neste a annoncé néanmoins mettre en œuvre le même niveau de traçabilité du PFAD que pour l'huile de palme d'ici 2020.

ENCADRÉ 4

Cependant l'évolution du marché du PFAD montre que la valorisation de résidus agricoles leur confère progressivement un impact similaire sur l'utilisation des terres. **S'ajoutant aux débouchés que le PFAD trouve également dans l'industrie agroalimentaire et cosmétique, son utilisation dans le secteur des transports pourrait renforcer sa pression économique sur les sols, faisant de son utilisation une solution transitoire.** Avec 57 millions de tonnes d'huile de palme produites par la Malaisie et l'Indonésie en 2017 (USDA), leur potentiel de production du PFAD peut être évalué à près de 2 millions de tonnes. Ceci représente à peine 8 fois la demande actuelle suédoise de PFAD en 2016, qui pourrait progresser très vite. **Le caractère non-reproductible à grande échelle de l'utilisation de cette ressource apparaît donc très clairement.**

Le gouvernement norvégien, reconsidérant ses émissions relatives à la production d'huile de palme, a d'ailleurs requalifié le PFAD de « co-produit » en 2017, et la Suède devrait faire de même dès 2019. Il tombera ainsi dans le champ d'application des critères de durabilité de la directive, qui imposent aux opérateurs un reportage plus strict de ses émissions et de sa traçabilité, et perd le



bénéfice de la double comptabilité. Le débat autour de la redéfinition du statut du PFAD pourrait mener à la reclassification d'autres produits dérivés tel que le technical corn oil (TCO), considéré comme un résidu issu de la production d'éthanol qui sert à la production de biodiesel, ou encore le Tall oil fatty acid (TOFA), résidu issu de la production de papier.

L'attention particulière donnée par la Suède au biodiesel, notamment HVO, permet donc pour le moment de se conformer aux exigences européennes et d'afficher un rôle leader dans la réduction des émissions et la transition énergétique dans le domaine des transports. **Le bilan environnemental de la stratégie suédoise reste néanmoins à préciser et dépendra fortement des innovations à venir sur la part de production locale des biocarburants de seconde génération.** Sur le long terme, l'évolution du parc automobile suédois pourrait se révéler plus déterminante pour que la Suède tienne ses objectifs de réduction d'émissions.

Relocaliser à terme la production des matières premières

La Suède occupe actuellement 0,39 hectare par habitant de terres arables disponibles dans le monde, qui doivent être rapportés aux terres arables disponibles

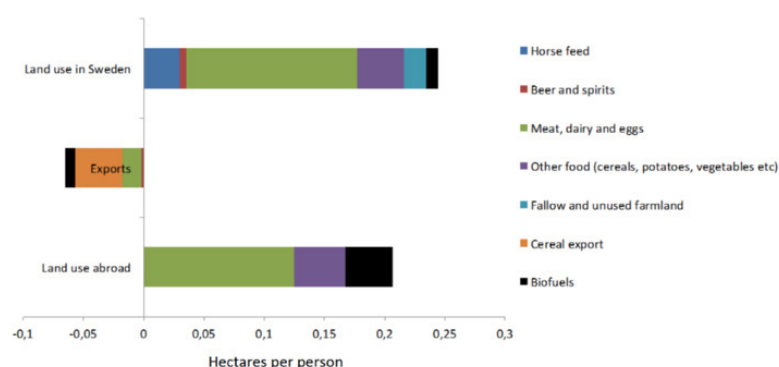


FIGURE 9. TERRES ARABLES UTILISÉES PAR UN SUÉDOIS EN MOYENNE, EN SUÈDE ET À L'ÉTRANGER (EN HECTARE PAR PERSONNE)

par habitant à l'échelle mondiale estimées à seulement 0,194 ha en 2016 par la Food and Agriculture Organization. Parmi ces 0,39 environ 0,05 hectares représentent les terres dédiées à la production de biocarburant suédois, dont près de 80% (ou environ 0,04 hectares) de ces terres sont localisées à l'étranger (Figure 9). Pour répondre en partie à ces enjeux, le Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuel, institut de recherche financé par la région de Västra Götaland et par les industriels et universités actifs dans le secteur des biocarburants, estime que le pays est en mesure de relocaliser d'ici 2030 la chaîne de production d'environ 20 TWh, soit la consommation totale de biocarburant actuelle en Suède, et ceci sans changements indirects d'affectation des sols mais par l'utilisation accrue des résidus issus de l'agriculture, de la forêt, de l'industrie etc. mais aussi, et sur ce point le rapport se montre très volontariste, par la reconversion de terres utilisées actuellement pour la production d'alcool et de viande, qui représentent la majorité des terres utilisées par les suédois. La Suède pourrait ainsi augmenter de trois fois la récolte du bois et continuer à gérer durablement ses ressources (De Jong-Akselsson & al, 2017). *In order for Sweden to be a pioneer country in the transition to a fossil fuel free transport sector, we need to include a high realization of domestic biofuel production. We should not shift a dependency on imported fossil fuels, for a dependency on imported biofuels.*

Source : Biofuels from agricultural biomass - Land use change in swedish perspective, the swedish knowledge centre for renewable transportation fuels, sweden, 2017

ENCADRÉ 5

5 • L'ÉVOLUTION DU PARC AUTOMOBILE SUÉDOIS

• LA HAUSSE DU PARC AUTOMOBILE N'ENTRAÎNE PAS DE HAUSSE DES ÉMISSIONS •

La trajectoire des émissions de carbone par le secteur des transports en Suède marque une baisse continue depuis 2007. Pourtant, comme l'affirme le rapport « CO₂ emissions and economic incentives » pour le Nordic Council Minister (Jordal-Jorgensen & al., 2017) sur le transport automobile, le parc automobile suédois augmente depuis 2009 passant de 4,30 millions de voitures en 2009 à 4,67 millions en 2015, soit une augmentation de 9,11% (Figure 10). Cette augmentation plus importante que dans le reste de la Scandinavie, s'explique en partie par l'absence de taxation d'immatriculation en fonction de la taille des véhicules et de leur puissance, contrairement à ses voisins nordiques (Swedish Transport Agency, 2017).

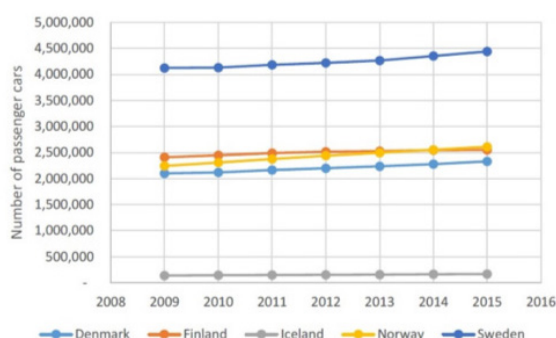


FIGURE 11. ÉVOLUTION DES DISTANCES PARCOURUES EN AUTOMOBILES DANS LES PAYS NORDIQUES ENTRE 2009 ET 2015

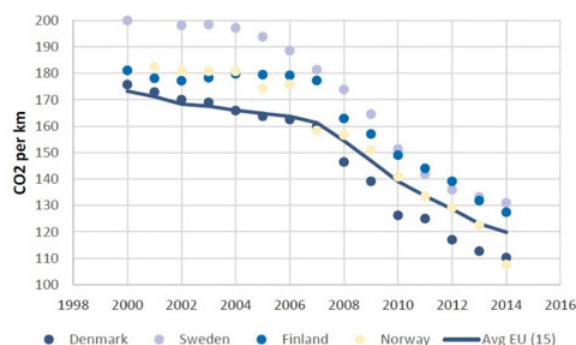


FIGURE 12. ÉMISSIONS CO₂ PAR KILOMÈTRE DES VOITURES NEUVES DANS LES PAYS NORDIQUES ENTRE 2000 ET 2014

S'ajoute à ceci, l'accroissement notable des déplacements en voitures en Suède (Figure 11), passant de 63,28 millions de km parcourus en 2008 à 65,82 millions de km en 2015 (TRAFA, 2017). Ceci malgré l'initiative de plusieurs collectivités suédoises telles que Stockholm et Göteborg, d'instaurer une taxe de « congestion » des infrastructures afin de réduire le trafic urbain.

La diminution des émissions de CO₂ suédoises s'explique donc d'abord par l'amélioration des véhicules, les nouvelles motorisations, et l'utilisation des biocarburants, davantage que par des changements de comportement. Cette amélioration de la qualité des véhicules est particulièrement marquante en Suède d'après l'European Environment Agency et les services de la Commission Européenne (cf figure 12) qui montre les progrès considérables réalisés depuis 2000, dans la baisse des émissions de CO₂ au kilomètre.

Les chiffres avancés par Bil Sweden, association commerciale suédoise pour les fabricants et importateurs de voitures, camions et autobus, montrent une évolution importante du parc automobile entre 2016 à 2017 avec 379.393 nouvelles voitures en 2017, soit une hausse de 1,9% par rapport à 2016, le chiffre le plus élevé jamais enregistré (Bil Sweden, 2018).

Comme dans le reste de l'Europe, on observe une baisse de la part des voitures diesel nouvellement immatriculées qui est la plus significative avec -4,3% en 2017, ne représentant ainsi plus que 49,1% du parc automobile neuf contre 52,3% en 2016 (Bil Sweden, 2018). Pour autant, la baisse du parc diesel n'a pas entraîné de hausse des émissions de CO₂ en 2016 (les véhicules diesel étant moins émetteurs de CO₂ que les véhicules essence), comme annoncé à l'échelle européenne par l'Institut Jato Dynamics qui impute à cette baisse des voitures diesels (et à l'augmentation des véhicules SUV), l'augmentation des émissions de CO₂ moyennes des voitures neuves de 117,8 g/km en 2016 à 118,1 g/km en 2017 (étude présentée au salon de l'automobile de Genève en mars 2018).



• **LES SUPER « GREEN CARS » ET LA POLITIQUE INDUSTRIELLE VOLONTARISTE DES CONSTRUCTEURS** • Les spécificités suédoises sur les biocarburants diesels, mais aussi l'utilisation d'une part significative d'éthanol pour les véhicules à essence sont une base de l'explication de ce résultat, mais nous pouvons aussi noter le développement rapide de la vente des « super green cars », appellation donnée aux véhicules émettant moins de 50 gCO₂/km.

En 2017, année record de vente de véhicules neufs, les super green cars représentaient 5,1% (19 000 voitures) des nouvelles voitures immatriculées, soit une augmentation de 1,6 point par rapport à 2016 (3,5%). Les prévisions 2018 de Bil Sweden, confirmées pour le moment par les résultats des ventes du premier trimestre, prévoient 34 000 voitures « super-propres » nouvellement enregistrées en 2018, soit 9,4% du marché total prévu de 360 000 nouvelles voitures. Cette mutation du parc automobile suédois à travers le déploiement rapide des « super-green cars » est un facteur d'espoir important de la baisse des émissions de CO₂, qui montre l'importance d'une synergie entre incitations financières gouvernementales et dynamisme des constructeurs.

Les Super-Green Cars et la fiscalité écologique sur les véhicules en Suède

Le « *Super-Green Car Premium Ordinance* » 2011-2018 entré en vigueur en janvier 2012 visait à promouvoir la vente de voitures très économe en énergie, et très peu émettrices, qui désigne une voiture qui émet moins de 50 g de CO₂ par km (seuil de 2016). Le « *super-green car premium* » consistait en une prime à l'achat de 20 000 SEK (1960 €) pour un véhicule hybride à 40 000 SEK (3920 €) pour les véhicules électriques. Le gouvernement suédois a décidé le remplacement de cette prime à compter du 1^{er} juillet 2018 par un système de bonus-malus pour les véhicules particuliers, qui s'étend aux bus et camions peu émetteurs.

Le malus s'applique autant aux véhicules diesel et essence et est progressif les trois premières années de circulation. Il est de 82 SEK/gCO₂/km (8 €/gCO₂/km) entre 95 gCO₂/km et 140 gCO₂/km, puis s'élève au-delà à 107 SEK/gCO₂/km (10,50 €/gCO₂/km). Le bonus pour les véhicules zéro émissions est progressif jusqu'à 60 gCO₂/km pour atteindre 10 000 SEK (977 €) dans la limite de 25% du prix d'achat du véhicule. L'objectif est de tendre avant 2022 vers une moyenne des émissions des véhicules en circulation de 95 gCO₂/km, ce qui correspond au seuil à atteindre d'ici 2021 fixé par l'Union Européenne.

ENCADRÉ 6

A ce stade, les super-green cars ne représentent pas encore une part significative dans le parc automobile suédois, le faible développement de l'électrique (seulement 0,8% du parc auto suédois en 2015) pose la question d'un développement suffisant des infrastructures de recharge électrique sur l'ensemble du territoire suédois. La motorisation gaz (1,4% en 2015) est en baisse, tandis que la motorisation hybride ne représentait encore que 2% en 2015. Selon le rapport « *CO₂ emissions and economic incentives* », si l'âge moyen du parc de voitures en Suède était de 10,2 ans en 2014, la baisse des prix de vente des véhicules électriques (30 k€ en moyenne), hybrides simples (25 k€ en moyenne) et hybrid plug-in véhicules (38 k€ en moyenne) permet effectivement d'envisager un renouvellement rapide et moins émissif du parc alors que les prix moyens des voitures essence (12 k€) et diesel (23 k€) restent stables (Jordal-Jorgensen & al., 2017, p.47-50).

Les engagements Volvo sur la fin des moteurs thermiques

Le constructeur suédois Volvo a annoncé, début juillet 2017, que tous les nouveaux modèles qu'il mettrait sur le marché à partir de 2019 seraient entièrement électriques ou hybrides. Les modèles lancés avant cette date seront toujours équipés de moteurs à combustion ; il introduira ainsi progres-

sivement dans sa gamme des modèles allant du tout électrique aux hybrides à batterie rechargeable. Cette stratégie de Volvo doit être rapprochée de celle de son propriétaire, le constructeur chinois Geely, qui ambitionne de développer une offre de véhicules électriques en Chine et d'ouvrir un centre d'innovation pour leur développement à Göteborg en Suède.

ENCADRÉ 7

D'autres initiatives de recherche à suivre de près ont par ailleurs été lancées comme l'« *electric light trucks* » par le constructeur de camions Scania, en partenariat avec Siemens, Volvo et Alstom (ICCT, 2017) pour aller vers des transports de marchandises zéro-émissions. Le Global Electric Trucks Market Research Report de novembre 2017 précise que si l'industrie du camion électrique mondiale a souffert d'un ralentissement sur l'année 2016, la tendance générale sur les quatre dernières années est positive (+55% entre 2013 et 2016, +41 millions de \$) et devrait conserver sa dynamique dans les années à venir pour atteindre 159 millions \$ en 2021. La complémentarité technologique des infrastructures est importante pour ces projets d'électrification des moteurs. Ainsi, Scania, en partenariat avec Siemens, développe des projets d'électrification d'autoroutes « *e-highway* » (Siemens, 2015) sur le modèle des omnibus. L'université de Lund a quant à elle initié le projet « *Elonroad* » (ICCT, 2017) sur la base d'un rail conducteur permettant aux voitures et camions électriques de se recharger tout en roulant.

• LES VÉHICULES SUV, EN CONTRASTE AVEC LA TRAJECTOIRE POSITIVE DU PARC AUTOMOBILE SUÉDOIS. Le développement massif du marché des sport utility vehicle (SUV), majoritairement motorisées pour fonctionner au diesel, est un signal inquiétant qui accroît les risques d'augmentation des émissions de CO₂ et des microparticules, annulant les effets positifs dus aux « *super-green cars* ». Le SUV Volvo XC60 est la voiture la plus vendue en 2017 en Suède avec 21 419 exemplaires (Statistica, 2018). Les constructeurs étrangers se sont également implantés sur le marché suédois avec par exemple le SUV Tiguan de Volkswagen, la 7^e voiture la plus vendue dans le pays.

Le marché des SUV en pleine expansion en Europe

Entre 2006 et 2016, la vente des SUV Europe a connu une croissance de 300 % (de 1,12 millions de véhicules en 2006 à 3,88 millions en 2016). Cette tendance semble se confirmer dans les années à venir puisque les prévisions de Jato Dynamics prévoient 6 millions de SUV imma-

triculés en 2020 (Jato Dynamics, 2017, p.4). Avec seulement 3,9 % d'entre eux bénéficiant de la motorisation électrique en 2017, l'augmentation des ventes SUV ont contribué à l'augmentation enregistrée des émissions de CO₂ européennes d'au moins 0,1 % sur la période 2016-2017.

ENCADRÉ 8

CONCLUSION



En conclusion, la politique nationale suédoise a conféré aux acteurs des différentes filières du transport routier, un socle incitatif fort pour leurs investissements dans l'innovation technologique tant dans les performances des véhicules que dans celles des biocarburants. Pour autant, la situation suédoise présente des tendances contradictoires comme le montrent le développement du marché des SUV diesel ou l'augmentation des trajets en voiture, malgré les limitations de circulation dans les zones urbaines. La question de la comptabilisation des émissions de CO₂ liées à la consommation de biocarburants en Suède sera centrale dans les prochaines années. L'évolution de l'approvisionnement (notamment en huile de palme) et la relocalisation de cette production seront des choix essentiels pour la Suède puisse démontrer la durabilité de sa stratégie de réduction des émissions adossées aux biocarburants, qui pour l'instant apparaît comme une solution transitoire mais non-reproductible à l'échelle mondiale. L'évolution de ces tendances contradictoires dira si la Suède sera demain la vitrine d'une mobilité routière climato-compatible.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data.
- Eurobserv'ER (juillet 2017), Baromètre Biocarburants 2017.
- European Commission (2017), EU Energy in figures : Statistical Pocketbook 2017, Luxembourg : Publications Office of the European Union.
- Eurostat.
- Swedish Energy Agency Statistics 2018.
- Statistics Sweden.
- Swedish Environmental Protection Agency (2017), National Inventory Report Sweden 2017 Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2015, Naturvårdsverket.
- United States Department of Agriculture.

RAPPORTS ET REVUES :

- Ahlgren Serina et al. (2011), Greenhouse gas emissions from cultivation of agricultural crops for biofuels and production of biogas from manure, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Uppsala.
- EurObserv'ER (octobre 2017), Renewable Energy Policy Factsheet on Sweden.
- European Biofuels Technology Platform (2015), Biofuels in Sweden, Biofuel Fact Sheet.
- Katrin Millock (2010) La taxation énergie-climat en Suède. Droit de l'environnement, Victoires édition <halshs-00433906>.
- Government Offices of Sweden (2015), Free Fossil Declaration.
- Jordal-Jørgensen, Jørgen; Kveiborg, Ole; Friis-Jensen, Sandra (2017), CO₂ emissions and economic incentives : Recent developments in CO₂ emissions from passenger cars in the Nordic countries and potential economic incentives to regulate them, Copenhagen, Nordic Council of Ministers.
- Journal officiel de l'Union Européenne (15 septembre 2015), Directive (UE) 2015/1513 du Parlement européen et du Conseil du 9 septembre 2015 modifiant la directive 98/70/CE concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel et modifiant la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.
- Martin Michael, et al. (2017), Environmental and socio-economic benefits of Swedish biofuel production, Report No 2017 : 01, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden.
- Métivier Clément et al. (octobre 2017), Global panorama of carbon prices in 2017, Institute for Climate Economics.
- Moultak Marissa et al. (2017), Transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles, The International Council on Clean Transportation (ICCT), Washington.
- Paolucci Alessandro (2017), The future of the car industry as WLTP bites, JATO Dynamics, Europe.
- Roström Bengt (2017), Sweden : 2018 Budget Bill – expansionary, Nordea, Stockholm.
- Square Commodities (2016), Biodiesel Market Report, Issue No. 152 May 12, 2016.
- Swedish Knowledge Center for Renewable Transportation Fuels (février 2017), EU sustainability criteria for biofuels, F3 Fact Sheet.
- Transport & Environment (Avril 2016), Globiom : the basis for biofuel policy post-2020.
- Valin Hugo (IIASA), Peters Daan (Ecofys), Van den Berg Maarten (E4tech), et al. (2015), The land use change impact of biofuels consumed in the EU : Quantification of area and greenhouse gas impacts, Commissioned by the European Commission. Ref. Ares (2015)4173087.
- ZERO and Rainforest Foundation Norway (17 février 2016), Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) in biofuels.

PRESSES PRÉSENTATIONS :

- Collet Philippe (18 septembre 2015), Agrocarburants : les règles européennes sont fixées, Actu-environnement.
- Ekblom Tomas (avril 2018), IEA Bioenergy Task 39 Business Meeting 7-9 April 2018, Svebio.
- Greenea, (11 décembre 2014), Waste Based Biofuels, Waste Based Feedstock.
- Jaecker-Voirol Anne (Dr.) (10 mars 2015), Les biocarburants d'aujourd'hui et de demain Enjeux et perspectives - Conférence CNAM « Biocarburants ».
- Kuronen Markku (novembre 2013), Introduction to HVO, a premium bio-based diesel, Neste Oil.
- Platts, (26 avril 2016), Norway tightens regulations on use of PFAD for biodiesel.





Faire du transport routier un solide pilier de la lutte contre les gaz à effet de serre

A l'instar de la communauté internationale face aux défis liés aux changements climatiques, le gouvernement sud-africain ambitionne de faire baisser les émissions nationales de dioxyde de carbone (CO₂) de 34% en 2020 et de 42% d'ici 2030. Le secteur des transports, un des contributeurs majeurs à la pollution atmosphérique et 2^e émetteur de CO₂ est un des piliers de cette lutte, et plus précisément le transport routier, constitué par les opérations de fret et le transport de passagers, dont les technologies utilisées et les modes d'exploitation ne sont pas en phase avec ces objectifs, et doivent être repensés.

En ce sens, diverses initiatives sont entreprises par les autorités étatiques et municipales pour atteindre les objectifs ciblés. Les matériaux utilisés comme les modes d'exploitation sont constamment remis en question. Par ailleurs, un appui au secteur des énergies renouvelables est attendu, à travers des programmes d'investissements et de subventions conséquents, probantes contributions du secteur des transports routiers sud-africains à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Cette fiche présente l'évolution des émissions du sous-secteur des transports routiers en Afrique du Sud, les facteurs explicatifs des tendances constatées et les actions de mitigation qui sont en train d'être menées.

Rédacteur principal • ALIOUNE THIAM • Expert Transports et Mobilité urbaine, Eco-Access

SOMMAIRE

1 • TENDANCE ÉVOLUTIVE NATIONALE EN DENTS DE SCIE SUR LA PÉRIODE 2012-2017

- Un sous-secteur des transports routiers qui suit la tendance nationale
- En cause : les formes urbaines et les modes de déplacement

2 • ENGAGEMENTS DE L'ÉTAT POUR UNE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DU TRANSPORT ROUTIER

- L'adhésion aux accords internationaux et un focus sur les secteurs les plus pollués
- Des mécanismes innovants

3 • ANALYSE DES CONTRIBUTIONS DES ACTEURS PRIVÉS

- Forte implication des acteurs non étatiques
- Exemples d'initiatives d'entreprises privées

4 • STRATÉGIES DES ACTEURS PUBLICS LOCAUX

- Articulation des politiques d'urbanisation et de transport pour réduire les déplacements
- Vers une logique de mobilité durable
- Innovations des transports publics
- Une prise de conscience naissante de la société civile et du grand public
- Des initiatives locales fortement soutenues par des ONG



1 • UN SOUS-SECTEUR DES TRANSPORTS ROUTIERS PRÉDOMINANT SUR LES ÉMISSIONS DU SECTEUR

• DES ÉMISSIONS DU SOUS-SECTEUR DES TRANSPORTS ROUTIERS FORTEMENT CORRÉLÉES À LA CONSOMMATION DE DIESEL •

La tendance évolutive des émissions du sous-secteur routier est à peu près similaire à celle du secteur des transports pris dans sa globalité ; ce qui ne surprend guère car elles représentent plus de 99 % des émissions du secteur. Leurs évolutions respectives sur la période 2002-2017 sont très proches : 3,02 % pour les transports routiers contre 3,21 % pour le secteur des transports.

D'année en année, on constate une légère progression à l'exception de 2016 où il a été enregistré des baisses aussi bien pour le secteur des transports dans son entièreté (-4,43 % par rapport à 2015) que pour le sous-secteur des transports routiers (-5,11 % relativement à 2015).

L'évolution des émissions des transports routiers suit le rythme des émissions provenant des carburants fossiles, notamment le diesel. C'est le cas entre 2002 et 2017, avec une évolution hausse de 6,59 % des émissions du diesel. Les réductions récentes enregistrées ont été possibles grâce à une forte diminution des émissions de CO₂ issue de la combustion du diesel, soit une baisse de 2,59 % entre 2014 et 2015, et de 10,66 % entre 2015 et 2016 (Enerdata, 2018).

		2002	2006	2010	2012	2014	2015	2016	2017
Transport (consommation de carburant)	Quantité (en Mt)	36,97	44,45	48,14	51,20	52,93	53,73	51,36	54,80
	Évolution moyenne/an	-	5,06 %	2,08 %	3,17 %	1,69 %	1,53 %	-4,43 %	6,70 %
	Évolution 2002-2017	3,21 %							
Transport routier	Quantité (en Mt)	34,29	41,28	45,02	47,69	49,43	50,12	47,56	49,80
	Évolution moyenne/an	-	5,10 %	2,26 %	2,96 %	1,82 %	1,40 %	-5,11 %	4,71 %
	Évolution 2002-2017	3,02 %							
Consommation d'essence	Quantité (en Mt)	22,51	24,54	24,85	26,02	24,15	25,50	25,47	26,25
	Évolution moyenne/an	-	2,27 %	0,31 %	2,35 %	-3,58 %	5,57 %	-0,12 %	3,06 %
	Évolution 2002-2017	1,11 %							
Consommation de diesel	Quantité (en Mt)	11,76	16,71	20,16	21,66	25,25	24,60	21,97	23,38
	Évolution moyenne/an	-	10,52 %	5,17 %	3,72 %	8,28 %	-2,59 %	-10,66 %	6,41 %
	Évolution 2002-2017	6,59 %							
Consommation de GPL	Quantité (en Mt)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Consommation de gaz	Quantité (en Mt)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004

FIGURE 1. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ DES TRANSPORTS, 2002-2017

Source : ENERDATA

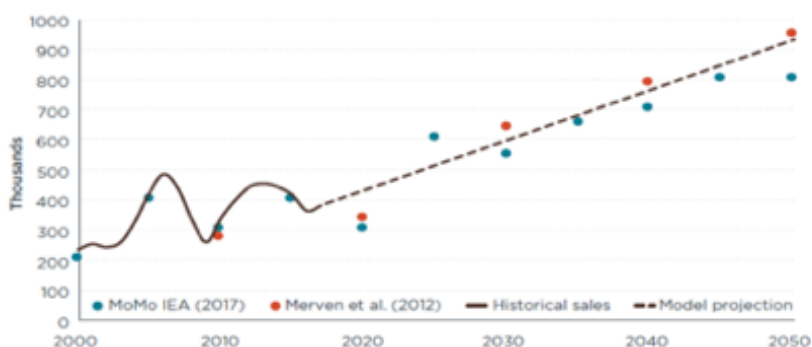
Les émissions des carburants fossiles du secteur routier représentent en moyenne 99,89 % des émissions du secteur, soit 44,79 % de contribution pour la gasoline et 55,11 % pour le diesel. Ainsi, l'augmentation quasi constante, légère et progressive notée sur la période 2012-2017, résulte-t-elle principalement d'une variation des émissions de ces deux sources d'énergie du transport (diesel et gasoline) au moment où les énergies alternatives (électrique, biocarburant et gaz naturel comprimé) font une très timide entrée à partir de 2012 (Enerdata, 2018).

• EN CAUSE : LES FORMES URBAINES ET LES MODES DE DÉPLACEMENT • Les succès économiques s'accompagnent naturellement de mutations sociales perceptibles dans les manières de vivre, de se comporter et de faire. L'Afrique du Sud, première économie continentale, ne sera pas une exception à cette règle. **Le pays connaît ainsi un important taux de motorisation non seulement du fait du niveau de revenu des populations en augmentation, mais également de la forte présence des industries automobiles (Volkswagen, Toyota, etc.).** La concurrence sur le marché intérieur de l'automobile rend facile l'accès à la voiture particulière.

Évolution du parc automobile

En 2015, les manufacturiers ont vendu plus de 400 000 voitures sur le marché sud-africain et exporté plus de 300 000 unités. L'une des deux plus grandes industries du marché, Toyota, s'est bien positionnée dans la production des petites et moyennes voitures ainsi que des véhicules de sport (SUV). Ces types de véhicules, préférés des sud-africains, produisent 43 % des émissions de CO₂ de la flotte. La forte émission de polluants des SUV s'explique par le fait que 62 % de ces véhicules utilisent du diesel (Posada, 2018). En 2015, la part de l'essence/diesel consommée par le secteur des transports a été de 43,8 % (GIZ, 2017).

S'accordant sur le Modèle de Mobilité de l'Agence Internationale de l'Energy (MoMo), des projections à l'horizon 2050 indiquent une augmentation des ventes de nouveaux véhicules de 600 000 à 800 000 unités. De la même manière, des estimations de l'Université du Cap prévoient d'une augmentation des ventes de 640 000 à 950 000 unités de 2030 à 2050. Sur la base de ces deux projections la flotte augmentera de 4 % en 2020 puis diminuera de 2,1 % jusqu'en 2050 (Posada, 2018).



MODÈLE ICCT : PROJECTION DE CROISSANCE DU PARC AUTOMOBILE PARTICULIER

ENCADRÉ 1

En outre, la forme urbaine des villes sud-africaines caractérisée par des zones d'habitat non dense et un étalement urbain, demeure également un facteur explicatif de cette hausse du taux de motorisation. L'apartheid a eu des effets très négatifs surtout dans le secteur des transports. En effet, la promotion des transports publics était contrainte par le problème de cohabitation des populations faisant que les services délivrés étaient destinés à des clients bien déterminés. Dans cette logique, les modes individuels sont toujours préférés et leur augmentation participe grandement à la pollution de l'environnement à travers les quantités de gaz à effet de serre qu'ils propagent.

2 • DES INTENTIONS MANIFESTES DE L'ÉTAT POUR DES ACTIONS ENCORE TIMIDES

Les autorités sud-africaines ont depuis longtemps affiché de réelles ambitions dans la lutte contre le changement climatique à travers des programmes et politiques de réduction des gaz à effet de serre (GES) au niveau national. Toutefois, en dehors des quelques mesures législatives et réglementaires, des actions significatives tardent à se concrétiser.



• **L'ADHÉSION AUX ACCORDS INTERNATIONAUX ET UN FOCUS SUR LES SECTEURS LES PLUS POLLUEURS** • Dans sa Contribution déterminée au niveau national (CDN), l'État entend s'appuyer fortement sur le levier « Transport » pour participer efficacement à l'effort global d'atténuation des émissions de GES au niveau mondial. Il s'engage désormais à **mobiliser des moyens financiers pour investir dans la promotion des systèmes de transports durables car plus respectueux de l'environnement.**

Depuis les négociations de Copenhague en 2009, l'option d'une **réduction des émissions domestiques de gaz à effet de serre de 34 % en 2020 et 42 % d'ici 2025** (GIZ, 2017) a été prise par le gouvernement de l'Afrique du Sud, à travers sa CDN.

• **UNE ATTENTION PARTICULIÈRE AU SECTEUR DES TRANSPORTS, NOTAMMENT ROUTIERS, À TRAVERS DES MÉCANISMES INNOVANTS** • A travers le « National Climate Change Response Paper (NCCR) », l'Afrique du Sud compte **améliorer l'efficacité énergétique de sa flotte de véhicules, encourageant ainsi les technologies vertes tels que les véhicules électriques et hybrides.** L'objectif fixé par les autorités étatiques est de faire rouler **3 millions de voitures électriques d'ici 2050 et mettre à la disposition de l'industrie des technologies vertes un programme d'investissement d'une valeur de 6,5 millions de rands** (GTS, 2016-2021). La part de marché des véhicules électriques était de 1,4 % du parc national en 2015, soit un total de 120 véhicules électriques (GIZ, 2017).

Un des combats majeurs envisagé par l'Afrique du Sud est **l'instauration de la fiscalité environnementale qui ferait d'elle l'un des premiers pays africains à mettre en application cette réforme.** Ce système de taxe vise entre autres la réduction de l'usage des carburants fossiles tels que l'essence, le diesel et le gasoil dans les secteurs producteurs d'énergie et le transport (Lettre de Politique de Réforme Fiscale Environnementale, en 2006). **La loi est en cours d'instruction à l'Assemblée nationale et le gouvernement compte procéder à son application en début d'année 2019.** Ces mesures fiscales favoriseraient le développement des sources d'énergie renouvelable (électrique, biocarburant, biogaz, éthanol, etc.) dont pourrait bénéficier le sous-secteur des transports routiers dans l'optique d'une transition énergétique.

Outre ces mesures législatives et réglementaires, le pouvoir public a mis en place des **programmes visant à développer les sources d'énergie renouvelables dont pourrait bénéficier le secteur des transports routiers.**

Il est ainsi noté des initiatives de décarbonation dans le domaine des transports de marchandises. **L'instauration du système de péage routier** par le gouvernement d'Afrique du Sud en est une illustration. Sur l'ensemble de son réseau, **16 % des routes sont dotées de postes de péages.** La réduction de la fréquentation des usagers sur ces routes à cause du prix du péage impliquerait un gain pour le pays en matière d'économie de CO₂ dans son sous-secteur routier (SANRAL, 2013).

3 • DE REMARQUABLES CONTRIBUTIONS DES ACTEURS PRIVÉS

Même si les émissions du transport routier continuent de dominer le secteur des transports pris globalement, il est à noter que la quantité de CO₂ qu'il génère a connu une stabilité ces dernières années avec des variations faibles voire négatives. Cet état de fait relève à bien des égards d'initiatives privées.

• **FORTE IMPLICATION DES ACTEURS NON ÉTATIQUES** • Cette stabilité résulte en grande partie d'une **forte implication des organisations non gouvernementales, des collectivités locales et des entreprises privées engagées à soutenir le gouvernement sud-africain pour l'atteinte de ses objectifs environnementaux.**

Dans cette logique, les actions des **entreprises de transports et logistiques** peuvent être citées en exemple notamment **leur implication dans le processus de décarbonation des transports routiers par fret.** Les leaders sud-africains dans les transports logistiques sont nombreux à s'investir dans

la politique environnementale du pays. **Le programme TIMBER (Technologie, Infrastructure, Market Changes, Behaviour, Energy and Regulation)**, lancé depuis 2011 et ayant comme vocation de faire baisser les émissions de carbone dans le transport de marchandises, **bénéficie de l'adhésion de plusieurs entreprises du secteur privé.**

Barloworld a introduit en 2014 le « *Green Trailer* » (« Tracteur Vert ») dans son parc. La technologie opère avec une vitesse constante de 70 à 80 km/h faisant ainsi gagner à la firme 11% d'économie de carburants soit une réduction des émissions de CO₂ de 66,8 tonnes sur une période de 10 mois (Henderson, 2014).

Quelques initiatives d'entreprises privées

Barloworld a introduit en 2014 le « *Green Trailer* » (« Tracteur Vert ») dans son parc. La technologie opère avec une vitesse constante de 70 à 80 km/h faisant ainsi gagner à la firme 11% d'économie de carburants soit une réduction des émissions de CO₂ de 66,8 tonnes sur une période de 10 mois (Henderson, 2014). Dans l'industrie forestière et du bois, les « *Smart Trucks* » (« Camions Intelligents ») sont principalement utilisés. Ces camions sont généralement longs et ont plus de capacité de transporter des chargements lourds que n'importe quel autre véhicule. Le recourt à ce type de matériel permettrait une baisse des trafics des frets et en même temps une augmentation de la productivité du sous-secteur. Sur le plan environnemental, l'Afrique du Sud assisterait à une réduction significative de ses émissions de carbone et éviterait l'usure de ses routes.

« Il y a actuellement 60 camions intelligents en exploitation en Afrique du Sud, et 30 autres sont en cours de conception et d'approbation » (Henderson, 2014). Depuis 2014, Imperial Logistics conduit la campagne « *Extra Distance* » (« Distance supplémentaire ») c'est-à-dire la différence entre le nombre de kilomètres parcourus par les véhicules et le nombre de kilomètres requis dans des conditions de planification optimale. *« Les premières indications sont que l'élimination de la distance supplémentaire dans leur flotte de Gauteng et de Cape Town pourrait entraîner des réductions de coûts de 29 millions de rands »* (De Swardt, 2014).

ECO₂Fleet est un service de collecte et de production de rapports sur la gestion du parc automobile basé sur le Web. Il a pour but de mesurer les émissions de carbone et de fournir des données de déclaration des émissions en conformité avec les normes internationales. Près de 500 entreprises (40 000 véhicules) sont actuellement abonnées à ce produit. *« Un client rapporte qu'en utilisant ces données, la consommation moyenne de carburant par véhicule sur les 900 véhicules du groupe est tombée en dessous de la moyenne de 10 litres / 100 km pour la première fois, une amélioration pouvant atteindre 30 % pour certaines catégories de véhicules »* (De Swardt, 2014).

ENCADRÉ 2

La congestion des grandes artères dans les grandes villes sud-africaines est le résultat d'une augmentation rapide des véhicules. Les vitesses commerciales des camions se voient chuter avec comme conséquence une consommation excessive de carburant, et corollairement, une accumulation des effets de serre dans l'atmosphère. Une estimation faite sur les coûts induits par cette situation montre un montant supplémentaire de 4 milliards de rands (soit 10%) aux coûts totaux des externalités du pays (Tom Tom, 2014).

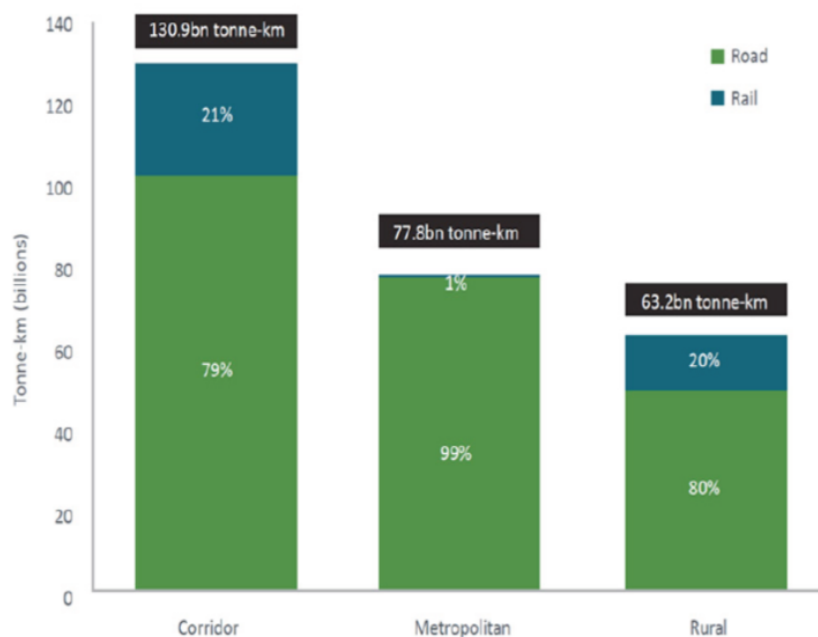


FIGURE 2. DISTRIBUTION DE LA DEMANDE GÉNÉRALE DU FRET EN AFRIQUE DU SUD EN 2014

Source : Havenga, JH, et al. (2016), Logistics Barometer South Africa 2016, Stellenbosch University

En 2013, selon WWF, 45 % des émissions nationales de frets provenaient de l'exploitation de deux corridors majeurs (Johannesburg-Durban et Johannesburg-Le Cap).

Le projet de terminaux intermodaux dans les villes à forte activité fret est alors mis en œuvre pour une meilleure interconnexion de ces pôles logistiques à travers une bonne promotion du report (Shift) d'une partie du fret routier vers le fret rail. Le trafic routier bénéficiant dans ce cas de plus de fluidité, les initiatives de décarbonation des transports de marchandise dans le pays sont plus probantes.

Ainsi, **Transnet** a-t-il introduit en 2012 une nouvelle génération de locomotives dans le sous-secteur des chemins de fer (« **Rail freight** »). Le déploiement de cette nouvelle technologie sur l'ensemble du réseau de **Transnet** traduit l'ambition de la société d'accorder plus de respect à l'environnement dans le cadre de ses activités d'exploitation. Avec cette initiative, le rail serait-il bien outillé en technologies modernes pour assurer pleinement son rôle dans le cadre du report modal du fret route vers le rail.

Une volonté de promouvoir l'intermodalité

« La construction de trois terminaux intermodaux pour connecter les trois principaux centres industriels - Gauteng, Durban et Cape Town - à travers une solution intermodale pourrait réduire les coûts de transport de 22,9 millions de tonnes de fret intermodal identifiées sur les deux corridors principaux générateurs d'externalités), entraînant des économies de 1,2 million de tonnes de CO₂ ». Havenga et al. (2015)

ENCADRÉ 3

Aujourd'hui, **l'intermodalité dans les transports logistiques est au cœur des préoccupations des acteurs de cette industrie, notamment les entreprises privées.** Cette vision a été prise en compte dans le **Pacte Annuel des Actionnaires entre le Département National des Entreprises Publiques (les actionnaires) et les opérateurs nationaux des chemins de fer.** En outre, la **signature en 2013 d'un protocole d'entente entre les plus grands fournisseurs de services logistiques sud-africains (Imperial Logistics, Barloworld Logistics et Transnet)** favorise davantage ce désir d'une intégration modale.

Enfin, les actions énumérées précédemment montrent une prise de conscience naissante des acteurs non étatiques sud-africains dans la lutte contre le changement climatique. **Dans le secteur des transports routier, l'implication de quelques opérateurs de transports et de logistiques se manifeste à travers la mise en cohérence de leurs programmes avec celui du gouvernement. Mais, ce dernier restant plus intentionnel qu'actif, les mesures en direction du secteur privé sont peu incitatives pour un engagement à la hauteur des défis pour la réduction nationale des émissions de gaz à effet de serre.**

Toutefois, les actions de ces entreprises privées sont renforcées par les initiatives des collectivités locales engagées dans la mise place des politiques de mobilité urbaine durable.

4 • STRATÉGIES DES ACTEURS PUBLICS LOCAUX

L'Afrique du Sud comptait en 2015, 55 millions de personnes, soit 0,8% de la population mondiale. Le pays est le plus urbanisé en Afrique, avec 64,8% des habitants vivant dans les zones urbaines en 2015, et plus de 2/3 en 2017 (GIZ, 2017). La structure urbaine caractérisée par de faibles densités des populations dans les villes (Johannesburg : 2 894 habitants/km² ; Le Cap : 1 560 habitants/km², en 2016) et une croissance urbaine étalée sur de longues distances constituent des enjeux majeurs pour la mobilité des personnes.

• ARTICULATION DES POLITIQUES D'URBANISATION ET DE TRANSPORT POUR RÉDUIRE LES DÉPLACEMENTS • L'étalement des zones urbaines est un legs du régime de l'Apartheid qui favorise le recours des habitants à la voiture particulière dans le cadre de leurs déplacements. **Dans les grandes agglomérations situées au nord comme au sud du pays, suite à un effet de développement des dessertes et de la mobilité, le resserrement des activités économiques et des ménages est le résultat d'une expansion harmonieuse de périphéries et de la création de centralités plus ou moins complètes. Ainsi, la morphologie urbaine a connu des transformations significatives pour lesquelles le transport et la mobilité ont joué un rôle majeur** (Vermeulin et Kahn, 2010).

3 - <https://www.acare4europe.org/sites/acare4europe.org/files/document/volume1.pdf>

4 - <https://www.acare4europe.org/documents/delivering-europe%E2%80%99s-vision-aviation-sria-2017-update>

5 - L'ICSA est composée de l'Aviation Environment Federation (AEF), Carbon Market Watch, EDF Environmental Defense Fund, the International Council on Clean Transportation (ICCT), Transport & Environment, et le WWF.



Aperçu sur les émissions de CO₂ selon le mode : un potentiel de réduction encore important

La contribution de l'automobile aux émissions de dioxyde de carbone dans le transport urbain de voyageurs est très forte en Afrique du Sud. Gauteng a enregistré en 2014 68,8% d'émissions de CO₂ provenant de l'usage des voitures particulières (VP), 22,8% d'émissions des taxis, 3,2% d'émissions des bus et 0,1% d'émissions du BRT (Bus Rapid Transit). Pour Cape Town 86% des émissions provenaient des VP, 7% des minibus taxis, 4% des bus et 1% des motos (WWF, 2016).

En 2014, le nombre de passager-km par mode est réparti à 45% pour la voiture particulière (VP), 50% pour les bus et 5% pour le rail (GIZ, 2017). Au regard de cette répartition modale et du potentiel de contribution de chaque mode (Cf. figure 3), il est évident que le potentiel de réduction des GES reste encore important.

ENCADRÉ 4

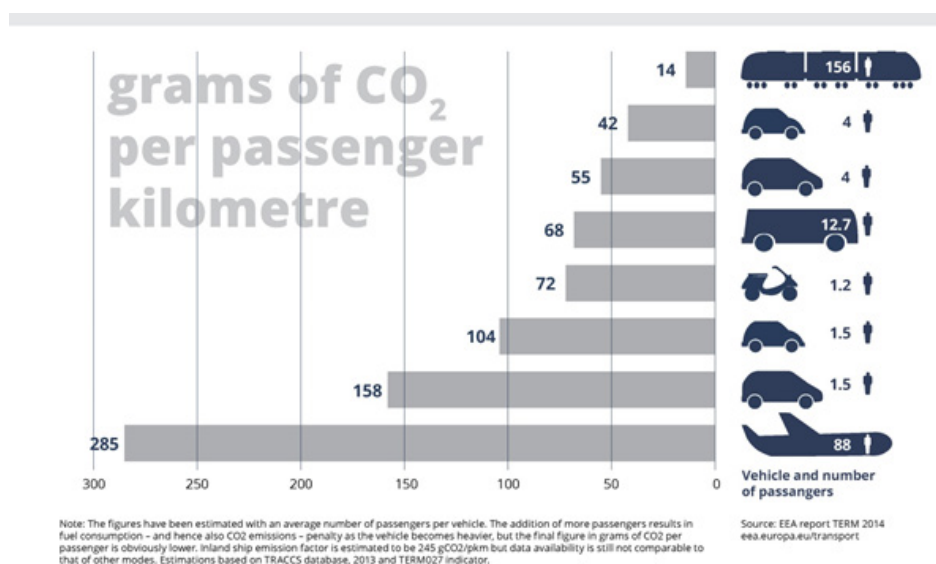


FIGURE 3. COMPARAISON DES ÉMISSIONS PAR MODE

Source : Agence Européenne de l'Environnement

• **CHANGEMENT DE PARADIGME APRÈS LA CRISE DES TRANSPORTS PUBLICS URBAINS : VERS UNE LOGIQUE DE MOBILITÉ DURABLE** • La question du développement durable, perçue comme une priorité nationale, est déclinée à toutes les échelles du territoire. **Au niveau local, les municipalités, dont les pouvoirs ont été élargis depuis 1995 intègrent la dimension durable à toutes leurs actions de planification et de développement urbains.**

Mais, il n'en a pas toujours été ainsi. Durant la période de l'Apartheid, les transports publics opéraient avec une forte discrimination en faveur des « blancs » au détriment des « non-blancs » à l'intérieur des aires centrales et péri-centrales. Par contre, les travailleurs noirs, métis et indiens se déplaçaient dans des réseaux souvent gérés par des autorités illégitimes et dépourvues de moyens tels que les Bantoustans. Par la suite, pour pallier le vide laissé par ces compagnies, de petits opérateurs privés de bus et taxis-minibus ont commencé à apparaître dans les townships. Rapidement, leur nombre a augmenté et leurs réseaux étendus dans les quartiers.

Ce secteur artisanal, informel et parfois très turbulent, était déjà devenu un trait commun à toutes

les métropoles sud-africaines au moment de la chute du régime de l'Apartheid. L'African National Congress (ANC), arrivé au pouvoir en 1994, n'avait pas d'autre choix que de reconnaître leur rôle primordial dans le transport urbain de passagers, en renvoyant à plus tard le dossier sensible de la régulation du secteur (Vermeulin et Kahn, 2010). Dans cette atmosphère de déréglementation et désorganisation des transports publics, l'accentuation des modes de transport non durables allait croissant et, incidemment, leurs impacts néfastes sur la vie des populations.

Aujourd'hui, la gouvernance de la mobilité urbaine est d'actualité dans les villes sud-africaines. Beaucoup de municipalités ont opté pour la création d'autorités locales de régulation des transports urbains. (Vermeulin et Kahn, 2010)

Ainsi, en 2003, **la municipalité de Thekwini à Durban a été la première à instituer une Autorité Organisatrice des Transports Urbains (AOTU)**, organe qui bien qu'indépendant, est placé sous la tutelle du gouvernement local dont les élus forment le conseil d'administration. La municipalité devient alors un « arbitre » du secteur des transports urbains et se trouve ainsi obligée de céder sa propre compagnie de bus (Bellangère et al., 2004).

Cette phase de mise en place des AOTU fut suivie par la privatisation et l'externalisation des services de transports publics. Cependant, outre les autorités de transport, les municipalités bénéficient d'un contrôle relatif sur l'exploitation des lignes puisqu'elles attribuent des subventions nationales aux opérateurs choisis. **Aujourd'hui, avec leurs agendas qui intègrent le volet environnemental, les municipalités sont toutes engagées dans la mise en place de systèmes de transport durable.**

La coupe du monde de football organisée en Afrique du Sud en 2010, a davantage accéléré le développement des infrastructures de transport durable dans les villes sud-africaine. La multiplication des lignes de Bus Rapid Transit (BRT), l'exploitation des bus, du Métro-rail et du Gautrain ont procuré aux municipalités une image moderne des transports urbains. Depuis, les collectivités locales s'intéressent de plus en plus au partage des infrastructures et aux modes économes plus respectueux de l'environnement. **Dans cette logique, les mairies sont souvent appuyées par des organisations non gouvernementales (ONG) agissant dans la sensibilisation, les conseils, le renforcement de capacité et l'appui financier.**

• **INNOVATIONS DU SECTEUR DES TRANSPORTS PUBLICS** • Dans toutes les villes sud-africaines, le taxi-minibus reste le mode de transport public dominant pendant que les bus et les trains gagnent de faibles parts de marché. **La théorie des transports urbains durable s'oppose aux systèmes dominés par l'artisanat, considérés comme non performants en termes d'accessibilité, de confort, de fiabilité, de régularité, de ponctualité et de sécurité.** Les tarifs pratiqués ne sont également pas attractifs pour les pauvres. En outre, leurs parcs de véhicules ne répondent pas aux nouvelles normes environnementales qui exigent des modes plus économes en énergies et moins polluants. La vieillesse de leur flotte est souvent synonyme d'insécurité routière et de pollutions atmosphériques néfastes sur la santé des populations vivant dans les espaces urbains.

Les villes sud-africaines semblent vouloir s'engager à « écologiser » leurs parcs de véhicules municipaux. Dans le Gauteng, par exemple, il y a déjà un élan autour du gaz naturel comprimé (GNC) en tant que carburant pour les autobus et les minibus taxis. Cette volonté des municipalités sud africaines paraît donc soutenable tant la demande projetée des municipalités pour de nouveaux bus est suffisante pour soutenir la fabrication locale de bus verts. Aussi, les villes sont-elles actuellement préoccupées par un mécanisme d'approvisionnement centralisé qui pourrait fournir aux fabricants d'autobus les garanties nécessaires pour justifier un tel investissement. Parmi leurs préoccupations, figurent la nécessité d'adapter les différentes exigences techniques entre les villes ainsi que la responsabilité politique locale (SACN, 2015).

A Johannesburg, le Metrobus, en tant que fournisseur de transports publics de la ville et appartenant à la municipalité, s'est engagé en 2015 à transformer certains de ses bus diesel actuels en les dotant de réservoirs bi-modes : carburant - bicarburant (DDF), en plus des acquisitions neuves. Il a également acquis des bus Euro-5 DDF, plus respectueux de l'environnement en termes d'émissions



de carbone. Au total, 150 autobus fonctionnant au gaz naturel comprimé (GNC) sont disponibles (50 transformés ; 100 nouvelles acquisitions). Ce projet a nécessité un investissement de plus de 355 millions USD pour les bus et le contrat de fourniture a été attribué à Sandown Motor Holdings (Pty) Ltd, un concessionnaire de véhicules utilitaires de Mercedes-Benz en Afrique du Sud. En outre, un montant qui avoisinerait 1,67 million USD a été réservé pour la fourniture et la livraison d'une station-service de gaz naturel comprimé (GNC) ; cette offre a été remportée par NGV Gas (Pty) Ltd.

Le biogaz comprimé et les autres sources d'énergie telles que l'énergie électrique et les biocarburants doivent également être adoptés pour avoir un impact significatif sur la pollution dans les villes. **Les municipalités sud-africaines sont nombreuses à promouvoir ces formes d'énergie qui non seulement sont plus avantageuses que le gasoil et le diesel en matière environnementale mais leur permet également de pouvoir recycler les déchets ménagers et industriels des villes. (SACN, 2015).**

Le gaz naturel comprimé (GNC) et biocarburant, une étape importante vers la durabilité des transports urbains

• Filières gaz naturel comprimé (GNC)

Le gaz naturel comprimé (GNC) est utilisé comme carburant de véhicule depuis au moins les années 1930, bien qu'il soit récemment devenu rentable à grande échelle et qu'il est aujourd'hui largement utilisé. Un mélange de gaz (principalement du méthane) est extrait, soit de puits de gaz dédiés ou à côté du pétrole, et est ensuite traité, comprimé et brûlé dans un moteur spécialement conçu. Le GNC pourrait potentiellement réduire les émissions des transports publics de l'Afrique du Sud, ce qui serait une étape importante vers la durabilité. **A Gauteng, le GNC est déjà adopté comme carburant pour les autobus et les transports en commun (TMS).**

En mars 2014, la première station-service publique de GNC en Afrique du Sud a été ouverte à Langlaagte Johannesburg, et d'autres stations-service sont prévues dans un avenir proche. À l'instar des autres carburants de substitution, le GNC nécessite une infrastructure substantielle : les dépôts doivent être convertis et le personnel doit être réaffecté au remplissage et à l'entretien des bus GNC (SACN, 2015).

• Filières Biocarburants

Les biocarburants sont de diverses natures par lesquelles on peut distinguer le biogaz, ci-dessous énuméré, le bioéthanol et le biodiesel. Ces énergies sont des combustibles biologiques qui n'ont pas un impact majeur sur l'environnement. Ils font partie de la classe des sources d'énergies renouvelables plus propres que les combustibles classiques. Toutefois, les biocarburants peuvent être issus du traitement de déchets mais ils sont généralement dérivés des cultures à forte teneur en glucides comme la canne à sucre, la betterave à sucre ou les amidons. Ce qui aura comme conséquence une réduction des terres consacrées à la culture des denrées alimentaires favorisant ainsi l'insécurité alimentaire et la souveraineté (SACN, 2015).

Actuellement, l'Afrique du Sud a mis en place une stratégie industrielle pour les biocarburants qui vise à atténuer les impacts potentiels sur la sécurité alimentaire en excluant certaines cultures des biocarburants. Il vise à atteindre une pénétration de 2 % des biocarburants dans l'approvisionnement national en combustibles liquides à court terme. Cela peut être accompli en utilisant environ 1,4 % des terres arables de l'Afrique du Sud, dont environ 14 % sont actuellement sous-utilisées - principalement dans les anciens homelands (DME, 2007). En pratique, cet objectif s'est révélé difficile à atteindre (SACN, 2015).

• Filières biogaz

Pour produire du biogaz, les déchets organiques sont placés dans un digesteur anaérobie (au lieu d'une décharge) contenant un mélange particulier de bactéries. Sur une période d'environ deux semaines et avec un minimum d'apport supplémentaire, ces bactéries décomposent les déchets en méthane et en CO₂ dans un processus similaire à celui d'une décharge. Cependant, dans un digesteur anaérobie, le processus est contrôlé, plus rapide et permet de capturer, purifier, comprimer et utiliser le gaz. Le même processus peut être utilisé pour traiter à la fois les déchets agricoles et les égouts. Ce processus avait l'habitude d'être standard dans de nombreuses usines d'assainissement d'Afrique du Sud, mais beaucoup de digesteurs utilisés étaient tombés en désuétude. Une étude récente suggère que l'Afrique du Sud pourrait produire environ trois millions de mètres cubes normaux de biogaz brut par jour à proximité des centres urbains, les déchets solides municipaux étant les plus gros contributeurs (EcoMetrix, 2015 ; SACN, 2015).

La municipalité de Thekwini a plusieurs projets de mécanismes de développement propre en cours pour produire du biogaz à partir des sites d'enfouissement, des eaux usées et des effluents agricoles. La viabilité à long terme est encore plus importante que les gains à court terme et les infrastructures de biogaz resteront importantes pour le traitement des déchets et la production d'énergie. Contrairement à toute autre source d'énergie, le biogaz augmente avec la population, ce qui est important car non seulement la population et la croissance économique entraîneront une demande d'énergie, mais cela contribuera également à la production de déchets et à la pression des eaux usées (Greben et al. 2009 : 1).

L'Afrique du Sud bénéficie d'un soutien international et national pour le biogaz.

La Finlande, l'Autriche et le Royaume-Uni ont été les principaux donateurs de projets de biogaz en Afrique du Sud, tandis que la Banque mondiale et la Banque de développement de l'Afrique australe (DBSA) se sont fortement engagées dans les initiatives de biogaz. La DBSA tient à fournir un soutien financier aux propositions de biogaz pertinentes qui amèneront les producteurs d'électricité indépendants (IPP) en Afrique du Sud à un stade bancable. Le Département de l'énergie dispose des informations nécessaires sur le potentiel du biogaz, le paysage législatif et les intentions des décideurs. Par le biais de SANEDI, il a mené des recherches qui suggèrent qu'il existe suffisamment de sources potentielles de biomasse pour la production de biogaz à l'échelle requise pour le transport. (SACN, 2015)

ENCADRÉ 5

• UNE PRISE DE CONSCIENCE NAISSANTE DE LA SOCIÉTÉ CIVILE ET DU GRAND PUBLIC EN FAVEUR DES VÉHICULES HYBRIDES ET ÉLECTRIQUES •

L'usage des véhicules hybrides et électrique en Afrique du Sud, malgré la jeunesse du parc, montre une prise de conscience de la société civile et, plus généralement, des populations des inconvénients des modes non économes et non respectueux de l'environnement comme les véhicules particuliers à essence ou gasoil qui sont encore très nombreux.

En 2015, le marché des véhicules électriques a été de 120 unités, soit 1,4% du marché national. La part des nouveaux enregistrements dans le total des véhicules électriques en stock ont été de 82,2%. Les infrastructures de charges lentes des véhicules accessibles publiquement a été de 10 unités (GIZ, 2017).



• **DES INITIATIVES LOCALES FORTEMENT SOUTENUES PAR DES ONG** • Les actions des ONG telles que **Sustainable Energy Africa - SEA, World Wildlife Fund - WWF, South Africa Cities Networks – SACN, Greencities, l'Union Africaine des Transports Publics – UATP** et sa maison-mère, **l'Union Internationale de des Transports Publics - IUTP**, sont remarquables en Afrique du Sud avec souvent **le rôle de catalyseurs de la mise en œuvre des stratégies de mobilité durable dans les villes sud-africaines**. « Il existe également un secteur non gouvernemental émergent prêtant attention aux transports, au changement climatique et aux problèmes connexes liés à la forme et à l'accessibilité urbaines, comme le prouvent le **Programme Faible Carbone sur le Transport de WWF et le Projet Énergie Durable Afrique initié dans plusieurs municipalités africaines et qui se caractérisent tous par leur volonté de promouvoir des systèmes de transport à faible teneur en carbone** » (Cape Town Briefing Paper).

Aperçu sur des coopérations entre les collectivités locales et les ONG

World Wildlife Fund (WWF) a pour ambition de faire transiter l'Afrique du Sud vers une économie à bas carbone à travers des innovations et des transformations. Par le biais de sensibilisation et d'appuis au gouvernement sud-africain, l'organisation s'est fixée comme objectif de faire passer le pays dans une situation où les énergies renouvelables seront utilisées à 100 % d'ici 2050.

Dans son dernier rapport publié en 2016, l'analyse sur la base de deux études (« Atténuation à Long Terme » et « Analyse du Potentiel d'Atténuation ») a permis à WWF de faire les recommandations suivantes pour réduire les GES en Afrique du Sud : (1) utiliser de manière accrue le rail pour les transports de marchandises, (2) reporter les passagers de la voiture particulière vers transport public, (3) augmenter le taux d'occupation des véhicules, (4) augmenter le nombre de véhicules hybrides sur les routes, (5) introduire les véhicules électriques, (6) augmenter l'efficacité des véhicules de tourisme, (7) augmenter le nombre de voitures privées diesel (qui sont moins génératrices de CO₂ que les véhicules à essence), (8) substituer progressivement les biocarburants à l'essence et au diesel.

Sustainable Energy Africa (SEA) est également très active en Afrique Sud. A travers diverses études, l'organisation donne des orientations à l'État sud-africain pour une réduction durable des émissions de GES. A partir du constat que 18 zones métropolitaines et villes secondaires en

Afrique du Sud consomment 37 % des énergies du pays, elle préconise la mise en place d'actions concrètes au niveau local pour favoriser l'atténuation des émissions nationales surtout dans le secteur des transports qui est toujours caractérisé par une inefficience, la congestion sur les routes et la forte dépendance à la voiture particulière (SEA, 2015).

L'Union Africaine des Transports Publics (UATP) : en Afrique, et particulièrement en Afrique du Sud, l'UATP est en train de jouer un rôle important dans la promotion des transports collectifs. A travers des forums, des conférences et des rencontres avec les décideurs dans le domaine des transports urbains, l'UATP dresse des recommandations pertinentes dans la mise en place de réseaux de transports collectifs urbains performants. A titre d'exemple, on peut évoquer le troisième congrès et exposition sur les transports publics africains qui s'est tenu en Afrique du Sud, en 2014 en collaboration avec le département des routes et des transports de Gauteng et l'Agence de gestion de Gautrain. Sur le thème « La croissance de l'Afrique grâce à un système de transport public efficace », plus de 300 intervenants locaux et internationaux, délégués et exposants ont échangé des expériences diverses sur ce sujet.

En 2015, le 7^e sommet AFRICITES à Johannesburg a permis à l'**UATP et African Water Association - AFWA** de formuler des orientations sur les défis et les solutions durables pour les transports, l'énergie, l'eau et assainissement pour l'émergence des villes africaines.

ENCADRÉ 6

CONCLUSION

La stabilisation des émissions de CO₂ du sous-secteur des transports routiers en Afrique du Sud enregistrée ces dernières années résulte d'une prise de conscience de l'État central et des collectivités locales, fortement soutenue par des acteurs non étatiques.

Toutefois, pour encourageante qu'elle soit, cette volonté étatique nécessite plus d'engagements et d'actions concrètes au regard des défis posés en terme de réduction des gaz à effets de serre générés par les transports routiers qui sont les pollueurs les plus importants dans le secteur des transports.

En effet, le niveau des émissions du sous-secteur des transports routiers reste élevé alors le potentiel de réduction est important.

Aussi, est-il légitime de se poser la question de savoir si, au rythme actuel de la transition énergétique dans le secteur des transports routiers et également de la prise de conscience individuelle et collective, l'objectif d'une utilisation à 100% des énergies renouvelables dans le sous-secteur des transports à l'horizon 2050, est réalisable.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

PUBLICATIONS :

- Knoema, Atlas mondial de données, Afrique du Sud, Transport
- Perspective monde, Afrique du Sud
- STATS SA, Statistics South Africa
- CAIT Climate Data Explorer (WRI), South Africa
- OCDE, Données sur l'Afrique du Sud
- CEIC Data, South Africa Motor vehicle sales : Passenger Cars
- C40 data profile on Johannesburg
- C40 data profile on Cape Town
- ENERDATA (Données jusqu'en 2017)
- CCNUCC, Greenhouse Gas Inventory Data (Données jusqu'en 2015)
- Agence Internationale de l'Energie (AIE), Emission data service, CO₂ Emissions from Fuel Combustion (Données jusqu'en 2015 mais éléments 2016)
- Global Carbon Projects Carbone Dioxide Information Analysis Center (CDIAC) ; (Données 2016)
- Knoema
- Perspective Monde, Statistiques Energie, (Données jusqu'en 2015)
- CAIT Climate Data Explorer (WRI) - Climatewatchdata.org
- L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE), Economic Instrument Database & Statistics
- La Banque Mondiale

PUBLICATIONS :

- UNEP (2017), The Emissions Gap Report 2017, United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, p.116
- Global Carbon Project (2017), Global Carbon Budget 2017, Copernicus Publications, p.44
- Global Carbon Project (2017), (Données 2016)
- CCNUCC (2017), Yearbook of Global Climate Action 2017, Marrakech Partnership, p.61.
- International Institute for Sustainable Development
- GIZ, Publications database
- African Centre for Technology Studies
- ClimDev Africa
- The Overseas Development Institute
- ITF, Transport Outlook, 2017
- Sustainable Mobility for All, Global Mobility Report 2017 : Tracking Sector Performance, 2017, Washington DC, p. 107
- PPMC, Macro-feuille de route mondiale pour un transport décarboné et résilient : une dynamique de transformation, Novembre 2017
- Edina Löhr, Daniel Bongardt and al, Transport in Nationally Determined Contributions (NDCs), Lessons learnt from case studies of rapidly motorising countries, Ricardo Energy & Environment, Bonn, 2017.
- Vieweg, Marion; Bongardt, Daniel; Dalkmann, Holger; Hochfeld, Christian; Jung, Alexander; Scherer, Elena (2017) : Towards Decarbonising Transport – Taking Stock of G20 Sectoral Ambition. Report on behalf of Agora Verkehrswende and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

- ICCT, Official fuel efficiency and CO₂ emission data sources.
- IEA, Global EV Outlook, 2017
- CDP, Which car makers are driving into trouble? , 2016
- CDP, Which automotive companies will seize the opportunities in a low-carbon economy?
- Executive Summary, 2018
- CCAC, Global Strategy to Introduce Low Sulfur Fuels and Cleaner Diesel Vehicles, 2016
- ICCT, European Vehicle Market Statistics, Pocketbook, 2017/2018
- EDC, CDC Climat, Ieta, South Africa : An Emissions Trading Case Study, 2015.
- Havenga Jane et al., The Decarbonization of Transport Logistics : A South African Case Study, Stellenbosch University, South Africa, 2015
- Henseler, C et al., Green Logistic Indicators for Gauteng, South Africa, Nexus et Insitute for Cooperation Management and Interdisciplinary Research, Janvier 2017
- Kane Lisa, Understanding how people move in Cape Town, Septembre 2016
- M Suleman, M Gaylard, S Tshaka and C Snyman (2015). Accelerating the Transition to Green Transport : Towards a South African Cities Network Green Transport Programme. Green Economy Research Report No. 1, Green Fund, Development Bank of Southern Africa, Midran
- Republic of South Africa, Department of Transport, Green Transport Strategy 2016-2021, 2014
- S E A, Sustainable energy solutions for South African local
- government : a practical guide, Cape Town : Sustainable Energy Africa, 2017
- ICCT, South Africa's new passenger vehicle CO₂ emissions baseline analysis, Juin 2017
- Romano Del Mistro et al., Mitigating the impact of the expected increase in the population, economy and urban footprint in Cities of the South on greenhouse gas emissions : The case of Cape Town, Transportation Research Procedia 25 (2017) 3511–3528.
- Vosper, S.J., & Mercure, J.-F.. (2016). Assessing the effectiveness of South Africa's emissions-based purchase tax for private passenger vehicles : A consumer choice modelling approach. Journal of Energy in Southern Africa, 27(4), 25-37. <https://dx.doi.org/10.17159/2413-3051/2016/v27i4a1436>
- WWF, Transport Emission in South Africa, 2016
- WWF, Greenhouse gas emissions from passenger transport in Gauteng, 2016
- WWF, Greenhouse gas emissions mitigation opportunities and measures in passenger transport, 2016
- Brand South Africa, South Africa's transport, 28 Jun 2017
- Climate Neutral Group, Is South Africa ready for electric cars ?, 23 octobre 2017
- Quartz Africa, The chaos of South Africa's taxi system is being tackled with open data, 11 février 2017
- World Bank's blog "Transport and Development", 5 articles
- IATA, Air transport supports 490,000 jobs and contributes US\$12bn in GDP for South Africa, 21 June 2017
- Brand South Africa, Search for transport answers, 02 Nov 2016
- SNCF, Nouvelle étape dans la coopération entre SNCF et PRASA, 04 Juin 2018





Les politiques bas-carbone du transport routier indien et le rôle des acteurs non-étatiques

Face à l'augmentation de la demande de services et d'infrastructures de transport en Inde, il est indispensable de développer un système de transport efficace. Cependant, au fur et à mesure que les besoins de mobilité du pays augmentent, leurs impacts s'intensifient également. Tandis que le secteur du transport routier émerge comme l'un des plus grands contributeurs aux émissions de gaz à effet de serre (GES), à la pollution atmosphérique, à la congestion routière et à plusieurs autres externalités négatives, un éventail de mesures sont actuellement mises en œuvre pour améliorer son efficacité. La coordination des politiques publiques et des actions des acteurs non-étatiques et la collaboration entre ces entités sous la forme de campagnes de sensibilisation, d'initiatives de renforcement des capacités et de recherches, peuvent améliorer l'application de ces mesures. Dans cette optique, la présente étude examinera comment les efforts de ces acteurs non étatiques s'alignent sur la promotion d'un secteur du transport routier à faibles émissions de carbone en Inde. Nous ne nous intéresserons ici qu'aux évolutions normatives et techniques du transport routier, sans perdre de vue que l'aménagement urbain et le développement du transport public restent absolument essentiels à la stabilisation des émissions du secteur.

Rédactrices principales • RIYA RAHIMAN ET AAKANSHA JAIN • Institut de l'énergie et des ressources (TERI)

SOMMAIRE

1 • PRÉSENTATION DU SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER

2 • DEMANDE DE TRANSPORT : IMPLICATIONS POUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET LES ÉMISSIONS

3 • INITIATIVES POLITIQUES POUR DÉCARBONER LE SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER

- Mobilité électrique
- Amélioration des normes en matière de technologies des carburants
- Vers de nouvelles sources de carburant : Politique en matière de biocarburants

1 • PRÉSENTATION DU SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER



Le transport joue un rôle vital dans les trajectoires de développement économique ; en transportant les passagers et les marchandises, il favorise la croissance individuelle et économique (United Nations, 2016). C'est pourquoi il est indispensable qu'une économie en pleine croissance telle que l'Inde se dote d'un système de transport sûr, durable et efficace. En Inde, le système de transport est multimodal et intègre le rail, la route, le transport maritime, l'aviation civile, le transport par les voies navigables intérieures et les pipelines. Les réseaux routiers et ferroviaires indiens comptent parmi les plus longs et les plus denses du monde et dominent le transport dans le pays (World Bank, 2011). La demande de transport est principalement stimulée par la croissance démographique et l'accroissement de l'activité économique. Comme la population de l'Inde devrait dépasser celle de la Chine d'ici 2024 et que les activités industrielles et commerciales devraient poursuivre leur essor, les déplacements des personnes et des marchandises connaîtront une transition rapide.

Au cours des dernières décennies, le transport routier s'est rapidement développé en Inde, grâce à des capacités infrastructurelles mieux installées, des politiques ciblées et des investissements (NTDPC, 2014). Le réseau routier indien se compose d'autoroutes nationales, d'autoroutes d'État, de routes de district, de routes rurales, de routes urbaines et de routes en projet. L'autoroute nationale, le réseau principal reliant les métropoles et les grandes villes, a joué un rôle de premier plan dans le développement du secteur du transport routier dans le pays. **Les autoroutes nationales représentent moins de 2% du réseau routier mais plus de 40% du volume total du trafic.**

Le secteur routier a toujours détenu la part dominante des flux de transport dans le pays et représente aujourd'hui 90 % des déplacements de passagers et 67% du transport de marchandises (MoRTH, 2016). Selon les statistiques du Road Transport Year Book (2016), entre 2005-06 et 2015-16, le nombre total de tonnes-kilomètres par route a augmenté selon un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 11% tandis que le total de passagers-kilomètres a augmenté selon un TCAC de 14% (figure 1).

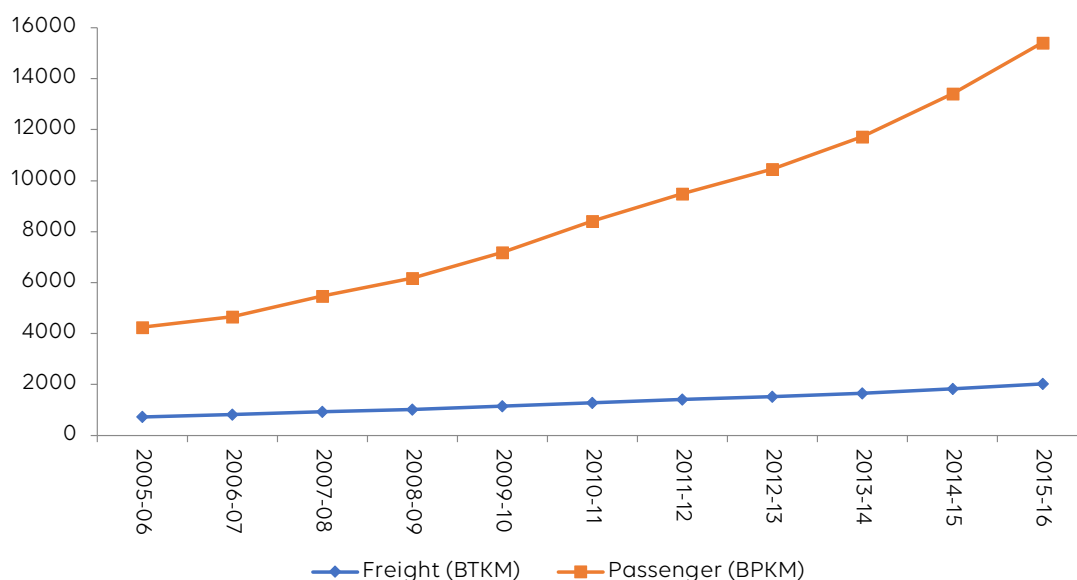


FIGURE 1. TRANSPORT DE MARCHANDISES ET DE PASSAGERS PAR LA ROUTE

(Source : MoRTH)

L'urbanisation compte également parmi les principaux facteurs ayant contribué à cette motorisation rapide (IUT, CSTEP, 2014). En effet, la demande de transport motorisé a augmenté en même temps que le nombre de personnes ayant rejoint les zones urbaines à la recherche d'opportunités

économiques. Selon les données du recensement de 2011, la population urbaine de l'Inde a augmenté de 31,8% au cours de la décennie précédente et représentait 31,6% de la population totale du pays. Quant aux véhicules motorisés, leur nombre a augmenté selon un TCAC de 9,9% entre 2006 et 2016 pour atteindre un total de 230 millions d'unités (figure 2) (MoRTH, 2016). L'augmentation du nombre d'agglomérations urbaines ou de villes comptant plus d'un million d'habitants dans le pays, dont le total est passé de 35 en 2001 à 51 en 2011, n'a fait qu'encourager la prolifération des véhicules à moteur dans ces villes, où l'on compte dorénavant 31% du total des véhicules motorisés immatriculés dans le pays. La croissance des villes et les changements d'affectation des terres a entraîné une expansion urbaine tentaculaire à l'origine d'une augmentation de la demande de déplacements. Une proportion importante de cette demande a été satisfaite par un niveau élevé de propriété de véhicules à deux roues et de voitures, qui représentent aujourd'hui 86,6% du total des véhicules immatriculés dans le pays.

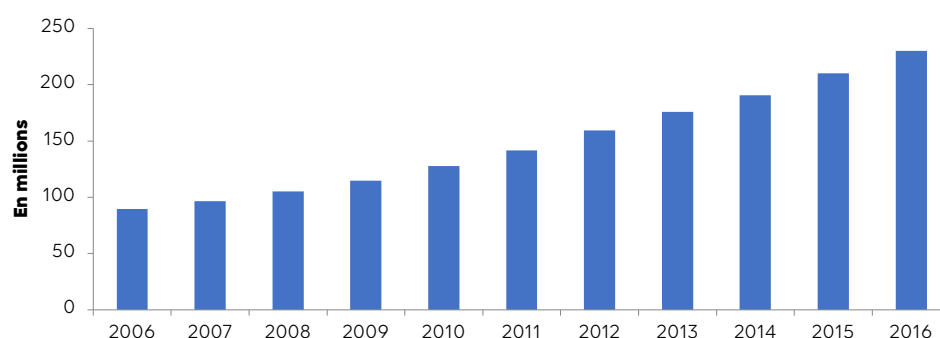


FIGURE 2. NOMBRE TOTAL DE VÉHICULES MOTORISÉS IMMATRICULÉS

(Source : MoRTH)

2 • DEMANDE DE TRANSPORT : IMPLICATIONS POUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET LES ÉMISSIONS

Sous l'effet de l'augmentation de la demande, le secteur du transport est devenu l'un des plus grands consommateurs d'énergie du pays. **Il représente actuellement 24% de la consommation énergétique totale du pays (TERI, 2018) et 98,5% de ses besoins sont satisfaits par des produits pétroliers (TERI, 2016).** Le secteur du transport indien représente 99,6% de la consommation totale d'essence et 70% de la consommation totale de diesel du pays (Nielsen, 2013). **Selon les estimations de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), le secteur du transport indien représente près de 3% de la consommation totale de carburant du secteur du transport à l'échelle mondiale.**

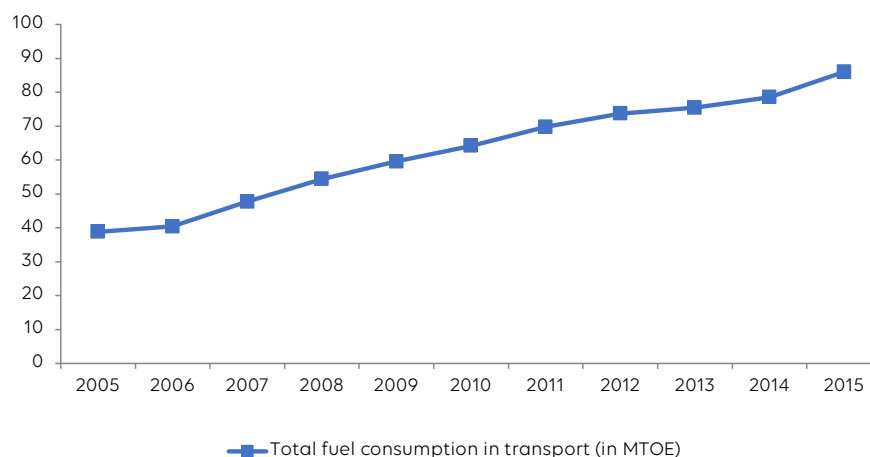


FIGURE 3. CONSOMMATION DE CARBURANT PAR LE SECTEUR DU TRANSPORT EN INDE

(Source : IEA)



Entre 2005 et 2015, la consommation de carburant du secteur du transport indien a augmenté à TCAC de 8,3 %, passant de 38,8 millions de tonnes équivalent pétrole (MTEP) en 2005 à 86 MTEP en 2015 (figure 3). Au cours de cette même période, la consommation mondiale de carburant par le secteur du transport a augmenté à TCAC de 2 %, passant de 2212 MTEP à 2704 MTEP.

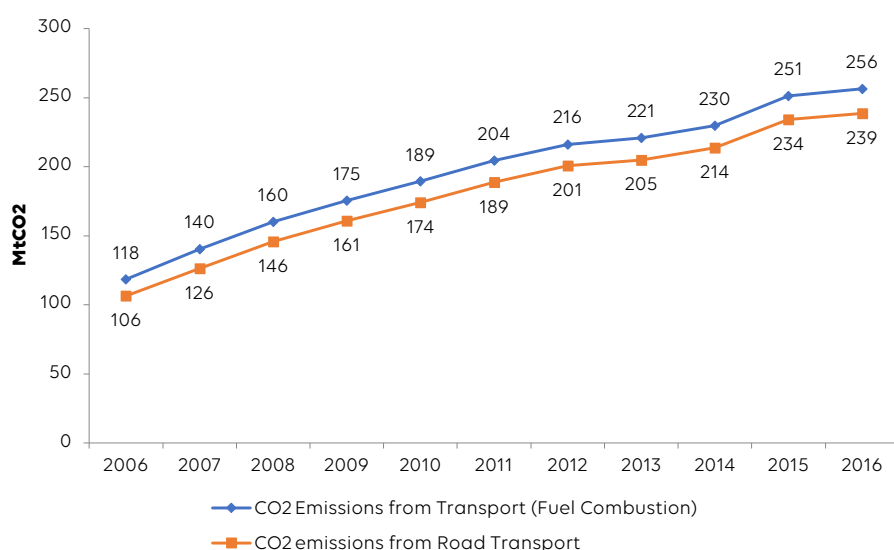


FIGURE 4. ÉMISSIONS DE CO₂ PROVENANT DE LA COMBUSTION DE CARBURANTS DANS LE SECTEUR DU TRANSPORT EN INDE

Source : Enerdata

Le secteur du transport représente 10 % du total des émissions de gaz à effet de serre (GES) en Inde¹ (MoEF, GoI, 2015). Comme une part élevée de ses besoins énergétiques est satisfaite par les carburants fossiles conventionnels tels que l'essence et le diesel, l'intensité d'émission provenant de la combustion de carburants dans ce secteur est passée de 10,5 % en 2000 à 11,5 % en 2014 (World Bank, 2018)². **Le secteur du transport indien représente 13,2 % du total des émissions de CO₂ issues de la combustion de carburants par l'ensemble des secteurs du pays, le transport routier représentant la plus grande part de ces émissions, à hauteur de 87 % (UIC/IEA, 2016).**

Si le rythme de croissance actuel devait se poursuivre, l'augmentation considérable de la demande de transport routier pourrait avoir un immense impact sur la consommation globale d'énergie de ce secteur et sur les émissions qu'il dégage. D'ici 2040, si aucune politique sectorielle n'est mise en place pour gérer la demande énergétique, les émissions de CO₂ de l'Inde devraient avoir triplé par rapport à leur niveau de 2013 (Busby & Shidore, 2017). Au vu de la forte dépendance du secteur envers la consommation de carburant, conjuguée à la forte dépendance du pays envers les importations de pétrole brut (83 % de la consommation totale de pétrole), il est impératif de planifier des politiques sectorielles capables de gérer la demande en carburant et en énergie de ce secteur au cours des décennies à venir et d'influencer le niveau futur des émissions de carbone (Pal, Singh, Wilson, & Joshi, 2015).

Dans ce contexte, le déploiement de stratégies d'atténuation et d'adaptation dans le secteur du transport jouera un rôle de premier plan pour atteindre les objectifs des contributions déterminées au niveau national (CDN), qui représentent une occasion unique pour l'Inde de réduire ses émissions et sa consommation d'énergie. Dans le cadre de ces CDN, un ensemble de stratégies a été mis au point pour réduire l'intensité d'émission de son PIB d'ici 2030 à un niveau de 33 % à 35 % inférieur au niveau de 2005 (UNFCCC, 2015). À cette fin, l'Inde concentre ses efforts sur plusieurs initiatives d'atténuation visant à développer des systèmes de transport à faibles émissions de carbone et haute efficacité énergétique qui réduiront les émissions du secteur du transport.

Dans l'objectif de promouvoir une croissance du secteur du transport routier à faibles émissions de carbone et haute efficacité énergétique, le gouvernement a mis en place plusieurs politiques

1 - In terms of CO₂ equivalent

2 - Global emission intensity from transport sector decreased from 22 % to 20,4 % between 2000 and 2014

et programmes dans les segments du transport de passagers et de marchandises. En termes de qualité des carburants et de normes d'émission des véhicules, l'Inde accuse un retard par rapport aux normes internationales (NTDPC, 2014). C'est pourquoi la première priorité des politiques relatives au segment du transport routier porte sur l'amélioration des technologies véhiculaires par la mise en œuvre de normes progressives en matière d'efficacité énergétique et d'émissions, le développement des véhicules électriques et l'utilisation des biocarburants en mélange. L'adoption de ces politiques se traduira par d'importantes économies de carburant et réductions d'émissions, et promouvra par là-même un avenir durable à faibles émissions de carbone pour le secteur du transport routier.

Toutefois, pour concrétiser cette vision d'un secteur du transport routier durable et à faibles émissions de carbone, l'engagement réel des parties prenantes concernées est indispensable. À cet égard, les initiatives des acteurs non étatiques visant à réduire les émissions jouent un rôle de plus en plus important, notamment celles du Central Road Research Institute (CRRI), un laboratoire national de premier plan également membre du Conseil de la recherche scientifique et industrielle (CSIR), qui mène des recherches et exécute des projets de développement pour le secteur du transport, de l'Automotive Research Association of India (ARAI) une association coopérative de recherche industrielle mise en place par l'industrie automobile sous l'égide du Ministère des Industries du gouvernement indien, de la Society of Indian Automobile Manufacturers (SIAM), l'organe principal représentant les constructeurs automobile en Inde, et d'autres organisations de recherche industrielle et technologique, d'entreprises privées et de groupes de réflexion. **Alors que le gouvernement indien a prévu une feuille de route politique pour le transport durable des passagers et des marchandises, ce sont les actions et les contributions des acteurs non étatiques qui, avant tout, détermineront l'efficacité de l'exécution et de l'adoption de ces politiques.** Afin d'évaluer le rôle de ces acteurs pour parvenir à une croissance à faibles émissions de carbone dans le secteur du transport routier, il convient d'abord de comprendre les politiques actuelles visant cet objectif.

3 • INITIATIVES POUR DÉCARBONER LE SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER

• **MOBILITÉ ÉLECTRIQUE** • Dans le monde entier, la mobilité électrique est devenue l'une des technologies les plus prometteuses pour le développement de solutions de transport durables, principalement sous l'effet de l'augmentation des coûts d'énergie, de l'épuisement des carburants fossiles et de la hausse des émissions (DHI, 2012). Les interventions des gouvernements sous forme de réglementations visant à promouvoir les véhicules à émissions nulles ont favorisé l'adoption de véhicules électriques ; grâce à leur absence de gaz d'échappement et leur viabilité économique à long terme, ces véhicules se révèlent être une solution technologique alternative avantageuse partout dans le monde (ASSOCHAM, EY, 2018).

Comme l'Inde est une économie en forte croissance, elle connaît également une augmentation rapide de la demande de transport de passagers et de marchandises sur de longues distances. Cette augmentation de la demande est principalement satisfaite par le transport routier, qui consomme énormément d'énergie. Mais cette forte demande de produits pétroliers tirée par le secteur routier s'accompagne de répercussions économiques, environnementales et sociales ultérieures : augmentation des importations de pétrole, des coûts d'énergie et des émissions, et épuisement des carburants fossiles. C'est pourquoi l'accélération de l'adoption des véhicules électriques est l'une des interventions politiques choisies par le gouvernement indien pour améliorer l'efficacité du secteur du transport et pour en atténuer les impacts économiques et environnementaux défavorables.

L'histoire des véhicules électriques en Inde commence en 1996, année à laquelle 400 unités ont été fabriquées et vendues par Scooters India Ltd. Bharat Heavy Electricals (BHEL) a également conçu un bus électrique en 2000 puis, avec l'appui du gouvernement, a produit 200 vans électriques à Delhi. Toutefois, c'est en 2001 qu'a eu lieu le grand bond en avant avec l'introduction de REVA, une voiture électrique plus efficace et plus fiable que les modèles antérieurs. En ce qui concerne



l'adoption en masse de ces véhicules, les principales préoccupations portaient sur le coût élevé de leur recharge, les infrastructures de recharge, l'autonomie limitée des batteries, etc. (DHI, 2012). C'est pourquoi, en vue de promouvoir une adoption rapide et massive des véhicules électriques en Inde, le gouvernement a lancé en 2013 le Plan de mission national pour la mobilité électrique (NEMMP) à l'horizon 2020, dont le Programme pour l'accélération de la fabrication et de l'adoption des véhicules hybrides et électriques (programme « FAME India ») est l'un des composants. Dans le cadre de ce programme, des subventions ont été introduites pour promouvoir les ventes de véhicules électriques et hybrides. À ce jour, la mise en œuvre de ce programme s'est traduite par une réduction de 770 000 tonnes des émissions de CO₂ et des économies de carburant à hauteur de 31 millions de litres (DHI, 2018).

Initiatives de start-ups

En 2015, dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'air à Bangalore, Lithium Urban Technologies est entrée sur le marché des véhicules électriques. L'organisation Lithium fournit le premier service de taxis électriques en Inde destiné aux entreprises. Grâce à sa flotte de 200 véhicules, elle économise près de 11 tonnes d'émis-

sions de carbone chaque jour en couvrant une distance totale de 60 000 kilomètres. Afin de faciliter la circulation de ces véhicules non polluants, l'entreprise a également établi 200 stations de recharge rapide à travers la ville (The Better India, 2017).

ENCADRÉ 1

Pour stimuler l'adoption des véhicules électriques en Inde, un investissement de l'ordre de 7,95 milliards de roupies a été approuvé dans le cadre du programme FAME-I; il sera consacré au développement de technologies, à la création d'infrastructures, à des subventions visant à stimuler la demande et à des projets pilotes (ASSOCHAM, EY, 2018). Le gouvernement a également sélectionné 11 villes où des projets pilotes seront mis en place pour veiller à l'intégration de véhicules électriques aux transports publics (bus, véhicules à trois roues et taxis) (PIB, 2015). **En outre, des mesures coordonnées appliquées en collaboration par les gouvernements, les acteurs non étatiques et les acteurs privés contribuent à l'expansion de la mobilité électrique dans le pays. Par le biais de partenariats avec les administrations centrale et des États, des fabricants d'automobiles tels que Mahindra et TATA facilitent la mise en œuvre des cadres politiques.** En appui à la campagne de sensibilisation eMobility de l'État de Karnataka, Mahindra Electric (pionnier des véhicules électriques en Inde), ainsi que le groupe Baghirathi (prestataire de services de mobilité partagée), ont déployé une flotte de 50 véhicules électriques et annoncé parallèlement un investissement supplémentaire de 4 milliards de roupies sur cinq ans. Le groupe Baghirathi envisage également de déployer 1 000 véhicules électriques Mahindra destinés aux déplacements professionnels (Mahindra & Mahindra Ltd., 2018). Dans le même objectif visant à réduire l'empreinte carbone du pays, Tata Motors a signé un protocole d'entente avec l'État indien du Maharashtra pour soutenir sa politique en matière de véhicules électriques. Dans le cadre de leur collaboration, Tata déploiera 1 000 véhicules électriques sur les segments particuliers et entreprises et établira également 100 stations de recharge pour véhicules électriques à travers l'État (ET, 2018).

En plus du segment des véhicules particuliers, le gouvernement œuvre également à l'introduction de véhicules électriques dans les transports publics multimodaux. **En 2017, Nagpur a été la première ville du pays à lancer un projet pilote de transport électrique de masse, en collaboration avec Mahindra Electric, Kinetic Green Energy, Power Solutions et Ola.** La ville a ainsi acquis une flotte de 200 véhicules électriques, parmi lesquels 100 taxis électriques « e20 » fabriqués par Mahindra Electric et 100 pousse-pousse électriques fournis par Kinetic Green Energy et Power Solutions, tandis qu'Ola, un service de réservation de taxi en ligne, a fourni la plate-forme de gestion des véhicules. Ola a également construit quatre stations de recharge, dotées de 53 bornes de recharge, pour

alimenter la flotte des 200 véhicules électriques (live mint, 2017).

Des transports publics intermédiaires écologiques

En 2010, dans l'objectif de combler les lacunes de la connectivité au premier et au dernier kilomètre, le gouvernement de Delhi a lancé une flotte de pousse-pousse électriques. Depuis, ils sont devenus extrêmement populaires dans la ville, leur nombre passant de 4 000 unités en 2011 à 100 000 en 2015. (CEED, 2017). En vue de promouvoir davantage l'adoption de ces véhicules alimentés par batterie, le gouvernement de Delhi a également établi un système de subventions octroyant 30 000 roupies aux conducteurs qui modernisent leur ancien véhicule ou immatriculent leur véhicule (ET, 2016).

ENCADRÉ 2

En 2018, le Centre for Study of Science, Technology and Policy (CSTEP), un groupe de réflexion politique privé, a mis au point un plan de déploiement d'une flotte de bus électriques pour Bengaluru, avec l'appui de la Fondation Shakti pour l'énergie durable (SSEF). Dans le cadre de cette étude, une analyse détaillée a été réalisée pour identifier les routes adaptées à la construction d'installations de distribution de véhicules électriques (EVSE) et de l'infrastructure de recharge. Une analyse du transport et de la distribution d'électricité a également été réalisée en collaboration avec la Corporation du transport métropolitain de Bangalore (BMTCL) et la Société d'approvisionnement électrique de Bangalore (BESCOM) (CSTEP-SSEF, 2018).

• **AMÉLIORATION DES NORMES EN MATIÈRE DE TECHNOLOGIES DES CARBURANTS** • Globalement, les véhicules particuliers, les véhicules à deux roues, les véhicules à trois roues et les véhicules commerciaux légers représentent un tiers de la demande de pétrole et environ 50 % de la totalité des émissions de GES issues du transport (ICCT, 2018). Comme le transport routier est en pleine croissance, la gestion énergétique du secteur du transport est une tâche difficile (AITD, 2000). C'est pourquoi l'adoption de normes relatives aux véhicules peut jouer un rôle essentiel pour déterminer la demande énergétique future dans un pays. Étant donné que la demande en automobiles demeurera dynamique en Inde et qu'elle aura un impact ultérieur sur la stratégie du pays en matière de sécurité énergétique et d'atténuation climatique, le gouvernement indien a mis en place une politique relative aux carburants automobiles, reconnaissant à quel point il est important d'adopter des mesures réglementaires telles que des normes d'économie de carburant et des normes d'émissions progressives (Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises, 2018).

• Normes d'efficacité des carburants

En avril 2017, le ministère du Transport routier et des Autoroutes (MTRA) a rendu public son premier ensemble de normes d'économies de carburant pour les véhicules légers sur le segment des véhicules de tourisme. Basées sur les normes CAFE (Corporate Average Fuel Economy)³, elles fixent des objectifs en matière de consommation de carburant par litre/100 km. Pour s'assurer de leur respect, ces normes sont converties en CO₂g/km pour les véhicules de tourisme à essence, diesel, gaz de pétrole liquéfié (GPL) et gaz naturel comprimé (GNC) dont le poids brut est inférieur à 3,5 tonnes. Cette politique se traduira par une baisse continue des émissions de CO₂ grâce à l'établissement de normes d'efficacité énergétique pour les nouveaux véhicules, de l'ordre de 130 g/km en 2017 et 113 g/km en 2022 pour chaque fabricant de voitures (TransportPolicy.net, n.d.).

3 - Les normes CAFÉ sont basées sur la performance CO₂ moyenne annuelle des entreprises et applicables aux fabricants. Ces normes garantissent la conformité en mesurant la moyenne pondérée des émissions de CO₂ de tous les véhicules motorisés fabriqués ou importés au cours d'une période donnée.



Alors qu'elle devrait compter le plus grand nombre de véhicules routiers dans le monde à l'horizon 2050 (SSEF, n.d.) et que les ventes connaissent une augmentation rapide, l'Inde est actuellement le quatrième plus grand marché automobile au monde (ET, 2018). Étant donné que la demande future de transport en Inde sera principalement tirée par les voitures, les normes d'efficacité pour les véhicules légers devraient permettre de réduire les émissions de CO₂ de 50 000 000 de tonnes d'ici 2030 (UNFCCC, 2015) et de réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 22,97 MTEP d'ici 2025 (BEE, 2017). Toutefois, pour réaliser un véritable impact, il faut aussi s'attaquer simultanément à la question de la gestion de la demande énergétique des autres modes de transport de passagers et du segment du transport de marchandises (AITD, 2000). Parallèlement, on prévoit également une augmentation de la demande de diesel à haut régime dans le pays, qui passera de 76 millions de tonnes en 2016-17 à 110,8 millions de tonnes en 2021-22. Comme 38 % de cette demande provient de véhicules commerciaux, ces derniers pourront avoir de graves répercussions sur la sécurité énergétique de l'Inde si aucune mesure de réglementation n'est prise (Nielsen, 2013).

Étant donné que les véhicules utilitaires lourds représentent plus de 50 % des émissions de CO₂ du transport routier en Inde, plusieurs organismes de recherche travaillent à l'élaboration d'un cadre réglementaire fixant des normes d'efficacité énergétique pour ces poids-lourds. L'Institut de l'énergie et des ressources (TERI) a entrepris une étude visant à identifier des trajectoires d'adoption de l'efficacité énergétique dans le secteur indien des poids-lourds. Cette étude applique plusieurs méthodologies pour formuler des normes d'efficacité énergétique et identifie également plusieurs technologies disponibles pour améliorer l'efficacité énergétique. Cette étude a été réalisée avec l'appui de SSEF, qui travaille en collaboration avec les responsables, les groupes de réflexion, la société civile et le secteur du transport, et aide à concevoir et mettre en œuvre des politiques en matière d'efficacité énergétique et de transports moins polluants.

• Normes d'émission

Les véhicules routiers comptent parmi les plus grands facteurs de pollution atmosphérique en Inde. Et non seulement les substances polluantes telles que le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC), les oxydes de nitrogène (NOX) et les particules rejetées par les véhicules aggravent la pollution atmosphérique locale, mais elles ont également de lourdes conséquences sur la santé. Afin de réduire la pollution atmosphérique occasionnée par les véhicules, le gouvernement indien a introduit des normes en matière d'émission.

Le premier ensemble de limites d'émissions collectives a été mis en œuvre en 1991 pour les véhicules à essence et en 1992 pour les véhicules diesel, et durci progressivement au cours des années 1990. En 2000, les normes India 2000, équivalentes aux normes Euro I, ont été mises en œuvre pour les voitures de tourisme et les véhicules commerciaux (DieselNet, n.d.). En 2001, les normes Bharat Stage II, équivalentes aux normes Euro II, ont été mises en œuvre pour tous les véhicules dans les villes de Delhi, Mumbai, Chennai et Calcutta (SIAM, n.d.). La Politique nationale relative aux carburants automobiles (2003) a défini une feuille de route pour le déploiement à l'échelle du pays des normes Bharat Stage II (BS II) d'ici 2005 puis des normes BS III (équivalentes à Euro III), ainsi que de la mise en œuvre des normes BS IV dans 13 villes, d'ici 2010 (PIB, 2015). En 2015, le projet de Politique relative aux carburants automobiles et la Vision 2025 recommandaient une feuille de route pour la mise en œuvre des normes BS IV dans tout le pays, de manière progressive, et envisageaient également d'introduire de manière anticipée les normes BS VI d'ici 2020, sans même mettre en œuvre les normes BS V auparavant (SIAM, n.d.). La mise en œuvre des normes BS IV a représenté un étape-clé pour résoudre le problème de la pollution extrêmement élevée dans les villes indiennes. Ces normes ont abaissé le seuil maximal de contenu de soufre dans le pétrole et le diesel à 50 ppm, alors qu'il était de 150 et 350 ppm respectivement. Avec la mise en œuvre des normes BS VI d'ici 2020, il est attendu que le contenu en soufre soit davantage réduit au seuil maximal de 10 ppm tant pour les véhicules essence que diesel (TransportPolicy.net, n.d.).

Les émissions des véhicules sont principalement déterminées par des facteurs tels que la technologie, la qualité du carburant, l'inspection et l'entretien des véhicules en service et la gestion des routes du trafic. Pour contrôler et réglementer ces facteurs, il est indispensable d'adopter une approche multipartite. Tandis que la responsabilité de l'établissement des normes d'émissions incombe au ministère du Transport routier des Autoroutes (MTRA) de l'Inde, la mise en application se fait par le biais des parties prenantes industrielles telles que la Société des fabricants automobiles indiens (SIAM), l'organisation faîtière du secteur dans le pays, qui représente les principaux constructeurs de véhicules et de moteurs, de même que plusieurs associations de recherche industrielle.

• **VERS DE NOUVELLES SOURCES DE CARBURANT : POLITIQUE EN MATIÈRE DE BIOCARBURANTS** • Alors que l'Inde bénéficie actuellement d'un dividende démographique, la demande d'énergie augmente à travers le pays. Cette forte corrélation qui existe entre la consommation d'énergie et la croissance économique est encore davantage renforcée par le rôle crucial de l'énergie dans le développement socio-économique du pays. Comme une part considérable de la demande énergétique de l'Inde est satisfaite par des carburants fossiles extrêmement polluants et non renouvelables, il est important de stimuler l'exploitation des ressources renouvelables non polluantes et inépuisables que l'on trouve dans le pays (Politique nationale sur les biocarburants, 2018).

En raison de la forte dépendance de l'Inde à l'égard de sources d'énergie fossiles, la sécurité énergétique représente également un grand sujet de préoccupation. Le secteur du transport routier, qui contribue à hauteur de 6,7% au PIB total de l'Inde, représente la plus grande proportion de cette consommation d'énergie. Comme la production nationale de pétrole brut est limitée, la dépendance du pays vis-à-vis des importations s'est accentuée, l'Inde important actuellement 82% de son pétrole brut (Politique nationale sur les biocarburants, 2018). Pour répondre à ces préoccupations, le gouvernement indien a présenté sa Politique nationale relative aux biocarburants en 2009, émise en 2017 pour fixer des objectifs plus exigeants puis rebaptisée Politique nationale sur les biocarburants-2018.

Cette politique a pour objectif d'accroître la part des biocarburants (dérivés de sources renouvelables de biomasse) dans les secteurs nationaux de l'énergie et du transport. Comme ces biocarburants seront principalement produits à partir de matières premières d'origine nationale, leur substitution aux carburants fossiles aura pour effet de promouvoir la sécurité énergétique, de lutter contre le changement climatique et de créer de nouvelles possibilités d'emploi pour les agriculteurs et les cultivateurs d'une manière durable. **À l'heure actuelle, le taux de mélange de l'éthanol dans l'essence se situe autour de 2% et le taux de mélange du biodiesel dans le diesel est inférieur à 0,1%.** Cette politique ambitionne d'atteindre l'objectif de 20% d'éthanol mélangé au pétrole et de 5% de biodiesel mélangé au diesel d'ici 2030. Comme l'aspect le plus important de cette politique est de parvenir à produire des biocarburants à partir de matières premières locales, le gouvernement envisage de créer un Répertoire de la biomasse nationale après avoir réalisé une évaluation des échantillons de biomasse et de matières premières à travers le pays (Politique nationale sur les biocarburants, 2018).

La mise en œuvre réussie du programme sur les biocarburants dépend en grande partie de la participation active des autorités centrales et des États, des agriculteurs, du secteur et des professionnels. Comme elles bénéficient du soutien assuré des autorités centrales, plusieurs entreprises publiques et privées produisent actuellement des biocarburants. **Praj Industries Limited, une entreprise basée à Pune, a développé une technologie permettant de produire de l'éthanol à partir de déchets agricoles tels que les résidus de canne à sucre, la paille de riz et de blé, etc. Ce processus est basé sur un modèle techno-socio-commercial, dans la mesure où les agriculteurs obtiennent un meilleur prix pour leurs produits tandis que leurs déchets agricoles, traditionnellement brûlés pour cuisiner à domicile, sont dorénavant utilisés de manière durable.**



Dans l'Assam, une coentreprise réunissant Numaligarh Refinery Limited, une entreprise publique, et Chempolis Oy, une entreprise technologique finlandaise, envisage de produire 60 millions de litres d'éthanol par an à partir de bambou. Enfin, notons que, plusieurs compagnies pétrolières indiennes investissent dans des raffineries de biocarburant pour accroître la production d'éthanol à partir de sources sans mélasse et promouvoir l'utilisation de carburants écologiques.

Comment les cultivateurs et les exploitants perçoivent le biodiesel

L'éthanol est principalement produit à partir de la mélasse de canne à sucre tandis que le biodiesel est produit à partir d'huile de jatropha et d'autres oléagineux. Il a été observé que la promotion des biocarburants dépend d'un éventail de facteurs, parmi lesquels la fourniture et la gestion des matières premières constituent le problème principal au niveau local. Pour comprendre la faisabilité de la culture du jatropha, Integrated Research and Action for Development (IRADe) et IT Power India Pvt Ltd ont entrepris une analyse basée sur des enquêtes conduites dans 41 villages du Rajasthan et de l'Odisha. Au Rajasthan, on a pu observer que les exploitants participaient de manière enthousiaste à la production de jatropha. L'État y a mis en place plusieurs programmes en appui aux plantations. Qui plus est, plusieurs entreprises privées promeuvent également l'agriculture en recrutant des agriculteurs. Dans l'Odisha, les exploitants ont commencé à cultiver le jatropha sur leurs terres en friche, sans compromettre la croissance des plantations. Plusieurs groupes d'entraide ont également été établis au cours de ce processus. Dans ces deux États, les observations ont conclu que l'adoption de ces cultures avait été principalement motivée par les avantages économiques supplémentaires découlant de l'utilisation des terres en friche (voir tableau ci-dessous).

Raisons pour cultiver le jatropha	Analyse des données d'enquête : Perception des exploitants pour choisir de cultiver le jatropha	
	Rajasthan	Odisha
Avantages économiques	92 %	96 %
Meilleur usage des terres en friche	54 %	77 %
Faible besoin d'engrais	77 %	-
Appui de la part des organisations locales	-	32 %
Pas besoin de protection contre le bétail	46 %	-

Source : (IRADe, IT Power India Pvt Ltd., 2011)

ENCADRÉ 3

CONCLUSION

Pour infléchir la tendance à la hausse de la consommation de carburants et des émissions, mais aussi pour respecter ses engagements nationaux, le gouvernement indien met actuellement en œuvre une série de mesures dans le secteur du transport. Toutefois, pour que ces mesures parviennent véritablement à décarboniser le secteur du transport routier, il est important d'adopter une approche globale pour garantir leur mise en œuvre efficace de même que la réalisation des divers objectifs politiques. À cette fin, une approche multipartite, incluant des contributions de la part de la société civile, du secteur privé, des groupes de réflexion et d'autres acteurs publics et privés sous forme d'actions décentralisées, joue un rôle essentiel pour réduire les émissions du secteur du transport routier.

N'HÉSITEZ PAS À NOUS FAIRE PART DE VOS RÉACTIONS À CETTE ÉTUDE ET DE NOUS INFORMER DE L'EXISTENCE DE RAPPORTS ET DE DONNÉES COMPLÉMENTAIRES, EN NOUS ÉCRIVANT À L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

DATABASE :

- World Bank. (2018). World Bank Group. Retrieved August 7, 2018, from The World Bank- IBRD-IDA/ Data
- DHI. (2018). Fame-India. Retrieved August 10, 2018
- Enerdata. (n.d.).
- MoRTH. (2016). Basic Road Statistics of India 2015-16. New Delhi: Transport Research Wing, Ministry of Road Transport and Highways (MoRTH).
- TERI (The Energy and Resources Institute). (2016). TERI Energy & Environment Data Diary and Yearbook 2015/16. New Delhi: TERI.
- TERI (The Energy and Resources Institute). (2018). TERI Energy & Environment Data Diary and Yearbook 2016/17. New Delhi: TERI.

PUBLICATIONS :

- CSTEP-SSEF . (2018). Implementation Plan for Electrification of Public Bus Transport in Bengaluru. Bengaluru: Center for Study of Science, Technology and Policy (CSTEP) .
- AITD. (2000). Environmental and Social Sustainability of TransportComparative.
- ASSOCHAM, EY. (2018). Electrifying India: building blocks for a sustainable EV ecosystem. Ernst & Young LLP.
- BEE. (2017). ecmaindia. Retrieved August 20, 2018, from www.ecmaindia.in
- Busby, J. W., & Shidore, S. (2017). When decarbonization meets development: The sectoral feasibility of greenhouse gas mitigation in India. Energy Research & Social Science, 60-73.
- CEED. (2017). De-fossilizing the Urban Public Mobility: Mainstreaming the E-rickshaw. Lucknow : Centre for Environment and Energy Development .
- DHI. (2012). National Electric Mobility Mission Plan (NEMMP)2020. New Delhi: Department of Heavy Industry (DHI), Government of India.
- IRADe, IT Power India Pvt Ltd. . (2011). RE Feature. Retrieved August 24, 2018, from www.mnre.gov.in: <https://mnre.gov.in/file-manager/akshay-urja/november-december-2011/EN/34-37.pdf>
- IUT, CSTEP. (2014). Review of Urban Transport in India. Institute of Urban Transport (IUT) (India), Centre for Study of Science, Technology & Policy (CSTEP).
- Karali, N., & Gopal, A. R. (2017). Improved heavy-duty vehicle fuel efficiency in India: Benefits, costs and environmental impacts. The International Council on Clean Transportation.
- Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises. (2018). National Auto Policy. Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises, GoI.
- MoEF, GoI. (2015). India: First Biennial Update Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- NHA. (2017). Annual Report 2016-17. National Highway Authority of India (NHA).
- Nielsen. (2013). Al India Study on Sectoral Demand of Diesel & Petrol. New Delhi: Petroleum Planning and Analysis Cell.
- NTDP (National Transport Development Policy Committee). (2014). India Transport Report: Moving India to 2032. New Delhi: Planning Commission, Government of India.

- Pal, S., Singh, S., Wilson, S., & Joshi, M. (2015). Outlook of energy demand from the transport sector in India. OPEC Energy Review, 39, 376-401.
- UIC/IEA. (2016). Railway Handbook on Energy consumption and CO₂ emissions. Paris: International Union of Railways (UIC) and International Energy Agency (OECD/IEA).
- UNDESA. (2017). United Nations Department of Economic and Social Affairs. Retrieved August 6, 2018, from www.un.org
- UNFCCC. (2015). India INDC. Retrieved August 8, 2018, from unfccc.int
- United Nations. (2016). Mobilizing Sustainable Transport for Development: Analysis and Policy Recommendations from the United Nations Secretary-General's High-Level Advisory Group on Sustainable Transport . New York: United Nations.
- World Bank. (2011, September). Transportation: India. Retrieved August 6, 2018, from web.worldbank.org

NEWS ARTICLES :

- ET. (2016, February 16). Auto from The Economic Times. Retrieved October 11, 2018
- ET. (2018). The Economic Times (ET). Retrieved August 11, 2018, from economictimes.indiatimes.com
- ET. (2018). The Economic Times (ET). Retrieved August 20, 2018, from economictimes.indiatimes.com
- live mint. (2017). live mint. Retrieved September 11, 2018, from livemint.com

PRESS RELEASES :

- Mahindra & Mahindra Ltd. (2018). Mahindra Electric and Baghirathi Group jointly power Karnataka's EV dream. Retrieved August 10, 2018, from mahindraelectric.com
- PIB. (2015). Press Information Bureau (PIB), GoI, Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises. Retrieved August 10, 2018, from pib.nic
- PIB. (2015). Press Information Bureau (PIB), GoI, Ministry of Petroleum & Natural Gas. Retrieved August 24, 2018, from pib.nic
- Tata Motors. (2018). Tata Motors signs a MoU with the Government of Maharashtra to promote e-mobility in the State. Retrieved August 11, 2018, from tatamotors.com

WEBLINKS :

- DieselNet. (n.d.). Retrieved August 29, 2018, from dieselnet.com
- ICCT. (2018). The International Council on Clean Transportation. Retrieved August 14, 2018, from www.theicct.org
- SIAM. (n.d.). Retrieved August 29, 2018, from siamindia.com
- SSEF. (n.d.). Shakti Sustainable Energy Foundation. Retrieved August 28, 2018, from shaktifoundation
- The Better India. (2017). The Better India. Retrieved September 28, 2018, from www.thebetterindia.com
- TransportPolicy.net. (n.d.). Retrieved August 28, 2018
- TransportPolicy.net. (n.d.). Retrieved August 29, 2018, from transportpolicy.net





Stabilisation des émissions du transport routier au pays de l'éthanol

L'objectif du Brésil en termes d'atténuation est une réduction des émissions nationales de GEE de 37% en 2025 par rapport au niveau de 2005 et de 43% en 2030. Si les principaux efforts du pays se concentrent sur l'augmentation de la participation des énergies renouvelables dans la matrice énergétique, l'arrêt du déboisement et la récupération de 12 millions d'hectares de forêts en Amazonie, le défi est également important dans le secteur du transport : diesel et essence représentent 75% de la consommation énergétique du secteur et les prévisions annoncent une participation des émissions de GES liées au transport à hauteur de 45% du total national en 2025 (Waycarbon, 2018). Le présent chapitre analyse les facteurs expliquant l'évolution des émissions du secteur de transport et les différentes actions en cours.

Rédacteur principal • GHISLAIN FAVÉ • *Consultant*

SOMMAIRE

1 • STABILISATION RÉCENTE DES ÉMISSIONS

2 • UNE MOBILITÉ URBAINE EN TRANSFORMATION

- La crise du transport public
- Les Plans de Mobilité Urbaine, instruments d'une mobilité sobre en carbone

3 • CARBURANTS, ENTRE SUCCÈS ET DÉFIS

- Éthanol carburant, le modèle brésilien
 - Dépendance du fret routier et du diesel
 - Émergence du biodiesel
-

1 • STABILISATION RÉCENTE DES ÉMISSIONS



Portées par la réduction du déboisement illégal, le Brésil a vu ses émissions se réduire de 28 % sur la période 2008-2014 (Figure 1). Toutefois, en 2015 et 2016, les émissions de GES ont augmenté de 12,3 %, entraînées par la reprise du déboisement illégal. **Les émissions du secteur de transport ont elles progressé de 40 % sur la période 2008-2014 et se sont stabilisées en 2015 et 2016 autour de 190 millions de tonnes de CO₂eq, soit au même niveau qu'en 2012.**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Transport domestique (hors aérien)	144	150	147	164	179	196	203	209	193	194
Total national	2 682	2 807	2 003	1 925	1 927	1 947	2 107	2 022	2 091	2 278

FIGURE 1. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂EQ GLOBALES ET DANS LE SECTEUR DU TRANSPORT AU BRÉSIL (EN MILLIONS DE TONNES)

Source : élaboré à partir des bases de données du SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa), 2018

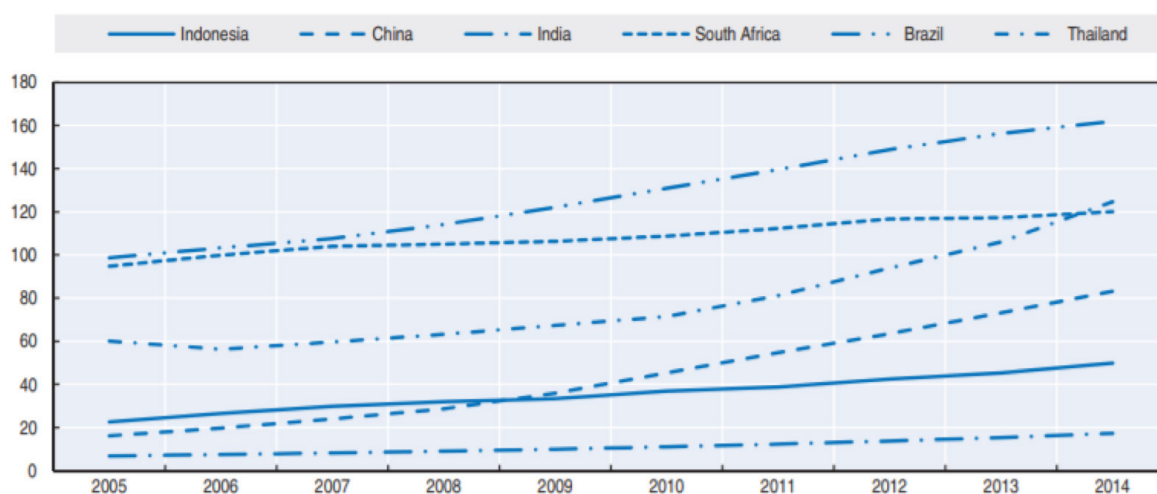


FIGURE 2. ÉVOLUTION DU TAUX DE MOTORISATION DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT SÉLECTIONNÉS

Source : ITF Transport Outlook, 2017

Les forts taux de croissance économique dans les économies émergentes ont entraîné une hausse rapide des taux de motorisation et il n'en est pas autrement au Brésil avec une croissance de 60 % entre 2005 et 2014 (Figure 2). Ce phénomène a été particulièrement important au Brésil, la croissance économique permettant entre 2001 et 2015 la transition d'une grande partie de la population à faibles revenus vers la classe moyenne. En outre, cette dynamique a été renforcée par l'encouragement du gouvernement brésilien à la motorisation des ménages, ceci dans l'optique de soutenir l'industrie automobile, importante pour l'économie du pays. Ainsi, en 2008, lors de la crise financière mondiale, l'État a réduit les taxes sur les produits industrialisés (IPI) ; cette mesure a été reconduite en 2012. D'autres facteurs comme l'accès facilité pour les ménages au crédit et au financement de voitures neuves ont également contribué à cette croissance de la motorisation individuelle. D'après les statistiques de production et de vente de l'ANFAVEA (Association nationale des fabricants de véhicules automobiles), le volume total des ventes de véhicules neufs, au Brésil, est passé de 1,4 millions de véhicules en 2002 à 3,8 millions en 2012, soit un taux de croissance de 11,5 % par an (ANFAVEA, 2015). Ces éléments permettent de comprendre la forte hausse des émissions de GES du secteur de transport entre 2008 et 2014, passant de 150 à 209 millions de tonnes de CO₂eq (Figure 1).

La crise économique que traverse le Brésil depuis 2015 explique en grande partie la récente stabilisation des émissions du secteur de transport. Ainsi, le PIB a reculé de 3,8 % en 2015 et de 3,6 % en 2016, ce qui se reflète sur les émissions de GES du secteur énergétique brésilien : sur cette période 2015-2016, les émissions du secteur énergétique ont reculé de 7,3 % (SEEG, 2016). Une autre preuve de l'effet de la crise actuelle sur les émissions du secteur de transport est la chute de 30 % des ventes de voitures neuves entre 2012 et 2015 (PwC, 2016).

Si la récente stabilisation des émissions du secteur de transport apparaît donc avant tout conjoncturelle, tâchons d'analyser les principaux facteurs de celles dernières et d'identifier les forces et faiblesses du secteur au Brésil.

2 • UNE MOBILITÉ URBAINE EN TRANSFORMATION

• **LA CRISE DU TRANSPORT PUBLIC** • La croissance économique du Brésil depuis les années 1950 s'est accompagnée d'une rapide urbanisation : alors que seulement 45 % de la population brésilienne était urbaine en 1960, plus de 80 % des brésiliens résidaient en ville en 2010 (IBGE, 2010). Cette rapide croissance urbaine a été façonnée par les automobiles et structurée le long de grands axes routiers. La création ex-nihilo de la capitale fédérale Brasília en 1960 en est le parfait exemple : son ambitieux plan d'urbanisme a été pensé en fonction de l'automobile, comme un symbole de cette époque où l'automobile était présentée comme l'unique solution aux déplacements urbains.

Cette forte urbanisation s'accompagne d'une hausse des prix de l'immobilier et de spéculation foncière, repoussant les populations les plus pauvres dans des quartiers périphériques de plus en plus éloignés, ce d'autant plus facilement que les logements informels se multiplient. Les infrastructures de transport arrivent difficilement à accompagner cet étalement urbain et les temps de transports sont considérablement allongés, incitant la population à se tourner de plus en plus vers les modes motorisés individuels pour faire face à ses besoin de déplacements.

La réponse des administrations municipales, régionales et fédérale est dans la plupart des cas l'investissement en infrastructures pouvant comporter une flotte automobile toujours plus grande, au détriment du transport public, ce qui se confirme lorsque l'on analyse l'évolution de l'indice de passagers par kilomètre dans le réseau de bus urbains. **Les chiffres avancés par l'Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano sur les villes de Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Goiânia, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo, montrent une baisse de 38 % de cet indice entre les années 1994 et 2015, reflet d'un système de transport public qui n'arrive plus à attirer les brésiliens.**

Évolution de l'indice de passagers par kilomètre

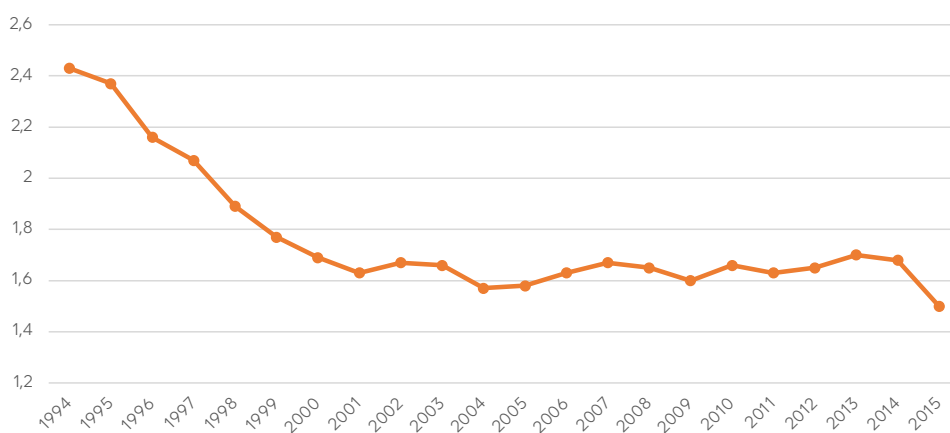


FIGURE 3. ÉVOLUTION DE L'INDICE DE PASSAGERS PAR KILOMÈTRE ENTRE 1994 ET 2015 DANS LES VILLES DE BELO HORIZONTE, CURITIBA, FORTALEZA, GOIÂNIA, PORTO ALEGRE, RECIFE, RIO DE JANEIRO, SALVADOR ET SÃO PAULO.

Source : élaboré à partir des données de l'Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (NTU)



Circulation alternée à São Paulo

São Paulo, mégapole de plus de 12 millions d'habitants et cœur économique du Brésil, est fréquemment en proie à des embouteillages monstres. D'après une étude du cabinet spécialisé INRIX, les habitants de São Paulo ont ainsi passé en moyenne 86 heures par an dans les embouteillages en 2017, soit le 4^e total de cette étude qui porte sur 1 360 villes. En moyenne, les embouteillages totalisent 300 km par jour dans cette métropole, pour un coût estimé de 69,4 milliards de réais, ce qui correspond à 7,8% du PIB local, selon une étude technique publiée en juillet 2014 par la Firjan. Afin d'améliorer la situation et tout particulièrement de réduire la pollution de l'air, la ville a instauré à partir de 1997 une mesure de restriction de circulation dans le centre étendu de la ville : le *rodizio*. Chaque jour ouvrable, selon le dernier chiffre de leur plaque d'immatriculation, la circulation est interdite aux véhicules entre 7h et 10h, puis entre 17h et 20h, dans tout le centre de la ville. Le *rodizio*, en retirant 20% des véhicules de la circulation, a permis dans un premier temps de réduire la congestion et la pollution atmosphérique. Les résultats sont aujourd'hui plus mitigés : la flotte de véhicule a grandi de 40% depuis l'institution de cette mesure, notamment car bon nombre d'habitants ont acquis une deuxième voiture avec une immatriculation différente, pour pouvoir échapper au *rodizio*.

ENCADRÉ 1

L'une des conséquences de cette crise de la demande du transport public urbain et de la hausse du taux de motorisation est la dégradation de la qualité de l'air en milieu urbain et de fortes émissions de GES liées au secteur du transport dans les villes brésiliennes. Ainsi, le transport urbain représente 68,2% des émissions de la ville de São Paulo (inventaire municipal 2011), 57,6% de celles de la ville de Belo Horizonte (inventaire municipal 2015) et 54,5% de celles de la ville de Recife (2015). En comparaison, le secteur du transport représente environ 26% des émissions de GES dans les villes européennes (Covenant of Mayors in figures : 8-year assessment, 2017). Cette participation plus importante dans les villes brésiliennes est également liée à la faible intensité carbone de l'énergie électrique consommée au Brésil et, par conséquence, à la moindre participation du secteur énergétique dans les émissions municipales. Alors même que le taux de motorisation est encore en forte croissance et est bien plus faible que dans d'autres pays, la tendance est à une croissance de la part du transport urbain dans des émissions de GES, représentant le plus grand défi en termes d'atténuation pour les villes brésiliennes : la ville de Recife prévoit que les émissions associées au transport représenteront 75% des émissions de la ville en 2040, dans un scénario d'évolution au fil de l'eau.

Mobilisation de la société civile

Au début de l'année 2013, suite à l'annonce de la hausse des tarifs d'autobus, des manifestations éclatent à l'appel du Movimento Passe Livre, mouvement qui milite pour la gratuité des transports en commun. Rapidement, ces manifestations s'étendent à tout le Brésil, réunissant jusqu'à un million de personnes et les revendications s'étendent aux secteurs de l'éducation et de la santé, critiquant également

les dépenses liées à l'organisation de la Coupe du Monde 2014. Suite à cette mobilisation sans précédent, la mobilité urbaine devient le symbole de ces politiques publiques qui peinent à répondre aux attentes de la population.

ENCADRÉ 2

En avril 2012, la loi qui met en place la Política Nacional de Movilidad Urbana (Politique National de Mobilité Urbaine – PNMU) est entrée vigueur. **Celle-ci prévoit que les villes de plus de 20 000 habitants doivent élaborer leur Plan de Mobilité Urbaine (PMU), de manière intégrée à leur plan directeur, ce dans un délai de trois ans.** Auparavant, seules les villes de plus de 500 000 habitants en avaient l'obligation ; avec cette nouvelle loi, ce sont désormais 1 663 municipalités qui doivent présenter un PMU, sous peine de ne plus pouvoir recevoir de fonds du gouvernement fédéral destinés à la mobilité urbaine (CODATU, 2015).

Fortaleza, le nouvel exemple brésilien de mobilité durable

tives de traffic calming. Les résultats sont déjà mesurables : la mortalité routière a été réduite de 14,66 pour 100 000 en 2014 à 9,71 en 2017, le système de vélos en partage est aujourd'hui le plus utilisé du Brésil et sur certaines lignes de bus, les temps de trajet ont été divisés par deux. Forte de ces actions, la ville ambitionne une réduction de ses émissions de 20 % en 2030 par rapport à une évolution au fil de l'eau. Ces accomplissements valent aujourd'hui à Fortaleza une reconnaissance internationale, le « Sustainable Transport Award » étant décerné à la ville en 2018 par l'ITDP.

TransCarioca, l'héritage des Jeux Olympiques de Rio de Janeiro

[illegible]

•72



BNDES, la banque nationale de développement, le TransCarioca relie le quartier de Barra da Tijuca, qui concentre la majorité des équipements sportifs des JO dans la région sud de la ville, à l'aéroport international de Rio. Aujourd'hui, environ 320 000 passagers empruntent cette ligne tous les jours et presque 500 bus ont été retirés de la circulation, réduisant les temps de trajet, la congestion ainsi que les émissions de GES. Cette ligne traverse de plus de nombreux quartiers défavorisés de la zone nord de la ville et représente une formidable opportunité de développement pour cette région.

ENCADRÉ 4

3 • CARBURANTS, ENTRE SUCCÈS ET DÉFIS

• **ÉTHANOL CARBURANT, LE MODÈLE BRÉSILIEN** • La production d'éthanol, à partir de la fermentation du sucre contenu dans les plantes sucrières comme la canne à sucre, est développée au Brésil depuis de nombreuses années, mais c'est à partir des chocs pétroliers des années 1970 que son usage comme substitut à l'essence s'est intensifié. En réponse à la hausse des prix du pétrole, le Brésil, alors de plus en plus dépendant des importations de pétrole, a implémenté en 1975 le Programa Nacional do Álcool – PROALCOOL. Des mesures d'aide à la production d'éthanol carburant sont prises : crédit bonifié pour les investissements et fixations des prix. **La filière a bénéficié d'une très forte réactivité des acteurs économiques avec des investissements massifs dans des unités de production d'éthanol carburant et le lancement de véhicules à alcool hydraté (fonctionnant uniquement avec de l'éthanol) par l'ensemble des constructeurs automobiles.** Le programme a rencontré un franc succès avec la production de 5,6 millions de véhicules à éthanol entre 1975 et 2000. On estime ainsi que ce programme a permis d'éviter l'émission de 110 millions de tonnes de carbone équivalent sur cette même période (EPE, PNE 2030).

Le début des années 2000 a vu l'apparition de gains de productivité, aussi bien dans le secteur agricole que dans le secteur industriel, ainsi que l'apparition des moteurs « flex-fuel » qui fonctionnent aussi bien avec de l'essence, de l'éthanol, ou un mélange des deux (en 2003 sort le premier modèle polycarburant, la Volkswagen Gol flex-fuel). Aujourd'hui, l'ensemble des constructeurs automobiles proposent des modèles « flex fuel », et ceux-ci représentaient près de 90 % des ventes de véhicules légers en 2015 (EPE, 2015). Ces facteurs ont permis une forte croissance de la consommation d'éthanol carburant entre 2003 et 2009, atteignant en 2009 un pic de consommation de plus de 100 millions de tonnes équivalentes de pétrole (MMA, 2014).

Sur la période 2009-2012, l'éthanol carburant a perdu des parts de marché : il était plus rentable de produire du sucre que de l'éthanol, les investissements dans les moyens de production ont été réduits et le prix de l'essence est devenu plus compétitif. De fait, sur ces trois ans, la participation de l'éthanol carburant dans la matrice énergétique du transport de passager est passée de 33 % à 22 % (SEEG, 2018). L'augmentation de la fraction obligatoire d'alcool anhydre dans l'essence (aujourd'hui de 26 %) a permis de récupérer la croissance de la consommation et en 2016, l'éthanol représentait 29 % de la consommation énergétique du secteur de transport de passagers (SEEG, 2018).

Fort de ce succès, le Brésil continue à développer la filière éthanol carburant et résiste aujourd'hui à l'électrification de son parc automobile : **malgré le potentiel énorme de réduction des émissions que cette technologie représente, ce d'autant plus que la matrice électrique brésilienne est propre avec une participation de plus de 68 % d'énergie hydroélectrique (EPE, 2018), l'éthanol est défendu par l'ensemble de la chaîne productive et par le gouvernement fédéral.** Le plan sectoriel du transport et de la mobilité urbaine pour l'atténuation du changement climatique prévoit ainsi une pénétration de seulement 3 % des véhicules hybrides à essence en 2021, alors que la consommation d'éthanol carburant atteindrait 52 milliards de litres la même année.

Les biocarburants sont souvent critiqués pour leurs impacts environnementaux, dus principalement

aux changements d'affectation des sols induits par leur production. Ainsi, dans certaines régions, la croissance de leur production accélère la déforestation et renchérit les denrées alimentaires. Attentif à maintenir l'équilibre forêt-fuel-aliment, le gouvernement brésilien a établi en 2009 le zonage de la canne à sucre, délimitant 70 millions d'hectares pour sa culture. La région Nord du Brésil est exclue de ce zonage, ce qui bannit la plantation de la canne à sucre dans le bassin amazonien. Le Brésil ne manque pas d'espace pour développer une filière éthanol durable, la surface délimitée étant 10 fois plus grande que l'étendue nécessaire à la production en 2020. Les plus grandes aires de productions sont concentrées dans la région Centre-Sud et leur croissance ne menace pas la forêt amazonienne. Dans ces régions, l'expansion de la culture de canne à sucre se fait principalement sur les pâturages dégradés ou abandonnés et ne concurrence pas la production alimentaire. En revanche, les remarquables biomes *Cerrado* et *Mata Atlântica* pourraient être soumis à une forte pression agricole (Feres et al. 2011).

• **DÉPENDANCE DU FRET ROUTIER ET DU DIESEL** • Alors que le réseau ferroviaire était développé au début du 20^e siècle, celui-ci a peu à peu été substitué par un réseau routier durant l'après-guerre, en partie afin de favoriser la croissance de l'industrie automobile. **Le transport de marchandise est aujourd'hui fortement dépendant du transport routier qui représentait 65% du fret en 2015, bien plus que dans d'autres pays de taille continentale comme le Brésil (cf Figure 5).**

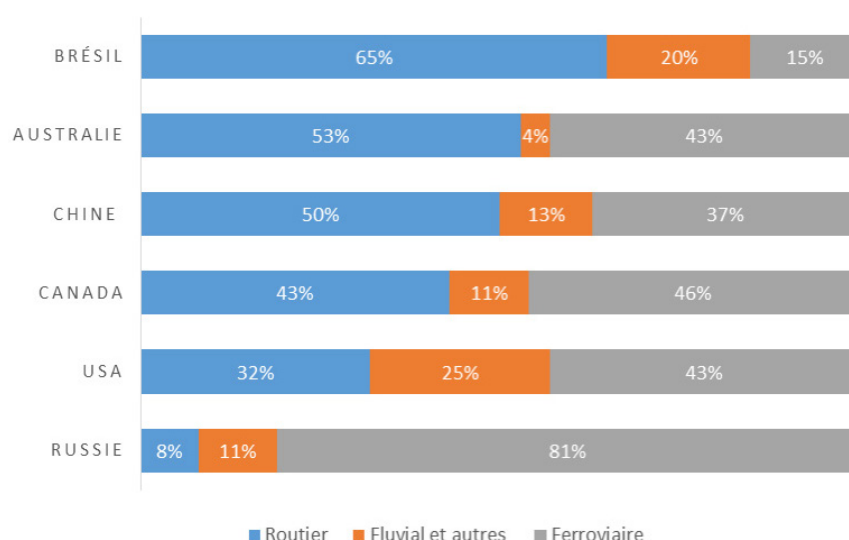


FIGURE 5. DIVISION MODAL DU TRANSPORT DE MARCHANDISES DANS LES PAYS DE TAILLE CONTINENTALE EN 2015.

Source : SEEG, 2018.

Les poids lourds sont essentiels au transport régional de marchandises au Brésil et le diesel est le combustible fossile le plus consommé, représentant 53% de la consommation du secteur de transport en 2005 (PNE 2030, 2007). Par conséquent, le transport de marchandises est une des principales sources d'émissions de GES, non seulement dans le secteur de transport mais dans tout le secteur énergétique. **D'après l'analyse du SEEG, le transport routier a émis, en 2016, 101,9 Mt CO₂eq, soit la moitié des émissions du secteur de transport et un cinquième des émissions associées au secteur énergétique, plus que le total émis par les centrales thermiques la même année (54,2 Mt CO₂eq).**

Outre ce coût environnemental, cette prédominance du transport routier représente un fort coût économique pour la chaîne productive brésilienne. Le Plan National de Logistique (2007) désigne ainsi le transport de marchandises comme l'un des facteurs limitant la compétitivité du pays, la matrice actuelle privilégiant le modal au coût le plus élevé. Un meilleur équilibre des modes de transport de charge est donc une nécessité.

Le Plano Nacional de Mudança do Clima PNMC insiste sur l'importance d'une réduction du volume de transport par poids lourds et d'un transfert vers des modes moins intensifs en carbone



tel que le train et le transport fluvial. Malgré cette prise de conscience, ce report modal nécessite de lourds investissements et cette migration sera lente : la route restera au Brésil un mode dominant dans le transport de marchandise. Entre 1999 et 2008, la flotte de camions a été multipliée par trois (ANFAVEA, 2009) et le Plan National Énergétique 2030 prévoit une croissance de 3,5 % par an de la consommation de diesel sur la période 2005-2030.

Mobilisation des chauffeurs routiers et crise du diesel

De 2011 à 2015, le gouvernement brésilien contrôlait de manière artificielle le prix de l'essence et du diesel à la pompe, dans le but principal de contrôler l'inflation et d'éviter de faire peser sur le consommateur l'instabilité des prix due à la forte volatilité des tarifs internationaux. Cette politique qui a fortement endetté Petrobras, la compagnie pétrolière nationale, a cessé en 2016. Petrobras a commencé à indexer ses prix sur ceux du pétrole ainsi qu'aux variations du dollar. Suite à la hausse du prix du baril et à la hausse du dollar devant le réal, le prix du diesel à la pompe a considérablement augmenté en 2018, provoquant la colère et la grève des chauffeurs routiers en mai 2018. Le pays, dépendant du transport routier, s'est retrouvé paralysé, de nombreuses villes étant

confrontées à des pénuries de nourriture et de carburant. Devant la difficulté d'acheminement des marchandises, certains aéroports internationaux ont été affectés, annulant des vols par manque de kérosène. L'état d'urgence a été déclaré dans de nombreuses villes et l'armée a reçu l'ordre de libérer les autoroutes. Après 11 jours de grève, la plus grande du secteur dans l'histoire du Brésil, le gouvernement Temer a cédé, annonçant une réduction immédiate de 0,46 réais du prix du litre de diesel, réduction atteinte grâce à une baisse des taxes sur le diesel à hauteur de 0,10 réais par litre ainsi qu'à des subventions directes d'un montant de 0,30 réais par litre. Le gouvernement estime que ces deux mesures représenteront respectivement un manque à gagner de 4,01 milliards de réais en 2018 et un coût de 9,5 milliards de réais.

ENCADRÉ 5

• **EMERGENCE DU BIODIESEL** • Si l'éthanol biocarburant est fortement implanté au Brésil, les débuts du biodiesel sont plus timides. La compagnie nationale Petrobras, après avoir investi dans des usines biodiesel, n'a jamais atteint le seuil de rentabilité et a même enregistré des pertes record entre mai et juin 2015, totalisant 304 millions de réais. En 2016, elle a annoncé son retrait progressif de l'activité, fermant l'une de ses principales unités de production.

L'augmentation de la part de biodiesel dans le diesel a un potentiel de réduction des émissions considérable et est l'une des stratégies du Brésil pour atteindre ses objectifs d'atténuation. Dans le document *"Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC"*, le Ministère de l'environnement définit l'objectif d'une fraction de 10 % de biodiesel dans le diesel (diesel B10) d'ici 2030.

Les villes investissent dans les bus à faibles émissions

Au-delà de cet objectif gouvernemental, villes et constructeur opèrent déjà une transformation plus ambitieuse, en démarrant notamment des programmes de bus urbain à faibles émissions de GES. En 2012, la ville de Rio a lancé un programme pilote de bus urbains fonctionnant avec 30 % de biodiesel. São Paulo a également initié un projet dénommé « Ecofrota » de bus B20 (mélange de 20 % de biodiesel). Le programme le plus ambitieux vient de la ville de Curitiba qui, en partenariat avec Volvo et le gouvernement suédois, s'équipe de bus hybrides avec moteur biodiesel.

ENCADRÉ 6

CONCLUSION

La récente stabilisation au niveau de 2012 des émissions du secteur de transport est plus le fruit de la crise économique que traverse actuellement le Brésil que d'actions pro-climat. Il sera intéressant d'observer l'évolution des émissions de GES du secteur lorsque le pays renouera avec la croissance économique. De nombreuses initiatives sont en cours pour décarboner les transports, au niveau fédéral en matière de biocarburant, mais également à l'échelle des municipalités et de la société civile ; ces actions parviendront-elles à inverser la courbe des émissions ?

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG



RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- SEEG, Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa.
- Carbonn Climate Registry
- INRIX Global traffic scorecard

RAPPORTS ET REVUES :

- ANFAVEA, 2015. Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – 2015. São Paulo, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.
- Benjamin Motte-Baumvol et al, (2017). Motorisation croissante et évolution des déplacements domicile-travail à Rio de Janeiro entre 2002 et 2012.
- Clarisse Linke et Thais Lima (2015), TransCarioca : The World Cup's World Class Legacy, Institute for Transportation and Development Policy (ITDP).
- Covenant of Mayors in figures : 8-year assessment, 2017
- Feres, Jose & Reis, Eustáquio & Speranza, Juliana. (2011). Assessing the "food-fuel-forest" competition in Brazil : impacts of sugarcane expansion on deforestation and food supply.
- Ferreira et al (2018) SEEG, Emissões do setores de energia, procesos industriais e uso de produtos. Documento de Análise.
- FIRJAN, 2014 Os custos da (i)mobilidade nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo.
- Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC
- IBGE 2010.
- Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-Base 2012. MMA 2014
- Julien Allaire et al. (nov 2015) La mobilite urbaine émettrice de solutions contre le dérèglement climatique. CODATU
- McKinsey Caminho para uma economia de baixo carbono no brasil, 2009, 44 pages
- Plano Nacional de Energia 2030 (2007); EPE
- Plano Nacional de Energia 2050 (2015) Premissas economicas de longo prazo; EPE
- Plano Nacional sobre Mudança do Clima PNMC (2008); Ministério do Meio Ambiente
- Plano Setorial de transporte e de mobilidade urbana para mitigação e adaptação à mudança do clima (2013). Ministério dos Transportes.
- Recife Sustentavel e de baixo carbono – Plano de redução de emissões de GEE 2016. Prefeitura de Recife
- Agência Brasil (28 juillet 2014) Custo de congestionamento no Rio e São Paulo atinge R\$ bilhões
- G1 (25 juin 2018) 10 aeroportos sem combustivel
- ITDP (29 juin 2018) Fortaleza, Brazil wins 2019 sustainable transport award.
- Juliette Rodrigues, Le Brésil cherche à améliorer l'éthanol carburant pour concurrencer la tendance à l'électrification des voitures, 2018, 1 page.
- Observatorio do Clima (25 octobre 2017) Emissões do Brasil sobem 9% em 2016.
- Revista NTUurbano set/out 2016 Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano p23
- Tribuna do Ceara (18 décembre 2015) Mobilidade urbana

PRESSES PRÉSENTATIONS :



Le transport aérien : des efforts engagés encore à l'état d'expérimentation

Au regard du changement climatique, le transport aérien présente deux spécificités majeures. D'abord une forte croissance de ses émissions, que les progrès technologiques et organisationnels s'avèrent aujourd'hui incapables de contenir. Ensuite, le transport aérien international a été exclu du champ des négociations climatiques et des secteurs couverts par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Le dossier a été confié un organisme, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) rassemblant les acteurs dominants du secteur (constructeurs, compagnies aériennes). Il en est résulté une proposition de gestion des émissions à long terme du transport aérien : le dispositif CORSIA pour « Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation ».

Principal rédacteur • JEAN PAUL CERON • Expert associé TEC politiques climatiques et énergétiques - Membre du GIEC

SOMMAIRE

1 • LES ÉMISSIONS DU TRANSPORT AÉRIEN EN PROGRESSION CONSTANTE

2 • LA PRISE EN CHARGE INSTITUTIONNELLE ET POLITIQUE DES ÉMISSIONS DE L'AVIATION : LA PROPOSITION DE L'OACI

- Le régime
- CORSIA
- Le positionnement des acteurs face aux grands systèmes de compensation
- La Suède, cavalier seul sur la taxation des vols

3 • LES SYSTÈMES DE COMPENSATION VOLONTAIRE

- Compensation volontaire mise en place par les compagnies aériennes en appui sur des labellisations
- Les tour-opérateurs tablent aussi sur la labellisation de compensation volontaire

4 • LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

- Les motorisations
- Les biocarburants
- Les aéroports

1 • LES ÉMISSIONS DU TRANSPORT AÉRIEN EN PROGRESSION CONSTANTE



Dans le calcul des émissions émises par le secteur du transport aérien, les émissions de transport international (530 millions de tonnes de CO₂-e en 2015 soit environ 60 % du total) et celles des transports internes aux États (345 millions de tonnes de CO₂-e soit 40 %) sont toujours distinguées. La dynamique temporelle de ces émissions est la résultante de la croissance du transport aérien et de l'amélioration de son efficacité énergétique.

MTco2-e	2015
aviation internationale	
monde	529,69
europe	136,08
France	17,78
aviation nationale	
monde	345,44
europe	18,98
France	3,64

TABEAU 1. ÉMISSIONS DE L'AVIATION INTERNE ET INTERNATIONALE EN 2015

(Source : Agence internationale de l'énergie (AIE), Enerdata)

L'aviation internationale est le facteur qui tire la croissance des émissions. De 1990 à 2015, ses émissions ont progressé de 104,6 % au niveau mondial, de 88,1 % pour l'union européenne et de 88,8 % pour la France (AIE, 2017, p.109). **Au niveau mondial, les émissions de l'aviation interne progressent moins, à un rythme trois fois inférieur à celui de l'aviation internationale (+ 15 % sur la période 2000-2017) (Enerdata)**

En Europe, ces émissions stagnent, et même diminuent en France de 13 % sur la période 2000-2016 (source Enerdata), probablement du fait de l'augmentation de l'offre ferroviaire à grande vitesse. L'union européenne représente 26 % des émissions de l'aviation internationale et 5,5 % des émissions internes aux états, ce qui est aisément explicable par la taille

réduite des pays membres. La France rend compte de 13 % des émissions européennes pour l'aviation internationale et de 19 % pour l'aviation interne ; ce qui reflète à la fois une propension moindre à voyager à l'étranger (voyages touristiques) par rapport aux pays d'Europe du Nord et la taille du pays (les 1 000 km des diagonales de l'Hexagone) favorisant certaines liaisons internes par avion.

	Unit	2015	2016	2017
European Union		MtCO₂	18,9757	19,8323
North America	MtCO ₂	172,8483	179,9023	188,1661
Latin America	MtCO ₂	15,5112	14,6124	14,5108
Asia	MtCO ₂	94,0161	101,2096	103,9358
Pacific		MtCO₂	10,1798	10,9321
Africa	MtCO ₂	8,4273	8,1547	8,3436
Middle-East	MtCO ₂	4,0618	4,117	4,0657
World	MtCO ₂	345,4379	359,9141	371,7467

TABEAU 2. ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DE L'AVIATION INTERNE PAR RÉGION

(Source : Enerdata)

Le forçage radiatif de l'aviation.

Le chiffre d'une contribution de l'aviation aux émissions anthropiques de CO₂ de 2 % environ est fréquemment avancé ; il peut être discuté pour deux raisons : - un calcul alternatif aboutit à des chiffres moins optimistes. Selon l'Agence internationale de l'énergie, l'aviation 2015 rendait compte de 7,5 % de la consommation mondiale de pétrole soit 288 Mtep (utilisation de carburant au sol exclue). En multipliant par le coefficient de la Base Carbone[®] de l'Ademe (3,642 tCO₂/tep) qui inclut les émissions de l'extraction, des transports et du raffinage, on obtient 1 049 millions de tonnes CO₂ soit 3,2 % des émissions mondiales des combustibles (32 294 millions de tonnes en 2015). Outre le CO₂, l'aviation produit en vol des oxydes d'azote qui ne sont pas des gaz à effet de serre mais sont les précurseurs de l'ozone qui est un gaz à effet de serre puissant et à courte durée de vie d'une part, et contribue d'autre part à la destruction du méthane ce qui a un effet contraire de refroidissement. Le bilan net revient à un réchauffement.

Surtout, à très haute altitude, les avions produisent des traînées de condensation qui peuvent se transformer en cirrus. Ces nuages se forment à des températures très froides (-40°) sous condition d'un fort degré d'humidité, et sont également dépendants des poussières émises par la combustion du kérosène (Kärcher, 2018). Le problème de leur contribution au réchauffement climatique est connu depuis longtemps (Penner, Lister D.H., Griggs D.J, Dokken D.J, & M., 1999); les évaluations existantes montre que cette contribution est importante mais présentent une très forte marge d'incertitude. Cela a été le prétexte pour que cette question soit exclue du champ des discussions sur la contribution de l'aviation au changement climatique, minimisant ainsi très largement son impact.

On notera toutefois que les cirrus, si les vols cessent, l'effet disparaît en 24 heures, contrairement au CO₂ dont la durée de vie est de l'ordre d'une centaine d'années ou plus. Il existe des pistes pour la réduction des cirrus, la principale étant la diminution des poussières de combustion (l'utilisation des biocarburants pourrait être intéressante à cet égard), pouvant laisser espérer une division par 10 de la formation de ces nuages (Kärcher, 2018).

L'estimation ainsi effectuée par un groupe de chercheurs (Lee et al., 2009) fait état d'une contribution de l'aviation de 4,9 % au réchauffement climatique en 2005 (avec une probabilité de 90 % d'être incluse dans une plage de 2 % à 14 %).

ENCADRÉ 1

1 - Lors de la COP 21 à Paris, la partie du texte concernant les émissions aériennes et maritimes a été retiré au cours des négociations. La prise en charge de cette question continue donc à être menée par l'OACI. Cependant, les négociations climatiques ont adopté une démarche ascendante, avec les Etats fixant leur contribution via les "INDC", tout à fait en opposition avec la démarche descendante ("top-down") de l'OACI avec l'élaboration de normes appliquées par toutes les parties.



2 • LA PRISE EN CHARGE INSTITUTIONNELLE ET POLITIQUE DES ÉMISSIONS DE L'AVIATION : LA PROPOSITION DE L'OACI

• **LE RÉGIME** • La CCNUCC a exclu les émissions du transport aérien international des objectifs fixés aux États en raison de la difficulté de leur attribution, les émissions nationales pouvant être intégrées dans la contribution nationale volontaire (art.31)¹. Déjà en 1992, le protocole de Kyoto précisait que les pays de l'annexe 1 devraient poursuivre la limitation des émissions de gaz autres que ceux couverts par le protocole de Montréal. C'est l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI) qui est chargée du dossier depuis 1998, celui-ci venant s'ajouter à ses missions habituelles (gestion des conventions entre les États, sécurité etc.). Cependant, il existe un décalage évident entre la mission de la CCNUCC qui est de réduire les émissions de gaz à effet de serre et celle de l'OACI qui est de protéger et de promouvoir l'aviation internationale (Lyle, 2018).

À la fin de la période prévue pour le protocole de Kyoto (2012), l'OACI avait peu progressé dans l'établissement des mécanismes pour la gestion des émissions de l'aviation internationale. Elle avait fixé des objectifs : une amélioration volontaire de l'efficacité énergétique de 2% par an, et une neutralité carbone de la croissance de l'aviation à partir de 2020, fondée sur l'utilisation d'instruments économiques, le progrès technologique et organisationnel ainsi que l'utilisation de carburants de substitution. Parallèlement à l'OACI, l'institution représentant les compagnies aériennes (IATA) avançait des perspectives assez similaires en y ajoutant un objectif de réduction des émissions en 2050 de 50% par rapport à 2005 (Bows-Larkin, 2015). **À partir de 2013, l'OACI a commencé à préciser ses intentions : recourir à un mécanisme de marché et aux permis négociables, aux biocarburants et fixer de nouvelles normes techniques pour les avions à partir de 2016.**

Pendant cette période, l'Union européenne plaidait pour des mesures territorialisées et finit par inclure l'aviation dans son système de permis négociables (EU-ETS).

Échec de l'ETS européen sur fond d'opposition de la Chine et des États-Unis

L'inclusion de l'aviation dans le système européen de permis négociables (EU-ETS) est entrée en vigueur en 2009. Une allocation globale pour le transport aérien interne et externe à l'Union européenne a alors été fixée à 95% des émissions moyennes de la période 2004-2006. Étaient concernés tous les vols au départ et à l'arrivée de l'Union européenne.

En 2009, des compagnies aériennes et associations de compagnies aériennes basées aux États-Unis et au Canada ont introduit un recours en annulation dirigé contre la transposition par le Royaume-Uni de la directive européenne. La juridiction anglaise a saisi la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) et dans ce cadre, l'avocat général de la CJUE a rendu début octobre 2011 des conclusions défavorables aux compagnies aériennes. Loin d'atténuer les tensions, ces conclusions préfigurant d'une défaite des compagnies aériennes ont fait monter la tension d'un cran : la Chambre des

représentants a adopté deux semaines plus tard un projet de loi interdisant aux compagnies aériennes américaines de respecter la réglementation européenne. Début novembre 2011, le Conseil de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a adopté une position exhortant l'Union européenne et ses États membres de s'abstenir d'inclure dans l'UE-ETS les compagnies aériennes basées en dehors de l'UE. Une démarche qui a déclenché une vive réaction de Connie Hedegaard, la Commissaire européenne au Climat, et de l'Association des compagnies aériennes européennes (AEA) qui ont déploré une position décevante et de nature politique. La Chine et l'Inde, elles aussi, se sont vigoureusement opposées à l'inclusion de l'aviation dans le marché du carbone européen, dénonçant une décision politique et économique à leur encontre. Toutefois, l'Académie chinoise de sciences sociales, bien que recommandant aux compagnies aériennes chinoises d'intenter des actions en justice contre l'UE, leur préconisait également de limiter leurs émissions CO₂ en utilisant des agro-carburants

en améliorant l'efficacité des moteurs et en optimisant les lignes aériennes. À la suite de ces pressions, le champ d'application de l'UE-ETS a été restreint aux vols dans l'espace aérien européen et l'allocation a été réduite en conséquence. 82% des permis d'émissions ont été distribués gratuitement, 15% mis aux enchères et 3% affectés à une réserve destinée à l'arrivée de nouveaux opérateurs sur le marché. A fin de compatibilité, la Communauté européenne a ainsi proposé le

maintien indéfini hors champ de l'EU-ETS des vols en provenance ou à destination de l'espace économique européen, ce qui se traduit par un manque à gagner en termes de réduction d'émissions d'environ 1/3. Par ailleurs, pour les vols intra-européens, la Communauté propose d'aligner l'effort demandé à l'aviation sur celui des autres secteurs, ce qui revient à une réduction des permis de 2,1% par an à partir de 2021.

ENCADRÉ 2

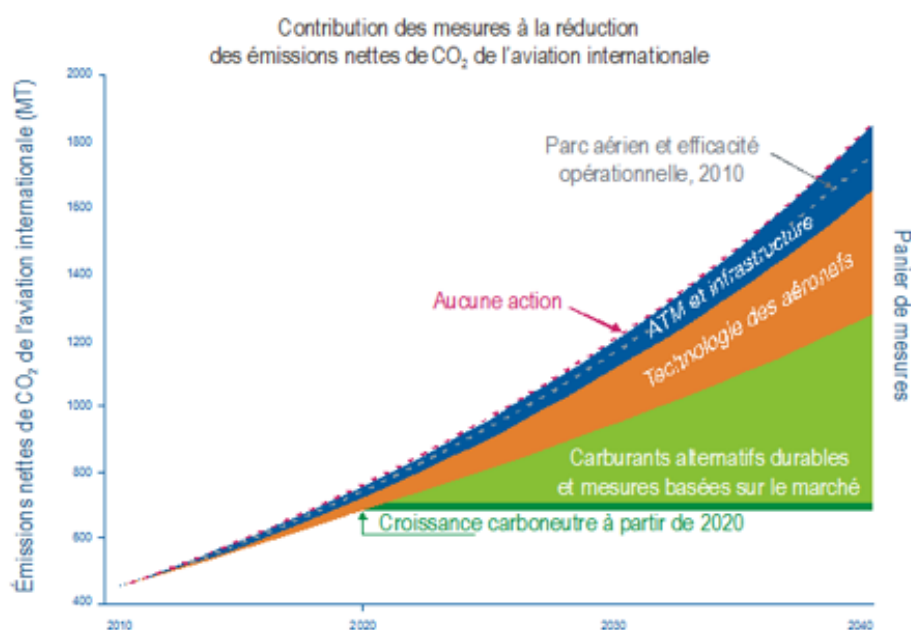


FIGURE 1. LA VISION DE L'OACI POUR LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS²

Les émissions appréhendées par l'OACI dans ses prévisions de répartition des mesures pour la réduction des émissions nettes de CO₂ dans l'aviation internationale sont celles des transporteurs pour chaque trajet qu'ils effectuent. Ce principe a pour conséquence notamment de contourner le principe des "responsabilités communes mais différenciées" entre pays, fondamental dans les négociations internationales sur le climat mais contradictoire avec celui de l'égalité de traitement gérant l'OACI. La responsabilité du suivi, du reporting et de la vérification (MRV) incombe aux États pour leurs compagnies aériennes internationales. Au-delà du MRV, un important travail de mise au point d'un dispositif de comptabilisation des compensations, de suivi et de vérification (CORSIA) est en cours, porté par l'OACI qui prévoit d'en tenir un registre consolidé

• **CORSIA** • Après plusieurs années de discussions, le secteur du transport aérien a signé, en octobre 2016, un plan de gestion des émissions futures dénommé CORSIA (*Carbon offset and reduction scheme for international aviation*) et élaboré par le Comité de la protection de l'environnement en aviation (CAEP), composé de représentants des pays et d'experts du secteur privé qui jouent un rôle moteur (Lyle, 2018). Le CORSIA est un régime mondial de mesures basées sur le marché conçu pour compenser les émissions de CO₂ de l'aviation internationale afin de stabiliser les niveaux de ces

2 - https://www.icao.int/annual-report-2013/Pages/FR/progress-on-icaos-strategic-objectives-strategic-objective-c1-environmental-protection-global-aspirational-goals_FR.aspx



émissions à partir de 2020 (CNG2020). Le projet de normes et pratiques recommandées (SARP) et les éléments indicatifs connexes forment ensemble le « CORSIA Package » visant à permettre de compenser les émissions de CO₂, grâce à l'acquisition et l'annulation par les exploitants d'avions des unités d'émissions provenant du marché mondial du carbone.

Pour cela, tous les trois ans, les États membres de l'OACI participant au CORSIA doivent vérifier que leurs exploitants d'avions se conforment aux exigences de compensation CORSIA, en plus du MRV des émissions annuelles de CO₂. Le plan comporte une phase pilote débutant en 2021 jusqu'en 2023 et une première phase opérationnelle à partir de 2024 jusqu'en 2026. Ces deux phases s'appuient sur une participation volontaire des États. Enfin, une phase de pleine application à partir de 2027 jusqu'en 2035, incluant tous les États dont la part individuelle des activités de l'aviation internationale en 2018 est supérieure à 0,5 % du total mondial ou dont la part cumulative atteint 90 % du total mondial. Les pays les moins développés, les petits États insulaires en développement et les États en développement sans littoral sont exemptés de ce dispositif, sauf s'ils adhèrent volontairement au régime. **Ces nombreuses exemptions prévues par l'OACI ont pour conséquence que cet accord pour la réduction des émissions du secteur aérien international devrait à terme couvrir seulement environ 75 % des émissions (Lyle, 2018, p.110).**

Procédure de calcul des compensations des émissions à exiger auprès des exploitants dans le système CORSIA

Le calcul des quantités de CO₂ à compenser de la part des exploitants est calculé selon la formule suivante :

Emissions annuelles de l'exploitant x facteur de croissance = quantités de CO₂ à compenser

Le facteur de croissance dans cette équation change chaque année en fonction de la croissance des émissions du secteur et de chaque exploitant. Correspondant au pourcentage d'augmentation de la quantité des émissions de l'année de référence jusqu'à une année future donnée, le facteur de croissance est calculé par l'OACI. Ce calcul des exigences de compensation à attribuer aux exploitants d'avions passera par différentes phases. Sur la période 2021-2029, le facteur sera indexé uniquement sur le facteur de croissance des émissions du secteur. L'objectif est de passer progressivement à un calcul du facteur reposant uniquement sur les évolutions d'émissions des exploitants.

Après avoir effectué ce calcul, l'exploitant rend compte de l'utilisation de carburants d'avion durables pendant la période de conformité. L'État déduit dès lors les avantages tirés de l'utilisation de carburants d'aviation durables et informe l'exploitant de ses exigences finales de compensation pour la période de conformité. Enfin, l'exploitant présente à l'État un rapport d'annulation d'unités d'émissions validé que celui-ci vérifie en informant l'OACI.

Source : OACI, Présentation du dispositif CORSIA, 2018

ENCADRÉ 3

Le positionnement de l'Union européenne vis-à-vis de son système ETS a d'abord consisté à attendre la mise en place du plan de gestion international CORSIA et à prendre en temps voulu les mesures pour s'y adapter. Une évaluation des effets de CORSIA pour l'espace économique européen accompagnait l'étude de la mise en place de l'EU-ETS. Le tableau suivant met ainsi en regard les principales caractéristiques de CORSIA et de l'EU-ETS ; il met en lumière l'écart d'ambition et les problèmes de compatibilité entre les deux systèmes.

La mise en place du système CORSIA, comme celui de l'EU-ETS, est sujet à caution. De nombreuses divergences de vue entre l'OACI et d'autres acteurs non-étatiques sur le sujet de la réduction des émissions du secteur aérien international témoignent de la complexité des positionnements de chacun des acteurs au regard des actions qu'ils peuvent mener.

CORSIA	EU ETS
Croissance illimitée	Plafond évolutif
Rien concernant les émissions sous le niveau de 2020	Couverture totale des émissions, avec une exclusion « temporaire » de l'aviation à destination ou de provenance extra européenne
Couverture partielle des émissions (exceptions)	
Complètement fondée sur la compensation	Exclut la compensation à partir de 2020
Critères de la compensation actuellement inconnus	Liste de ce qui ne peut être retenu comme compensation
Volontaire jusqu'en 2027	Contraignant
Absence de sanctions	Pénalités financières

TABEAU 3. DIVERGENCES ENTRE LES APPROCHES DU DISPOSITIF CORSIA, ET LE SYSTÈME D'ÉCHANGE DE QUOTAS CARBONE EUROPÉEN.

Source : Adapté de Carbon Market Watch, 2017

• **LE POSITIONNEMENT DES ACTEURS FACE AUX GRANDS SYSTÈMES DE COMPENSATION** • Les constructeurs et les compagnies aériennes interviennent à travers plusieurs associations ayant pour but d'alimenter en expertise le débat sur les méthodes de réduction des émissions CO₂ du secteur aérien. Les principales associations sont l'ATAG et l'ACARE³ côté constructeurs, l'IATA pour les compagnies aériennes. Ces acteurs ont certainement joué un rôle déterminant dans le processus d'élaboration, assez opaque, des propositions de l'OACI et ils adhèrent totalement à une stratégie associant l'usage des biocarburants et une compensation des émissions restantes. Leur communication insiste sur évolutions technologiques et organisationnelles attendues. Par exemple, il s'agit d'une réduction de 75 % des émissions au passager.km de CO₂ en 2050 par rapport à 2005 (source ACARE)⁴. Objectif à tenir dans un contexte de développement accru du trafic aérien mondial. En effet, l'IATA prévoyait en octobre 2018 un doublement du trafic aérien mondial à l'horizon 2037.

Or, d'après le rapport annuel 2016 du Carbon Market Watch, l'apport maximal de CORSIA à la réduction des émissions de l'aviation est estimé à 0,3 GT de CO₂ équivalent par an alors que le supplément d'émissions du secteur en 2030 par rapport à 2017 devrait être d'environ 0,6 GT. La Coalition internationale pour une aviation durable (ICSA)⁵ a publié un rapport en février 2018, intitulé « *Comprendre le Programme CORSIA : un guide critique des principales dispositions du projet de normes et pratiques recommandées et des éléments indicatifs connexes pour le Programme de compensation et de réduction de carbone pour l'aviation internationale (CORSIA)* », dans lequel elle émet un avis critique sur la mise en place de ce système et sur plusieurs éléments dans son fonctionnement.

Tout d'abord, elle estime que le système de suivi, de compte rendu et de vérification (MRV) du CORSIA tel que proposé dans le « CORSIA Package » n'est pas suffisamment transparent. Pour ICSA, le fait d'autoriser des tiers à accéder aux rapports d'émissions soumis par les exploitants

3 - <https://www.acare4europe.org/sites/acare4europe.org/files/document/volume1.pdf>

4 - <https://www.acare4europe.org/documents/delivering-europe%E2%80%99s-vision-aviation-sria-2017-update>

5 - L'ICSA est composée de l'Aviation Environment Federation (AEF), Carbon Market Watch, EDF Environmental Defense Fund, the International Council on Clean Transportation (ICCT), Transport & Environment, et le WWF.



d'avions contribuerait à garantir l'intégrité environnementale du CORSIA et à éviter une distorsion du marché en dissuadant tout traitement de faveur à l'égard des transporteurs. Par ailleurs, la coalition suggère que l'OACI s'abstienne d'attribuer des crédits aux carburants d'aviation alternatifs dans le cadre du CORSIA tant que les dispositions relatives aux carburants d'aviation durables, et notamment concernant les critères de durabilité, n'ont pas été renforcées. Ces critères de durabilité stricts et exhaustifs devraient ainsi, selon ICSA, être prévus dans les éléments finaux de mise en œuvre du CORSIA avant le lancement de la phase pilote de 2021.

• **LA SUÈDE, CAVALIER SEUL SUR LA TAXATION DES VOLS** • En Suède, une loi adoptée le 30 novembre 2017 a acté la mise en place, à compter du 1^{er} avril 2018, d'une taxe aéronautique. L'État suédois impose ainsi aux compagnies aériennes de déclarer et payer la taxe sur tous les vols commerciaux, au départ de Suède, affrétant des aéronefs de plus de 10 places. Le taux de taxation dépend de la destination finale du passager : 6 € vers les pays d'Europe continentale, 25 € vers les pays hors Europe (Moyen-Orient, Afrique, USA, Asie Centrale), et 40 € vers les pays autres. La loi prévoit des exemptions pour les enfants de moins de 2 ans, les équipages en services, les vols suivant un arrêt technique, les vols revenant à l'aéroport pour des raisons météorologiques ou suite à une panne mécanique.

Les conséquences de la mise en place de cette taxe se sont très rapidement fait ressentir. **Le 1^{er} octobre 2018, l'Agence suédoise des transports a abaissé de 500 000 passagers ses prévisions de trafic aérien pour 2018 et 2019 par rapport aux prévisions publiées au printemps 2018. Le nombre de passagers au départ des aéroports suédois devrait donc seulement augmenter de 1,3% en 2018 soit au total 23,7 millions de passagers, et 2,3% en 2019 (soit au total 23,9 millions de passagers).** Le trafic extérieur devrait augmenter, tandis que le trafic intérieur devrait diminuer. L'Agence suédoise des transports a attribué l'augmentation relativement faible du nombre de passagers à la taxe sur le transport aérien suédoise, entrée en vigueur en avril 2018, et à la faillite de Nextjet, principale compagnie aérienne régionale, qui a entraîné une réduction de l'offre, en particulier sur le marché intérieur de l'aviation. Par ailleurs, suite à sa mise en place, les compagnies aériennes ont vivement réagi, par l'intermédiaire de l'IATA, avertissant que cette taxe provoquerait, à court terme, la suppression de 7 500 emplois en Suède et aurait un impact négatif sur la compétitivité économique de la Suède, le secteur représentant actuellement 4% du PIB et 240 000 emplois dans le pays. Il faut noter que l'IATA n'a pas évoqué la Convention de Chicago de 1944, document de référence de la régulation du trafic aérien international, qui est à l'origine de la création de l'OACI, et qui précise que le carburant contenu dans le réservoir d'un avion ne peut pas être taxé à l'arrivée dans un pays. Cette convention est régulièrement mise en avant pour empêcher toute taxation du kérosène

3 • LES SYSTÈMES DE COMPENSATION VOLONTAIRE

Des ONG de protection de l'environnement et de petites entreprises spécialisées dans le conseil en développement durable cherchent à produire et vendre des « crédits carbone » aux entreprises non visées par le protocole de Kyoto. **Ce mécanisme marchand est appelé « marché volontaire » de la compensation carbone. Ces promoteurs démarchent donc des entreprises de secteurs divers qui n'ont pas obligation juridique de s'investir dans des services de compensation de leurs émissions GES (Valiergue, 2018).** Certains d'entre eux vont même jusqu'à étendre leurs propositions en promouvant des catégories de projets non-répertoriés par l'ONU comme pouvant donner lieu à la production de crédits carbone, par exemple la vente de fours améliorés ou distribution de filtres à eau. La consolidation de ce marché volontaire de la compensation s'appuie sur la mise en place de différents dispositifs et pratiques qui valorisent monétairement ces services de compensation carbone. A ce titre, de nombreux acteurs économiques mettent en place des services d'accompagnement pour la compensation carbone volontaire de la part des clients lors de leurs achats, particulièrement dans le secteur du tourisme et de l'aérien.

• COMPENSATION VOLONTAIRE MISE EN PLACE PAR LES COMPAGNIES AÉRIENNES EN APPUI SUR DES LABELLISATIONS •

La compagnie aérienne Ryanair propose aux clients de cocher une case lors de l'achat de leur billet afin de « *faire un don pour compenser l'empreinte carbone de mon vol et contribuer à d'autres initiatives environnementales* ». Air France, quant à elle, envoie un courrier électronique aux clients après un vol pour promouvoir son initiative « Trip and Tree ». Les consommateurs peuvent aussi faire le choix de passer directement par des organismes privés ou des ONG spécialisées afin de compenser monétairement les émissions carbone de leurs voyages. Le principe est toujours le même : après avoir calculé l'équivalent carbone du voyage, le total est converti en une somme d'argent, que le voyageur peut verser à l'association de son choix qui se chargera, par exemple, de planter des arbres. La labellisation devient alors un outil essentiel afin que le consommateur puisse se repérer dans la multitude d'offres de compensation.

Différences d'évaluation dans les calculs des besoins de compensation à l'achat d'un billet d'avion.

Dans le cadre d'un reportage, le journal français Libération s'est essayé, en octobre 2018, à un test d'achat de billet d'avion pour un aller simple direct entre Paris et Le Cap, en Afrique du sud, sur plusieurs plateformes intégrant des calculateurs. Il en est déduit qu'un voyageur en classe économique consomme :

- l'équivalent de 932 kg de carbone, si on se fie au calculateur d'Air France ;
- 1,735 tonnes, si on en croit l'allemand atmosfair.de, qui prend en compte le modèle d'avion ;
- 1,8 tonne de CO₂, selon myclimate.org ;
- 1,98 tonnes, nous disent [CO₂solidaire.org](https://co2solidaire.org), climatmundi.fr et greentripper.org ;
- 2,05 tonnes, chez [GoodPlanet.org](https://goodplanet.org) (la fondation de Yann Arthus Bertrand) ;
- 2,31 tonnes, annonce [CO₂balance.com](https://co2balance.com) ;
- sur le site du ministère français de l'environnement (MTES) (Direction générale de l'aviation civile), il semble impossible de trouver Le Cap pour destination. Mais il est indiqué une consommation de 891 kilogrammes d'équivalent CO₂ pour un vol Paris-Johannesburg (Afrique du sud).

En conclusion, il semble donc possible, selon les calculateurs, de multiplier par 2,5 l'estimation de consommation d'un même vol, ce qui ajoute à l'incertitude quant à l'efficacité des actions de compensation volontaire et à la perte de lisibilité pour les consommateurs.

Source : https://www.liberation.fr/planete/2018/10/20/compenser-ses-voyages-en-avion-une-fausse-solution_1684614

ENCADRÉ 4

L'adhésion d'un opérateur à un label international apparaît alors comme un plus bénéfique. Communément admis comme étant le plus performant, le Gold Standard a été créé en 2003, à l'initiative des ONG internationales WWF, SouthSouthNorth et Helio International, est considéré comme garantissant la meilleure traçabilité des projets de compensation à l'heure actuelle. D'autres se positionnent également comme labels de référence, à l'image du « VCS » créé en 2006, et adopté par la Caisse des dépôts pour la création de son registre de crédits carbone en mars 2009.

Outre les labels, le choix du projet reste primordial. Les projets de reforestation sont par exemple très controversés, au point que Climat Mundi (bureau d'étude spécialisé dans l'accompagnement des acteurs économiques et institutionnels dans l'intégration des problématiques climatiques et de réduction des émissions dans leurs politiques de développement) se refuse à en financer, la



difficulté d'évaluer la quantité de carbone stockée dans une forêt, ainsi que la diachronie entre CO₂ émis par les humains et compensation efficace par une forêt à minima trentenaire, restant aujourd'hui deux des problèmes principaux.

• LES TOUR-OPÉRATEURS TABLENT AUSSI SUR LA LABELLISATION DE COMPENSATION VOLONTAIRE •

Les tour-opérateurs se mobilisent également pour mettre en avant la compensation volontaire auprès de leurs clients. Le label ATR (Agir pour un Tourisme Responsable) entièrement renouvelé en 2015 a souhaité s'ouvrir aux grands opérateurs démontrant que le tourisme durable ne devait pas se cantonner à une niche. Jusqu'ici, les entreprises opératrices étaient invitées à établir leur bilan carbone annuel en fonction des choix des offres proposées à leurs clients. Pour aller plus loin, la direction du label ATR a annoncé vouloir proposer, à compter du second semestre 2018, que 100% des émissions du périmètre des entreprises opératrices de voyage soient compensées. L'argument avancé par le label est qu'il semble indispensable, qu'avant de demander des compensations volontaires à leurs clients, les opérateurs soient eux-mêmes volontaristes sur la question. Certaines entreprises opèrent déjà ce changement comme le voyageur Les Ateliers du Voyages (groupe Travel Lab), labellisé ATR, qui a par exemple, à l'occasion de la journée mondiale pour un tourisme responsable le 2 juin, a pris en charge la compensation carbone de tous les voyages vendus cette semaine-là. Cette démarche s'est appuyée sur un partenariat avec la plateforme CO₂ Solidaire du GERES, qui a été lancée en 2004 et qui est aujourd'hui au service de quatre porteurs de projets (GERES, Initiative Développement, Microsol et Bleu-Blanc-Cœur) avec pour objectif de proposer des crédits carbone à haute qualité sociale en circuit court.

Impact de l'évolution du tourisme mondial sur le secteur de l'aérien.

Une étude parue en mai 2018 dans la revue *Nature Climate Change* (Lenzen & al., 2018) stipule que l'activité touristique est responsable d'environ 8% des émissions mondiales de GES. Entre 2009 et 2013, l'empreinte carbone du secteur au niveau mondial serait ainsi passée de 3,9 à 4,5 milliards de tonnes équivalent CO₂, en considérant les émissions liées aux transports mais aussi à celles découlant de la consommation de biens et services par les touristes et voyageurs d'affaires. Au regard de la forte crois-

sance estimée du secteur touristique mondial, soit +7% sur l'année 2017, les auteurs de cette étude concluent que le tourisme continuera à constituer une part croissante des émissions mondiales de GES dans les années à venir et donc renforcera les besoins de déplacements, particulièrement aériens. La plus grande part de ces émissions proviendraient des pays à revenus élevés, du fait des séjours intérieurs (en appui sur le développement des vols low-cost intérieurs) mais aussi de leurs ressortissants voyageant à l'étranger.

ENCADRÉ 5

D'autres voyageurs se sont également très tôt intéressés au sujet, à l'image de l'entreprise Voyageurs du Monde. Depuis 2007, le voyageur compense 100% des émissions de ses salariés et jusqu'à 20% de celles de ses clients par des programmes de reforestation par le biais de la fondation "Insolite Bâtisseur Philippe Romero". Depuis le 1^{er} janvier 2018, le groupe va plus loin en prenant en charge 100% des émissions de CO₂ générées par le transport aérien et terrestre de chaque voyage réalisé par Voyageurs du Monde et Terres d'Aventure. Au total, cette démarche coûte environ 500 000€ par an pour Voyageurs du Monde et 200 000€ pour Terres d'Aventure. Un choix important pour les deux entreprises qui se substitueront ainsi à la compensation volontaire de la part de leurs clients qu'ils estiment peu efficace. D'autres ont développé des systèmes de compensation hybrides : 50% du montant de la compensation carbone est assurée par les clients, le voyageur prend en charge le solde pour financer des outils et équipements économes en énergie dans les pays en développement, en s'appuyant sur des partenariats avec des ONG et associations

locales. Le voyageur Double Sens a mis en place ce système d'engagements dans ces projets de la part des voyageurs depuis 2017 et en tire des résultats intéressants avec 30 % des voyageurs participant à la démarche de compensation volontaire.

4 • LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

Dans le cadre de la préparation de la COP 21 à Paris, en 2015, les constructeurs aéronautiques ont pris des engagements, aux côtés des grandes compagnies aériennes mondiales, afin de réduire significativement les émissions CO₂ émises par les engins issus de leurs chaînes de production. **Dans une lettre d'engagements publiée par le Groupe d'Action sur le Transport Aérien (ATAG), les 28 dirigeants des principaux constructeurs de l'aviation commerciale, des motoristes et des groupes de commerce des compagnies aériennes et des aéroports du monde ont déclaré envisager une amélioration annuelle de 1,5 % de l'efficacité énergétique du parc mondial, une croissance neutre en carbone à partir de 2020 et une réduction de 50 % des émissions de CO₂ d'ici 2050 par rapport aux niveaux de 2005.** Pour respecter cette feuille de route, constructeurs et compagnies travaillent sur 3 grands axes : réduction du poids des avions, nouvelles technologies de motorisation et carburants alternatifs au kérosène. Les évolutions des infrastructures aéroportuaires et les directives des compagnies à l'adresse des équipages au sol permettent également de participer à l'effort du secteur.

• **LES MOTORISATIONS** • Les entreprises de construction aéronautiques, particulièrement les deux principales à l'échelle mondiale, Airbus et Boeing, s'appuient sur une filière d'entreprises motoristes. Deux grandes entreprises concurrentes, l'une franco-américaine (CFM International), l'autre américaine (Pratt & Whitney) se disputent le marché mondial. Leurs multiples collaborations, avec Airbus notamment, ont permis la livraison, en 2016, de 68 aéronefs A320neo, dont le premier exemplaire doté de moteurs LEAP-1A a été livré à la compagnie turque Pegasus Airlines. Avec l'A320neo, Airbus a vendu une réduction de 15 % de la consommation de carburant par siège dès sa mise en service, et de 20 % d'ici à 2020 par rapport à l'A320 actuel. Le moteur de CFM International offre donc aux opérateurs des améliorations à deux chiffres en termes de consommation de carburant et d'émissions de CO₂ par rapport aux meilleurs moteurs CFM jusqu'alors en service, ainsi qu'une diminution des émissions d'oxyde d'azote et des nuisances sonores. La société commune à 50-50 entre General Electric (GE) et Safran, CFM International, a ainsi prévu de livrer une centaine de moteurs LEAP en 2016, puis 500 en 2017 et 1 200 en 2018. Plus de 11 100 commandes et intentions d'achat avaient été enregistrées pour le moteur LEAP à fin juillet 2016 (contre 8 400 GTF de P&W à mi-décembre). L'ensemble des technologies mises en œuvre se traduiront, selon les constructeurs, par une optimisation des conditions d'exploitation, combinées à la fiabilité et aux faibles coûts de maintenance des moteurs de CFM. Selon Safran, elles permettront une plus grande disponibilité des flottes, une longévité accrue contribuant à réduire les coûts et les opérations de maintenance.

L'ère de l'hybride-électrique s'ouvre pour le secteur aéronautique.

Un avion à propulsion hybride-électrique volera en 2020. C'est l'engagement pris en décembre 2017 dans un accord tripartite conclu entre Airbus, le motoriste Rolls-Royce et l'allemand Siemens. Cette coopération complète l'accord envisagé dès avril 2016 entre Airbus et Siemens visant à développer, d'ici 2020, des moteurs hybrides et électriques pour des avions, des hélicoptères ou des drones.

Les industriels misent sur un projet baptisé E-Fan X pour concevoir un avion moins dépendant des carburants fossiles afin de respecter les objectifs pla-



nétaires de réduction des émissions de CO₂. Ce programme remplace l'E-Fan, aéronef bi-place équipé d'une motorisation 100 % électrique qu'Airbus avait abandonné en mars 2017.

Au sein de ce projet, aux côtés d'Airbus, responsable de l'intégration globale du système de propulsion hybride et des batteries, Rolls-Royce se chargera du turbomoteur, du générateur de deux mégawatts et de l'électronique de puissance. Siemens livrera les moteurs électriques et leur boîtier de commande électronique de puissance, ainsi que l'inverseur, le convertisseur DC/DC et le système de distribution de puissance.

Le vol de l'avion E-Fan X est prévu pour 2020, à l'issue d'une campagne complète d'essais réalisés au sol. Il s'agira d'un avion d'essai BAe 146, dont l'un des quatre réacteurs aura été remplacé par un moteur électrique d'une puissance de deux mégawatts. Par la suite, des dispositions seront prises pour remplacer une deuxième turbine par un moteur électrique, une fois que la maturité du système aura été démontrée, tel que le précisent les trois industriels impliqués.

Source : Airbus Newsroom, 2017

<https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2017/11/airbus--rolls-royce--and-siemens-team-up-for-electric-future-par.html>

ENCADRÉ 6

• **LES BIOCARBURANTS** • Les constructeurs d'avions ont souligné, dans le cadre préparatoire aux accords de Paris sur le climat, l'importance qu'elles accordent aux biocarburants, permettant potentiellement une réduction des émissions de CO₂ de 50 à 80 % par rapport aux carburants fossiles, avec la mise en place de filières « biocarburants aéronautiques durables ». **Dans une optique de massification de l'utilisation des biocarburants, les acteurs du secteur et les États membres de l'OACI ont identifié un ensemble de mesures pour le déploiement de carburants alternatifs durables de type « drop-in »** (carburants de structure chimique analogue aux carburants fossiles facilitant leur incorporation à haute teneur). L'intégration des carburants alternatifs dans la phase pilote du système de compensation carbone CORSIA en 2021 est déjà prévue. De plus, dans la prochaine version de la Directive Energies Renouvelables attendue courant 2018, l'Europe envisage d'intégrer le secteur de l'aviation dans les objectifs ENR8 du secteur transport. De son côté, l'État français a signé, fin 2017, un partenariat public/privé sous la forme d'un Engagement pour la Croissance Verte (ECV) relatif à la mise en place d'une filière de biocarburants aéronautiques durables en France, issus de biomasses de type déchets.

S'appuyant sur le premier essai d'un avion ayant volé au biocarburant en 2008, l'IATA lançait en 2011 son programme Sustainable Aviation Fuel (SAF) en envisageant qu'à l'horizon 2017, 100 000 vols s'effectueraient avec du biocombustible et qu'en 2020 environ un million de vols seraient concernés. A terme, la projection menait à 1 milliard de passagers voyageant potentiellement sur des vols aux biocarburants en 2025. L'atteinte de cet objectif présume que de nombreux engagements bilatéraux entre producteurs et compagnies aériennes, et parfois aussi constructeurs, puissent voir le jour dans les prochaines années. **Déjà, depuis 2009, date du premier partenariat déclaré, ces engagements se multiplient, 28 au total entre 2010 et 2015, impliquant régionalement les parties prenantes (IATA, 2015).** Le vol de Hainan Airlines, du 21 novembre 2017, s'est effectué en utilisant du biocarburant fabriqué par l'unité locale de Sinopec Group, industriel pétrochimique chinois. La Chine a ainsi effectué son premier vol transocéanique, au départ de Pékin et à destination de Chicago, au carburant vert, transportant 186 passagers et 15 membres d'équipage. L'avion Boeing 787 a volé avec du biocarburant produit à partir d'huile de cuisson usagée fournie par China Petroleum and Chemical Corp., filiale de Sinopec Group basée à Ningbo, dans la province

du Zhejiang. Si l'industriel et la compagnie se sont félicités de cette réussite, le biocarburant ici utilisé était composé seulement à 15 % d'huile de cuisson et à 85 % de carburant d'aviation classique. Bien qu'un certain nombre de compagnies aériennes aient signé des contrats d'accords d'achat sur des biocarburants, les résultats ne sont pas à la hauteur des ambitions envisagées par l'IATA. Sur une base de 51 à 55 \$/baril de combustible fossile, l'utilisation de biocarburant constituait en 2017 un surcoût d'environ 27 % pour les compagnies aérienne (US department of Energy, 2017).

L'accord SAS et Preem pour l'utilisation de biocarburant

En Suède, SAS, compagnie aérienne, et Preem, compagnie pétrolière, ont signé une lettre d'intention pour un accord de production et d'utilisation de carburant aviation renouvelable. SAS a pour ambition de remplacer le volume de carburant actuel destiné à l'aviation nationale par des biocarburants d'ici 2030. La lettre d'intention signifie que SAS et Preem vont collaborer pour assurer conjointement

la production de biojet (carburant d'aviation renouvelable ou biocarburant) dans le cadre de l'extension prévue de la capacité de Preem sur la raffinerie de Göteborg. Le démarrage de préliminaire la production commencera en 2022 et la capacité totale des biocarburants est estimée à plus d'un million de mètres cubes, dont un sous-ensemble peut être biojeté sur l'avion.

ENCADRÉ 7

Afin de booster le développement des initiatives, le Secrétariat de l'OACI a publié une proposition de très grande échelle pour l'utilisation de biocarburants, avant sa conférence de haut niveau sur les carburants alternatifs à Mexico, du 11 au 13 octobre 2017. **La proposition impliquerait 5 millions de tonnes de biocarburants par an utilisées par l'aviation à l'horizon 2025, soit 2 % des projections d'utilisation de carburant d'aviation ; 128 millions de tonnes par an utilisées d'ici 2040, ce qui représente 32 % du carburant de l'aviation projeté ; 285 millions de tonnes par an utilisées d'ici 2050, soit 50 % du carburant de l'aviation projeté.** Mais au-delà des quantités de production et consommation, la question de la qualité des biocarburants utilisés est importante, non seulement pour une question de performance de carburant mais également pour des questions d'impact environnemental et de réduction d'utilisation de carburants fossiles classiques. Six biocarburants aéronautiques sont d'ores et déjà certifiés par l'ASTM (American Society for Testing and Materials) pour un usage en mélange avec le kérosène fossile et plusieurs nouvelles technologies sont en cours de certification.

Les technologies biocarburants aéronautiques certifiées ASTM en juin 2018. Source : ANCRE

Technologies certifiées	Ressources biomasses	Taux de mélange certifié	Maturité technologique	Principaux acteurs impliqués sur l'ensemble de la chaîne (dont industriels et acteurs R&D français)
HEFA (1) Hydrotreatment d'huiles	Huiles végétales, huiles usagées, graisses animales, huiles microbiennes	50 % vol.	TRL9 : Technologie mature dont usine Total en cours d'ouverture à la Mède (France)	Axens, Total, IFPEN Neste (Finlande, Pays-Bas, Singapour), UOP-ENI (Italie, USA)
HEFA (1-bis) Hydrotreatment d'huiles	Idem HEFA (1) en coprocessing avec des résidus du raffinage	5 % vol.	TRL9 : Technologie mature	Idem HEFA (1)
FT-SPK (2) Gazéification & Fischer-Tropsch	Biomasse lignocellulosique	50 % vol.	TRL8 : Fin du programme R&D BioTfuel en France en 2019	Bionext (BioTfuel), IFPEN, CEA, AVRIL BELT (Canada), Fulcrum (USA), RedRock (USA), Velocys (USA)
FT-SPK (2-bis) + aromatiques	Biomasse lignocellulosique	50 % vol.	Démontré sur ressources fossiles	Idem FT-SPK (2)
SIP (3) Farnesane par voie biologique	Sucres issus de plantes sucrières, Sucres lignocellulosiques	10 % vol.	TRL9 : Technologie mature à partir de canne à sucre au Brésil, TRL4 : R&D sur voie lignocellulosique	Amyris (Brésil) en partenariat avec Total et Airbus pour l'importation
ATJ (4) Iso-butanol ou éthanol	Sucres issus de plantes sucrières, Sucres lignocellulosiques	50 % vol.	Technologie mature pour la production d'alcool, TRL7 sur la chaîne complète, TRL4 à démontrer sur biomasse lignocellulosique	GEVO, Lanzatech, Byogy (USA) Ethanol lignocellulosique : Procethol2G (Futuro), INRA, IFPEN, ARD, Lesaffre, Biochemtex (Italie), Clariant, Poet-DSM (USA), Praj (Inde)

(1) Hydrotreated Esters And Fatty Acids ; (2) Fischer-Tropsch - Synthetic Paraffinic Kerosene ; (3) Synthesized Iso-Paraffins ; (4) Alcohol To Jet.

FIGURE 2. LES TECHNOLOGIES BIOCARBURANTS AÉRONAUTIQUES CERTIFIÉES ASTM EN JUIN 2018

Source : ANCRE, juin 2018



Dans son rapport d'octobre 2017, l'ONG Biofuelwatch mettait en garde sur la durabilité économique et environnementale de l'utilisation massive des biocarburants agréés par l'ASTM (Biofuelwatch, 2017). Parmi ceux-ci, l'HEFA est un carburant d'aviation issu du raffinage d'huile végétale hydrotraitee, impliquant l'utilisation d'hydrogène (procédé HVO). Il s'agit donc d'un type particulier d'HVO destiné à l'aviation, légèrement différent du HVO diesel utilisé comme carburant pour le secteur routier. Biofuelwatch rappelait dans son rapport que les combustibles HVO, et spécifiquement HVO diesel, sont des carburants en très forte augmentation de production. L'ONG craint que ce nouveau marché n'ouvre sur une demande toujours plus importante d'huiles végétales, particulièrement d'huile de palme. **Un développement exponentiel de l'utilisation des HVO dans l'aviation, sous le prétexte de réduction des émissions carbone du secteur, pourrait ainsi provoquer une massification supplémentaire de la culture de palmiers à huile, entraînant la poursuite de la déforestation, les surfaces actuelles ne pouvant suffire à satisfaire toutes les demandes, alimentaire et de carburant...**

• **LES AÉROPORTS** • Face à l'enjeu de réduction des émissions carbone du secteur, les plateformes aéroportuaires elles-aussi prennent des engagements pour accompagner la transition nécessaire. **Selon la CCNUCC, en octobre 2018, on comptait 250 aéroports dans 68 pays (sur 3 864 aéroports commerciaux dans le monde) ayant pris des engagements à lutter contre le changement climatique et 44 d'entre eux auraient d'ores et déjà atteint la neutralité climatique dans le cadre du programme d'accréditation carbone des aéroports géré par le Conseil International des Aéroports (ACI).** Quelque 48 aéroports ont adhéré au programme au cours de la période de 12 mois se terminant en mai 2018, soit une augmentation de 25% par rapport à l'année précédente. Au total, ce sont 3,3 milliards de passagers concernés l'année dernière, ce qui représente 44,2% du trafic mondial de passagers selon Airport Carbon Accreditation (ACA). L'ACI Monde examine actuellement diverses options pour faire en sorte que les aéroports du monde entier adhèrent officiellement au programme.

L'ACI distingue différentes sources d'émissions par champ d'implication vis-à-vis desquels les aéroports doivent prendre des mesures (ACI, 2009) :

- Scope 1 : Sources dont l'aéroport est propriétaire ou qu'il contrôle. Centrales électriques (production de chauffage, d'air climatisé et d'électricité), parc de véhicules (transport de passagers, véhicules de servitude, machines utilisées côté piste et côté ville), entretien de l'aéroport (nettoyage, réparations, espaces verts...), matériel de manutention et d'entretien des aéronefs au sol, énergie de secours, entraînement à la lutte contre l'incendie, déchets traités sur place.
- Scope 2 : Production d'électricité hors aéroport achetée par l'exploitant d'aéroport.
- Scope 3 : Autres activités et sources liées à l'aéroport

Entre juillet 2016 et juillet 2017, les aéroports ayant reporté leurs émissions auprès de la plateforme Airport Carbon Accreditation auraient diminué leurs émissions de CO₂ de 202,8 MtCO₂, ce qui est un résultat plus faible que sur les années précédentes (206 MtCO₂ en 2015-2016 et 212,4 MtCO₂ en 2014-2015).

Le programme d'accréditation carbone des aéroports de l'ACI

Le programme d'accréditation carbone dans les aéroports porté par le Conseil International des Aéroports est administré de manière indépendante, approuvé par les institutions et bénéficie du soutien de l'ONU Changements climatiques, de l'ONU Environnement, de l'Organisation de l'aviation civile internationale, de la Federal Aviation Administration américaine et de la Commission européenne. A ce jour, les engagements des aéroports étant volontaires, 39 aéroports d'Amérique du Nord, 17 d'Amérique du Sud, 136 d'Europe, 47 de la région Asie-Pacifique et 10 d'Afrique portent cette certification.

L'ACI délivre quatre niveaux d'accréditation couvrant toutes les étapes de la gestion du carbone :

- Niveau 1, Inventaire : un inventaire des sources et des quantités annuelles d'émissions de CO₂ sur lesquelles l'exploitant d'aéroport exerce un contrôle direct (sources des scopes 1 et 2), avec la possibilité d'inclure certaines sources du scope 3 et d'autres gaz à effet de serre que le CO₂. Une liste des autres sources d'émissions

(scope 3) est également requise.

- Niveau 2, Réduction : comme pour l'inventaire du niveau 1, un plan de gestion des émissions de carbone produites par les sources des scopes 1 et 2 doit être élaboré et mis en œuvre ; des éléments de preuve à l'appui des mesures, des déclarations et des réductions d'émissions en cours doivent également être fournis.

- Niveau 3, Optimisation : l'inventaire doit être élargi à certaines sources du scope 3, en prenant (au moins) en compte le cycle LTO des aéronefs, les GAP, l'accès de surface et les voyages d'affaires. Le plan de gestion des émissions de carbone doit être étendu à la participation d'autres intervenants et les réductions d'émissions en cours doivent être démontrées.

- Niveau 3+, Neutralité : comme pour les exigences à respecter pour le niveau 3, l'exploitant d'aéroport doit démontrer qu'il a compensé ses émissions résiduelles issues des scopes 1 et 2 et qu'il a donc atteint la « neutralité carbone ». Seule la gestion des émissions de CO₂ est obligatoire dans le programme de l'ACA. L'inclusion d'émissions d'autres GES est facultative.

ENCADRÉ 8

De nombreuses initiatives émanant des plateformes aéroportuaires sont donc à souligner en vue de la réduction de leurs émissions. **En octobre 2018, l'aéroport international le plus fréquenté de la Côte d'Ivoire, l'aéroport Félix Houphouët-Boigny desservant Abidjan, a renouvelé son accréditation Airport Carbon au plus haut niveau (3+ Neutrality). À ce jour, cet aéroport est le seul, sur le continent africain, à avoir atteint ce niveau de maturité en matière de gestion du carbone.** En septembre 2018, le partenariat entre l'aéroport de Brisbane, sous la direction de Brisbane Airport Corporation (BAC), la compagnie aérienne Virgin Australia et le premier fournisseur australien de carburants de transport Caltex, a abouti à une série d'essais concluant quant à l'utilisation de biocarburant pour des vols de la compagnie. Pour les parties prenantes, et le gouvernement du Queensland, la réussite des essais est une première étape importante pour garantir que les aéroports australiens et la chaîne d'approvisionnement en carburant seront prêts à fournir régulièrement des biocarburants tout en développant une véritable filière locale. L'optimisation des trajectoires en vol et le roulage sur le tarmac à l'atterrissage et au décollage font également partie des solutions pour réduire la consommation de carburant sur les plateformes aéroportuaires. Air France - KLM par exemple incite ses pilotes à avoir des conduites éco-responsables en optimisant l'emport de carburant ou en coupant un des deux moteurs lors des roulages.

Au sol, le transporteur s'est également équipé de véhicules de pistes électriques (50 % du parc). Objectif pour le groupe franco-néerlandais : améliorer son efficacité énergétique de 20 % d'ici 2020 versus 2011.

CONCLUSION



La croissance, extrêmement importante, du transport aérien telle qu'envisagée pour les prochaines décennies (augmentation du tourisme de masse, notamment) place l'ensemble des acteurs impliqués (constructeurs, compagnies, plateformes aéroportuaires) face à un défi majeur de contrôle des émissions carbone. Faisant figure d'exception par rapport aux accords entre États sous l'égide de la Convention climat, dans le transport aérien, tout comme dans le maritime, cette régulation a été laissée à la charge des acteurs eux-mêmes par l'intermédiaire d'organismes internationaux (OACI, IATA), même si les gouvernements nationaux continuent évidemment sur veiller à leurs intérêts comme on l'a vu avec l'épisode de l'ETS européen. Ce système de régulation s'appuie aussi sur un refus de limitation de la croissance du secteur, il n'a pas aujourd'hui démontré sa faisabilité, et suscite beaucoup de scepticisme sur les deux outils privilégiés, la compensation et l'appel aux biocarburants.

Pour autant, il faut noter que les acteurs investissent réellement sur des développements technologiques (motorisations et combustibles), sur la base de partenariats industriels, tant lors des périodes de vol qu'au niveau des infrastructures au sol. L'impact de ces nouvelles technologies en matière d'émissions carbone brutes et de durabilité environnementale (notamment sur les biocarburants consommés) sera donc un enjeu essentiel dans les années à venir.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

- ADEME. (2018). Bilan national du programme d'actions des aéroports établi par l'ADEME : application du décret n°2016-565 et de l'article 45 de la loi n°2015-992. (pp. 100 p). Paris : ADEME.
- Airports Council International. (2009). Guide sur la gestion des émissions de gaz à effet de serre liées aux aéroports.
- Akerman, J. (2005). Sustainable air transport : on track to 2050. Transportation research D, 10, 111-126.
- Anderson, K. (2012). The inconvenient truth of carbon offsets. Nature, 484(7).
- ATAG. (2015). The aviation sector's climate action framework.
- Ayres, R. (1997). Environment market failures : Are there any local market-based corrective mechanisms for global problems? Mitigation and adaptation strategies for global change(1), 289-309.
- Barbosa Cortez, L. (2014). Roadmap for sustainable aviation biofuels for Brazil. A Flightpath to Aviation Biofuels in Brazil : BOEING/EMBRAER/UNICAMP and FAPESP.
- Biofuelwatch. (2017). Aviation biofuels : How ICAO and industry plans for 'sustainable alternative aviation fuels' could lead to planes flying on palm oil.
- Bofinger, H., & Strand, J. (2013). Calculating the Carbon Footprint from Different Classes of Air Travel
- Policy Research Working Paper : World Bank.
- Bows-Larkin, A. (2015). All adrift : aviation, shipping, and climate change policy. Climate Policy, 15(6), 681-702. doi : 10.1080/14693062.2014.965125
- Carbon Market Watch. (2017). Addressing aviation emissions under the EU Emissions Trading System.
- Centro de gestao estudos estrategicos. (2017). Second generation sugarcane bio energy and bio chemicals. Brasilia.
- Chiaramonti, D., Prussi, M., Buffi, M., & Tacconi, D. (2014). Sustainable bioethanol : process routes and industrial demonstration. Applied Energy(136), 767-774.
- Cremonese, P. A., Feroldi, M., De Oliveira, C. J., Teleken, J. G., H.J., A., & Sampaio, S. C. (2015). Environmental, economic and social impact of aviation biofuel production in Brazil. New biotechnology, 32.
- Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale. (2008). "Déplacements touristiques des Français : hyper concentration des comportements les plus émetteurs de gaz à effet de serre. Economie, environnement et développement durable, hors série(11).
- Fawcett, T. (2005). Personal carbon allowances. Background document L for the 40% House report (pp. 5 p). Oxford : Environmental Change Institute
- University of Oxford.
- Fleming, D., & Chamberlin, S. (2011). TEQs. A policy framework for peak oil and climate change (pp. 54). London : House of Commons.
- Gössling, S., Broderick, J., Upham, P., Ceron, J.-P., Dubois, G., Peeters, P., & Strassdas, W. (2007). Voluntary carbon offsetting schemes for aviation : efficiency and credibility . Journal of Sustainable tourism., 15(3), 223-248.
- Gössling, S., Ceron, J.-P., Dubois, G., & Hall, C. M. (2009). Hypermobile travellers. In P. U. e. S Gössling (Ed.), Climate change and aviation. Issues, Challenges and solutions (pp. pp.131-151). London : Earthscan.
- Hari, T. K., Yaakob, Z., & N.N., B. (2015). Aviation biofuel from renewable resources; routes opportunities and challenges Renewable and sustainable energy reviews(42), 1234-1244.
- HLPE. (2013). Biofuels and food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome
- IATA. (2015). IATA 2015 Report on Alternative Fuels. Effective December 2015. 10th Edition.
- ICAO. (2016). Environmental report.
- ICASA. (2018). A critical guide to key provisions in the draft standards and recommended practices and related guidance material for the international civil aviation organization's carbon offsetting and reduction scheme for international aviation (CORSIA)
- International Energy Agency. (2017). CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights. Paris : IEA.
- Kärcher, B. (2018). Formation and radiative forcing of contrail cirrus. Nature climate change, 9.
- Lee, D., Fahey, D., Forster, M., Newton, P., Wit, R., Lim, L., ... Sausen, R. (2009). Aviation and global climate change in the 21st century. Atmospheric Environment(april).
- Lenzen M., Sun Y., Faturay F., Ting Y., Geschke A., Malik A. (2018). The carbon footprint of global tourism. Nature Climate Change, 8, pp. 522-528
- Lyle, C. (2018). Beyond the icao's corsia : Towards a More Climatically Effective Strategy for Mitigation of Civil-Aviation Emissions. Climate Law(8), 104-127.
- Mathioudakis, V., Gerbens-Leenes, G. W., Van der Meer, T. H., & Hoekstra, A. Y. (2017). The water footprint of second-generation bioenergy : A comparison of biomass feedstocks and conversion techniques. Journal of Cleaner Production (148), 571-582.
- Peeters, P. (2017). Tourism's impact on climate change and its mitigation challenges : How can tourism become 'climatically sustainable'? Breda : NHTV.
- Peeters, P., Higham, J., Kutzner, D., Cohen, S., & Gössling, S. (2016). Are technology myths stalling aviation climate policy? Transportation Research Part D(44).
- Peeters, P., Middel, J., & Hoolhorst, A. (2005). Fuel efficiency of commercial aircraft. An overview of historical and future trends (pp. 37p) : National Aerospace laboratory NLR.
- Penner, J. E., Lister D.H., Griggs D.J, Dokken D.J, & M., M. (Eds.). (1999). Aviation and the Global Atmosphere.
- A Special Report of IPCC Working Groups I and III in collaboration with the Scientific Assessment Panel to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone : Cambridge University Press.
- Rathore, D., Nizami, A. S., Singh, A., & Pant, D. (2016). Key issues in estimating energy and greenhouse gas savings of biofuels : challenges and perspectives. . Biofuel Research Journal 10.
- Starkey, R., & Anderson, K. (2005). Domestic tradable quotas : a policy for reducing greenhouse gas emissions from energy use (pp. 49). Norwich, UK : Tyndall Centre.
- Su, Y., Zhang, P., & Su, Y. (2015). An overview of biofuels policies and industrialization in the major biofuel producing countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews(50), 991-1003.
- Tol, R. S. J. (2007). The impact of a carbon tax on international tourism. Transportation research part D(12), 129142.
- US Department of Energy. (2017). Alternative Aviation Fuels : Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps.
- Valiergue A. (2018). Vendre de l'air : Sociologie du marché « volontaire » des services de compensation carbone, Thèse de doctorat en sociologie





Les émissions de gaz à effet de serre : un atout décisif pour le rail ?

Le rail est un moyen de transport globalement faiblement émetteur de gaz à effet de serre. Il dispose également de nombreuses possibilités d'amélioration de son efficacité énergétique et de diminution de ses émissions (électrification). Il est donc tentant de lui prédire un avenir radieux, mais comme le montre cette fiche, la réalité est plus nuancée...

rédacteur principal • L'ÉQUIPE DE L'OBSERVATOIRE CLIMATE CHANCE •

SOMMAIRE

1 • ÉTAT DES LIEUX

2 • ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS CARBONE DU SECTEUR FERROVIAIRE

- Le transport ferroviaire peu émetteur au regard de ses capacités de charge
- Les perspectives du transport ferroviaire s'alimentent des objectifs nationaux de baisse des émissions carbone

3 • VISIONS ET STRATÉGIES BAS CARBONE CHEZ LES PRINCIPAUX ACTEURS DU FERROVIAIRE

- Engagements des institutions représentantes du secteur ferroviaire
- Les acteurs économiques privés intensifient leurs recours aux services ferroviaires
- Initiatives des compagnies ferroviaires

4 • LE POTENTIEL DE DÉCARBONATION ET L'ENGAGEMENT TECHNOLOGIQUE DES CONSTRUCTEURS

- Les infrastructures, les installations et le matériel roulant
 - Le potentiel de décarbonation de l'énergie de traction
 - L'amélioration des systèmes auxiliaires
 - Gestion de l'énergie par des systèmes intelligents
-

1 • ÉTAT DES LIEUX



Le transport ferroviaire est un secteur englobant de multiples modes de déplacements urbains (rames électrifiées ou non, tramways, métros, ...), de déplacements moyennes et longues distances (trains régionaux ou à grande vitesse), tout autant que les déplacements de marchandises (fret). Depuis les premiers essais d'une locomotive à vapeur en 1804 au Pays de Galles, le développement des infrastructures ferroviaires dans le monde a été très inégal en fonction des pays, mais également dans le temps.

Dans le contexte actuel marqué par la préoccupation de la lutte contre le changement climatique, les avantages du rail sont principalement de quatre ordres. Tout d'abord, sa capacité à assurer des transports de masse permet des économies d'échelle réduisant la consommation énergétique et les émissions par unité transportée. Ensuite, la possibilité de recourir à l'énergie électrique donne aux énergies décarbonées et renouvelables une place importante pour l'avenir du secteur. Par ailleurs, une connexion permanente au réseau électrique permet, d'une part, de récupérer l'énergie du freinage, et d'autre part d'optimiser l'utilisation de l'énergie du réseau, voire de contribuer à la résilience de ce dernier. Enfin, l'accès à la grande vitesse permet de prendre des parts de marché sur des moyens de transport moins efficaces énergétiquement et plus polluants comme le transport aérien, par exemple.

Toutefois, les handicaps majeurs du chemin de fer résident encore dans l'ampleur des investissements nécessaires à réaliser, notamment pour les infrastructures, et dans l'incapacité de ce mode de transport à acheminer complètement à destination les biens et les personnes en zone peu dense : il ne gère pas les derniers kilomètres et manque de souplesse en matière d'ajustement des déplacements. Ces handicaps ont pris de l'importance au fil du temps, les zones rurales voyant leur population diminuer, alors même que les coûts des infrastructures et des investissements opérés croissaient en raison de l'expansion urbaine ou d'évolutions techniques (développement du train à grande vitesse par exemple). **Globalement le rail a ainsi perdu du terrain dans la plupart des pays.**

Parmi les pays anciennement industrialisés, certains ont conservé et développé le transport de passagers intra et interurbain, même si tous ont adopté massivement l'automobile ; selon les cas, le fret a plus ou moins bien résisté au transport routier. Certains grands pays émergents (Chine, Inde...) ont un réseau ferré considérable, parfois hérité de l'époque coloniale, d'autres non (Brésil). Dans de nombreux pays en voie de développement, le réseau ferré laissé par la colonisation est longtemps tombé en déshérence (Éthiopie), parfois des pays colonisés anciennement précurseurs, comme le Mexique, ont eux aussi totalement abandonné leurs infrastructures au profit du tout routier. Dans certains autres pays émergents, des lignes dédiées à des transports particuliers ont été créées (Mauritanie) et des investissements nouveaux participent aujourd'hui à la rénovation de certaines lignes (Addis-Abeba, Djibouti, Nairobi).

La fiche présentée ici tente à la fois de prendre en compte cette extrême diversité et se concentre sur les dimensions spatiales et les évolutions prometteuses en termes de décarbonation.

2 • ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS CARBONE DU SECTEUR FERROVIAIRE

• LE TRANSPORT FERROVIAIRE PEU ÉMETTEUR AU REGARD DE SES CAPACITÉS DE CHARGE

Alors qu'en 2015 les transports rendaient compte de 24,7% des émissions mondiales de CO₂ et de 28,8% de l'énergie finale consommée, le transport ferroviaire était responsable de 4,2% des émissions mondiales de CO₂ du transport et de 1,9% de sa demande d'énergie finale. La même année, il représentait 6,7% des passagers kilomètres et 6,9% du fret mondial (tonnes kilomètres). **De 2005 à 2015 les émissions de CO₂ du transport ferroviaire, par passager kilomètre, ont diminué de 21,7% et les émissions à la tonne kilomètre pour le fret de 19% (IEA & UIC, 2017, p.18).** En 2015, les quatre premiers émetteurs étaient la Chine (43,8%), la Russie (10,4%), l'Union Européenne (8%), et l'Inde (7,7%) (cf. figure 1).

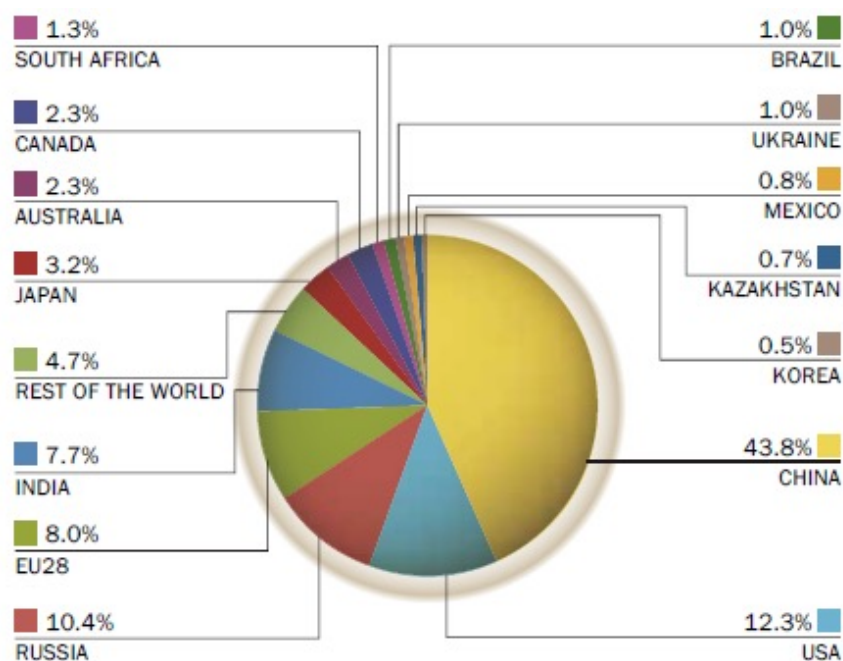


FIGURE 1. LES ÉMISSIONS DE CO₂ DU TRANSPORT FERROVIAIRE PAR PAYS EN 2015.

Source : Railway Handbook. Energy consumption and CO₂ emissions, IEA & UIC, 2017, p22.

Sur les deux dernières années (2015-2017) la part du transport ferroviaire dans les émissions mondiales est orientée à la baisse pour la Chine (-3%) et à la hausse pour l'Inde (+7%) et reste comparativement stable pour les USA et l'Europe (Source Enerdata).

Le transport ferroviaire émet peu de gaz à effet de serre au regard de sa contribution en volume au transport de passagers ou de marchandises. En Europe, la contribution du secteur est inférieure à 1,5% des émissions totales du transport, alors que sa part modale est de 8,5% (CER & UIC, 2015, p.3). La comparaison par rapport aux autres modes de transport paraît favorable au ferroviaire, tant pour le transport de passagers que pour le fret, comme le montrent les graphiques suivants.

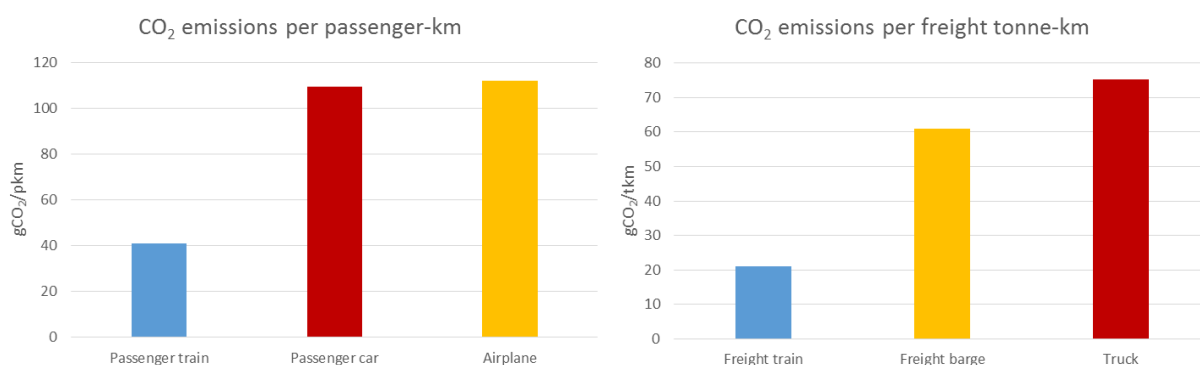


FIGURE 2. LES ÉMISSIONS DE CO₂, EN PASSAGER/KM ET EN TONNE/KM, PAR MODE DE TRANSPORT EN 2011

Source : (UNIFE & CER, 2016, p.4), d'après les données de l'Agence Européenne de l'Environnement (2013).

L'analyse brute de l'évolution des émissions de CO₂ liées au transport ferroviaire est donc complexe. **Leur augmentation peut paradoxalement apparaître comme une bonne nouvelle, si elle traduit un accroissement du report modal entre la route et le rail et le rail, à l'inverse, la baisse des émissions**



n'est pas obligatoirement positive si elle traduit un effondrement du fret ferroviaire. Les baisses des émissions à mettre en avant sont donc liées aux équipements et la motorisation, par exemple, le remplacement du diesel par de l'électricité produite par des sources renouvelables.

• LES PERSPECTIVES DU TRANSPORT FERROVIAIRE S'ALIMENTENT DES OBJECTIFS NATIONAUX DE BAISSE DES ÉMISSIONS CARBONE •

Face au constat de performances du transport ferroviaire du point de vue des ratios charge/émissions, de nombreux États et organismes nationaux font le pari du rail afin de tenter de tenir les objectifs généraux de baisse des émissions carbone sur leurs territoires. Tant et si bien que l'avenir du rail semble se nourrir des perspectives que les prises de positions des États laissent entrevoir quant au développement du secteur.

En Inde, un travail sur la décarbonation du rail à l'horizon 2030 examine les conséquences d'une forte électrification, faisant appel aux énergies solaires et éoliennes afin d'alimenter le réseau. Les scénarios réalisés par les autorités indiennes concluent alors que la décarbonation permet des économies, par rapport à un scénario sans décarbonation, de 17% dans le secteur du point de vue de l'énergie de traction et de 33% sur tous les autres besoins énergétiques du ferroviaire.

En France, plusieurs scénarios traitent de la place du transport ferroviaire et de ses émissions en 2050 : la stratégie bas carbone (SNBC) du Commissariat général au développement durable (2016), les "visions" de l'Ademe actualisées en 2017, les scénarios de l'Institut du développement durable des relations internationales (IDDRI) de 2017, le scénario Négawatt de 2017. Les quatre scénarios prévoient une croissance du développement du ferroviaire, de 23% à 102% pour les voyageurs et de 68% à 203% pour le fret, dû à une augmentation de la demande et/ou à la progression de la part modale du rail. Les scénarios qui tablent sur une augmentation des parts modales (passage de 10 à 25% pour l'Ademe et à 40% pour Négawatt) supposent un maillage serré du territoire adossé, y compris pour les lignes régionales, à une sortie du diesel. D'autres scénarios misent sur des substitutions d'énergie et l'amélioration de l'efficacité énergétique pour réduire les émissions. C'est le cas des scénarios SNBC et de l'IDDRI. Pour l'ensemble de ces scénarios, un point commun : ils envisagent tous des diminutions drastiques des émissions du ferroviaire à l'horizon 2050 (-100% pour Négawatt, -91% pour l'Ademe, -71% pour l'IDDRI et de -62% pour la Stratégie nationale bas carbone).

L'Allemagne soutient, elle aussi, le rail pour atteindre les objectifs de lutte contre le changement climatique. Le plan d'infrastructure à l'horizon 2030, dévoilé par le ministre fédéral des transports, prévoit un investissement de 270 milliards d'euros, dont environ 40% pour le ferroviaire. Cela permettra à l'Allemagne de s'engager fortement du point de vue des objectifs européens et augmentera la capacité du réseau ferroviaire allemand de 20%, sans nécessiter de création d'infrastructures nouvelles, et 70% du réseau national sera électrifié.

Face à ces espoirs reposant sur les améliorations du transport ferroviaire, les acteurs du secteur ont pris des engagements en termes de réduction de leurs émissions carbone.

2 • VISIONS ET STRATÉGIES BAS CARBONE CHEZ LES PRINCIPAUX ACTEURS DU FERROVIAIRE

Dans la structuration des stratégies industrielles du secteur ferroviaire, l'étroitesse des relations entre les prises de positions et d'initiatives des organismes représentant le secteur (exemple l'International Union of Railways (UIC) au niveau mondial, Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER) et Union des Industries Ferroviaires Européennes (UNIFE) en Europe...) et les objectifs de réduction des émissions actés par les entités politiques, est un facteur que nous proposons ici d'étudier de plus près. **Effectivement, il apparaît que sur de nombreuses initiatives, dont quelques-unes sont présentées ci-après, les organisations du secteur ferroviaire s'approprient les ambitions politiques des états afin d'élaborer leurs propres objectifs et stratégies.**

• **ENGAGEMENTS DES INSTITUTIONS REPRÉSENTANTES DU SECTEUR FERROVIAIRES** • Les intérêts des acteurs du transport ferroviaire sont défendus par plusieurs entités transnationales comme l'Union internationale des chemins de fer (UIC), qui a été fondée en 1922 et compte 240 membres sur cinq continents : compagnies ferroviaires, gérants d'infrastructures, instituts de recherche.... Sa mission est de promouvoir le rail au niveau mondial. La Communauté des chemins de fer européen (CER) rassemble, elle, plus de 70 compagnies de chemin de fer, leurs associations nationales, les gestionnaires d'infrastructures et des entreprises de leasing de matériel roulant. Le CER défend, auprès de la commission européenne en particulier, la thèse du transport ferroviaire comme épine dorsale d'un transport durable en Europe. Enfin, l'UNIFE représente l'industrie du rail à Bruxelles depuis 1992. L'organisation rassemble 80 firmes spécialisées dans la conception, la fabrication et l'entretien du rail.

L'UIC en 2014 (UIC, 2014) proposait une stratégie compatible avec l'objectif de +2 ° C, fondée sur deux piliers :

• **la consommation d'énergie et l'intensité carbone :**

- réduction de l'énergie finale de 50 % en 2030 (base 1990), de 60 % en 2050 ;
- réduction des émissions de CO₂, de 50 % en 2030 et de 75 % en 2050 (base 1990).

• **La répartition modale :**

- part du rail dans les transports de passagers (p.km) : + 50 % en 2030 par rapport à 2010 et + 100 % en 2050 ;
- part du ferroviaire dans le fret terrestre (t.km) : égale à la route en 2030, supérieure à la route de 50 % en 2050.

Afin de tenir ces objectifs, l'UIC s'appuie sur des partenaires privés pour soutenir l'innovation et l'amélioration de l'efficacité énergétique, mais aussi de partenaires publics, gouvernements et institutions internationales, afin de favoriser le transfert modal en faveur du ferroviaire : investissement dans de nouveaux projets, en particulier le ferroviaire urbain et les corridors pour le fret, internalisation des coûts externes, création d'un contexte favorable pour les investissements privés, urbanisme et usages du sol, aides à l'investissement dans le matériel roulant...

Le CER prend acte, quant à lui, de la volonté de l'Union européenne de réduire ses émissions de 80 à 95 % en 2050 par rapport à 1990, avec pour objectif intermédiaire une réduction de 40 % en 2030 (CER & UIC, 2015). En 2010, les membres du CER (également membres de l'UIC) se sont donc engagés à réduire leurs émissions spécifiques de CO₂ de 50 % en 2030, par rapport à 1990, puis au-delà à être complètement décarbonés d'ici 2050 (CER & UIC, 2015, p.8). Pour cela, le CER parie sur la poursuite de l'électrification du réseau ferroviaire européen (aujourd'hui seules 60 % des lignes sont électrifiées), le développement des facilitations d'intermodalités aux abords des infrastructures ferroviaires, l'installation de points de charge électrique pour les véhicules individuels aux abords des gares, le tout en appui sur des « Smart Grid » permettant la mutualisation optimisée de l'énergie. Par ailleurs, le CER, en partenariat avec l'UNIFE, association européenne des constructeurs de trains, promeut fortement le développement de la recherche et innovations en appui sur les crédits européens, avec, par exemple, le projet Shift2rail, partenariat public-privé majeur de 920 millions d'euros pour la période 2014-2020 pour l'innovation sur l'efficacité énergétique des matériels roulant (UNIFE & CER, 2016). Les acteurs économiques privés sont donc parties prenantes des démarches d'innovation du secteur ferroviaire mais s'y adossent aussi afin de réguler leurs propres émissions carbone.

• **LES ACTEURS ÉCONOMIQUES PRIVÉS INTENSIFIENT LEUR RECOURS AUX SERVICES FERROVIAIRES** • Le Carbon Disclosure Project (CDP) concentre une partie de ses actions de reporting et d'analyse sur l'impact des chaînes d'approvisionnement dans la lutte contre les émissions de GES. D'après l'organisme, ces dernières « *doivent être au centre des préoccupations des organisations mondiales cherchant à éviter les risques et à tirer parti des opportunités offertes par la construction d'un avenir durable* » (CDP, 2017). A ce titre, le CDP rappelle que, en 2016, la valeur du

pouvoir d'achat combiné des 89 organisations enregistrées sur sa plateforme comme demandant des informations à leurs fournisseurs de maîtrise de leurs émissions (BMW, Johnson & Johnson, Microsoft ou Walmart, par exemple), soit 20% d'augmentation du nombre d'inscrits en 2016, s'élevait à 89 000 milliards de dollars.

Le Carbon Disclosure Project – CDP – publie son premier classement des entreprises qui incitent le plus leurs fournisseurs à s'engager dans l'action climatique.

Les émissions de gaz à effet de serre au sein de la chaîne de fournisseurs des entreprises sont quatre fois plus importantes en moyenne que leurs propres émissions directes. C'est pourquoi la supply chain est de plus en plus souvent considérée comme l'une des sources de réduction des émissions les plus prometteuses dans l'écosystème des acteurs privés. Le CDP a évalué pour la première fois en 2016 le travail effectué par les entreprises auprès de leurs fournisseurs pour les inciter à réduire leurs émissions et à adopter des stratégies climat. Ces acteurs, qui disposent d'une marge de négociation importante compte tenu de leur budget d'achats, ont notamment concentré leurs efforts sur la sensibilisation aux enjeux de développement durable et sur la prise en compte d'indicateurs inspirés du CDP auprès de leurs fournisseurs, comme la transparence ou la quantité d'émissions reportées.

D'après le rapport du CDP, les efforts fournis par 4 366 entreprises pour réduire leurs émissions dans leur supply chain ont permis d'éviter quelque 434 millions de tonnes de CO₂ sur l'année 2016 chez leurs fournisseurs, soit une économie de 12,4 milliards de dollars. Par ailleurs, les 4 818 projets ont permis des économies quantifiables non négligeables : 36% ont permis d'économiser au moins 100 000 USD, 12% ont réalisé des économies d'un million de dollars ou plus, et moins de 1% des projets ont réalisé des économies d'au moins 100 millions USD. Outre les économies réalisées grâce aux projets de réduction des émissions, les fournisseurs déclarent également des avantages en amont en engageant leurs chaînes d'approvisionnement, ou en aval par le biais d'innovations liées à la commercialisation de produits ou de services à faible émission de carbone. Environ 25% des entreprises porteuses de projets s'attaqueraient directement aux enjeux climatiques en permettant à leurs propres fournisseurs de réduire leurs émissions, ou en augmentant leurs revenus grâce à la vente de produits ou services à faible émission de carbone (économies en énergie, matériaux plus durables pour les produits et les emballages, innovations de procédé permettant de minimiser l'utilisation d'eau et les émissions de carbone).

Source : CDP, 2017.

ENCADRÉ 1

Parmi ces entreprises, beaucoup incitent leurs partenaires à faire le choix du transport ferroviaire pour le développement de leurs activités. Le groupe Nestlé, visant la réduction de la moitié de ses émissions de CO₂ en Suisse entre 2010 et 2020, s'est engagé, en coopération avec le distributeur Migros, à réduire d'un millier **le nombre de camions utilisés pour le transport de l'eau d'Evian en Suisse. Le nombre de wagons utilisés est ainsi passé de 170 à 700.** Une collaboration avec les chemins de fer suisses est également en cours pour organiser ces transports sans perturber les horaires du réseau. D'autres entreprises, hors partenariat CDP, s'engagent comme Panasonic, qui en 2016, a



modifié la logistique de distribution de ses produits en collaboration avec ses transporteurs dont Mitsui-Soko Logistics Co., Ltd., Japan Freight Railway Company, et Nippon Express Co., Ltd.. **Ceci s'est traduit en 2017 par l'utilisation des infrastructures ferroviaires pour près de 10 000 conteneurs de 5t, réduisant les émissions de CO₂ de presque 5 000 tonnes .**

• **INITIATIVES DES COMPAGNIES FERROVIAIRES** • En février 2018, Eurostar a présenté un plan⁵ considéré comme une contribution à l'Accord de Paris : réduction de la consommation d'énergie des trains de 5 % d'ici 2020, programmes d'écoconduite, élimination de toute énergie fossile utilisée d'ici 2030, investissements dans les énergies renouvelables (panneaux solaires). Par ailleurs, au-delà de l'exploitation mécanique des trains, la compagnie s'est engagée à la diminution des émissions indirectes de son exploitation, par la mise en service d'une flotte d'entreprise intégralement composée de véhicules électriques d'ici 2020, la diminution de l'usage des plastiques et des déchets, ou encore la distribution de produits d'alimentation certifiés à bord des trains.

Toujours en Europe, la compagnie allemande Deutsche Bahn envisage d'investir un « montant record » de 9,3 milliards d'euros pour la modernisation, la réparation et l'extension de voies, de gares, de ponts et de tunnels en 2018, a déclaré le chef de l'infrastructure, Ronald Pofalla. Soit une hausse de 9,4 % par rapport à l'année précédente. Parmi les projets phares, citons la modernisation de routes majeures, telles que des liaisons entre les ports du nord de Brême et Hambourg et des villes plus au sud, ainsi que deux lignes traversant la frontière sud-est de l'Allemagne avec l'Autriche. Quelque 700 stations, dont des hubs comme Francfort, la capitale financière occidentale, et l'Allemagne de l'est, bénéficieront également d'interventions pour un montant total de 1,2 milliard d'euros.

Engagement de la SNCF au Global Climate Action sur le portail NAZCA porté par la CCNUCC (Global Climate Action).

En 2015, SNCF s'est publiquement engagée à réduire ses émissions de CO₂eq de 20 % à horizon 2025 (année de référence 2014). En 2017, SNCF s'est fixé la nouvelle ambition d'améliorer d'ici 2025, la performance carbone de 25 % par voyageur au kilomètre et par tonne de marchandises au kilomètre, avec en particulier la fin des circulations thermiques au plus tard à cette échéance. Dans cette perspective, en 2018, SNCF s'est associée à Alstom pour conduire la première expérimentation TER Hybride en France, en partenariat avec les Régions Grand Est, Nouvelle-Aquitaine et Occitanie.

SNCF Réseau s'est engagée à réduire de 25 % sa consommation d'énergie et ses émissions de gaz à effet de serre entre 2015 et 2025. Pour y parvenir, plusieurs actions ont été lancées, dont le recours à des émissions obligataires environnementales. SNCF Réseau finance une partie de ses travaux d'infrastructure par l'émission

de Green Bonds pour répondre aux impératifs de lutte contre le changement climatique et de protection de la biodiversité. Les projets financés par les Green Bonds en 2017 permettront d'éviter près de 5,9 millions de tonnes équivalent CO₂eq sur 40 ans, soit l'équivalent de l'empreinte carbone de 12 000 Français sur la même durée. Les priorités stratégiques de SNCF Réseau ont orienté les investissements issus de ses obligations émises en 2017, pour un montant de 1,75 milliard d'euros, vers des opérations de renouvellement et de modernisation du réseau. Conformément à son engagement de devenir une référence sur le marché des Green Bonds, SNCF Réseau a réalisé au total depuis 2016 trois émissions sous format Green Bond, pour un montant total de 2,65 milliards d'euros, devenant ainsi l'un des 15 plus importants émetteurs de Green Bonds (hors Chine onshore) au monde.

Source : SNCF Réseau, 2018.

ENCADRÉ 2

5 Cheul-Kyu Lee, et al. (2009). Global warming effect Comparison of each material for railway vehicle. Korea.



La compagnie de chemins de fer nationaux du Canada s'est engagée en 2018 à réduire ses émissions par tonne-kilomètre de 29 % d'ici 2030, par rapport à 2015. Pour cela, elle propose une initiative de 13,5 milliards de dollars, le GO Regional Express Rail (RER), visant à transformer le réseau ferroviaire en offrant un service plus rapide et plus fréquent, avec l'électrification de segments essentiels du réseau, y compris l'Union Pearson (UP) Express. Cela se traduira par un doublement du service en heures de pointe et par un quadruplement du service en heures creuses par rapport au niveau de 2015, le nombre de trajets prévus sur l'ensemble du réseau GO devant passer d'environ 1 500 par semaine à près de 6 000. Metrolinx, autorité organisatrice des transports de la région du Grand Toronto et de Hamilton et le MTO, ministère des transports de l'Ontario, prévoient d'importantes améliorations du réseau ferroviaire sur le GO Transit, notamment des modifications supplémentaires des voies et des ponts sur le réseau, des gares nouvelles et modernisées, des séparations de niveau rail / route et rail / rail, de nouveaux systèmes de contrôle des trains améliorés et de nouveaux systèmes de trains électriques (MTO, 2017).

3 • LE POTENTIEL DE DÉCARBONATION ET L'ENGAGEMENT TECHNOLOGIQUE DES CONSTRUCTEURS

Bien que le transport ferroviaire soit l'un des moins émetteurs de CO₂, le potentiel de décarbonation du secteur reste important. Les efforts peuvent se porter sur les infrastructures, les installations et le matériel roulant, l'énergie de traction, les systèmes auxiliaires, ou encore l'utilisation de l'intelligence artificielle pour la gestion de l'énergie.

• **LES INFRASTRUCTURES, LES INSTALLATIONS ET LE MATÉRIEL ROULANT** • L'aérodynamisme des trains a également un potentiel intéressant pour la réduction de la consommation d'énergie et des émissions associées : une amélioration de 25 % du coefficient de pénétration dans l'air se traduit par des économies de 15 % d'énergie de traction pour l'automotrice à grande vitesse (AGV) d'Alstom, mise en service en 2022, par rapport à un TGV classique. Des réalisations similaires existent par exemple chez Bombardier (Zefiro) ou au Japon pour le Tokaido Shinkansen (série 700) (UIC, 2016, p.33). L'utilisation de nouveaux matériaux permet également de réduire le poids des véhicules. Dans ce domaine, le développement de matériaux composites pour la construction d'un wagon de passagers peut réduire son poids d'environ 20 à 30 % ; le potentiel correspondant de réduction de l'énergie traction et des émissions est de l'ordre de 5 % (Lucintel, 2017). Selon un rapport publié en février 2017 par le cabinet d'études de marché Lucintel, le marché des applications composites dans l'industrie ferroviaire mondiale devrait atteindre 821 millions de dollars d'ici à 2021, avec un taux de croissance annuel de 3,6 %. Des recherches et expérimentations dans ce domaine sont notamment conduites par Alstom, New Rail (UK), Indian railways et en Corée pour l'Express pendulaire⁶ (UIC, 2016, p.37). Le train de métro Next Generation du CRRC, Cetrovo, un projet de sa coentreprise avec CG Rail, en Allemagne, a été dévoilé lors du congrès InnoTrans en septembre 2018 à Berlin. La voiture présentée est composée d'environ 70 % de structures en fibre de carbone, ce qui représente une réduction de poids de 13 à 14 % par rapport à un véhicule de métro classique.

Un certain nombre d'expériences d'utilisation d'énergies renouvelables (solaires, éoliennes) dans les installations fixes, voire sur le matériel roulant, ont aussi été mises en place. En juillet 2018, Ravindra Gupta, membre du conseil d'administration des chemins de fer indiens, a inauguré des wagons intégrant des panneaux solaires servant à faire fonctionner les ventilateurs, l'éclairage et les points de charge mobiles à l'intérieur des trains de voyageurs, notamment sur les lignes Rewari-Sitapur, et prochainement sur le Taj Express et le Shane-Punjab Express. L'Organisation des chemins de fer indiens pour les carburants alternatifs (IROAF) a aussi installé des panneaux solaires sur des trains à unités multiples diesel (DMU) en 2017.

⁶ Network Rail (2009) Network RUS electrification (UK). October 2009. London (UK). http://www.networkrail.co.uk/browse%20documents/rus%20documents/route%20utilisation%20strategies/network/working%20group%204%20-%20electrification%20strategy/networkrus_electrification.pdf

• **LE POTENTIEL DE DÉCARBONATION DE L'ÉNERGIE DE TRACTION** • L'énergie de traction représente environ 85 % de l'énergie totale consommée par un train en circulation (CER & UIC, 2015, p.15). Dans l'optique d'une diminution des émissions carbone du transport ferroviaire, le principal enjeu est donc de développer l'électrification, représentant une diminution des émissions de 19 à 33 %⁷ par rapport à l'utilisation de motorisations diesel sur les locomotives. La moitié des lignes ferroviaires européennes sont électrifiées. La Grande-Bretagne est le territoire le moins doté en infrastructures ferroviaires électriques avec seulement 32 % de lignes connectées. Toutefois, depuis 2009, un programme d'électrification de lignes en Écosse est en cours avec un objectif de suppression totale des trains fonctionnant au diesel seul à l'horizon 2040. La Suède est le pays européen le plus électrifié avec 84 % des lignes de trains concernées. En Asie, 43 % du réseau sont électrifiés, 18 % en Afrique et 0,5 % en Amérique du Nord (CER & UIC, 2015, p.59).

Au global, on estime que l'amélioration du rendement des énergies de traction recèle un potentiel diminution des émissions du secteur de l'ordre de 15 %. « Resibloc Rail », développé par l'entreprise ABB, est un transformateur de traction sans huile offrant une efficacité énergétique de 97 %, dont les essais de mise en œuvre en Autriche ont pris fin en 2018. Le transformateur réduit les coûts énergétiques de 10 % par rapport aux transformateurs traditionnels et peut réduire les émissions de dioxyde de carbone de 38 tonnes par an.

Afin d'assurer la traction des trains dans les sections non électrifiées, les constructeurs mettent sur le marché des trains hybrides, dotés de nouveaux moteurs utilisant des énergies alternatives, gaz ou hydrogène par exemple. European Lok Pool (ELP), nouvelle société européenne de location de locomotives spécialisée dans la traction hybride, a annoncé en septembre 2018 avoir reçu une première commande de 10 locomotives Stadler EuroDual, avec une première livraison prévue au second semestre de 2019. La société envisage également d'ajouter à son portefeuille des locomotives de manœuvre bimodales à quatre essieux. Gmeinder, constructeur de locomotives allemand, propose également un modèle hybride équipé d'un moteur Caterpillar et d'une batterie de traction lithium-ion, qui peut utiliser l'électrification sur un troisième rail ou par tête de 750 Vcc. Le producteur d'acier ArcelorMittal, a commandé six unités de ce modèle en 2018. STADLER, constructeur suisse, et Havellian Railway (HVLE), une autorité pakistanaise régionale du transport ferroviaire, ont dévoilé une nouvelle génération de locomotives Eurodual bi-mode à six essieux pouvant être alimentée par un moteur diesel de 2,8 MW ou par une puissance électrique pouvant atteindre 7 MW. HVLE a commandé 10 locomotives Eurodual en 2017, devenant ainsi le client de lancement de la nouvelle plate-forme.

Cependant, le diesel semble avoir encore de beaux jours devant lui. General Electric Transportation a annoncé la signature d'un contrat en 2018 portant sur la fourniture de cinq de ses locomotives diesel PowerHaul (PH) à l'opérateur privé turc Korfez Ulustirma, filiale pour le fret ferroviaire de Tüpras, la plus grande entreprise de raffinage de pétrole de Turquie, chargée du transport des produits pétroliers entre ses raffineries. GE Transportation a par ailleurs dévoilé un nouveau moteur diesel léger à haute vitesse, qui fera ses débuts sur une nouvelle flotte de 300 locomotives de manœuvre qui doivent être livrées à une société ferroviaire kazakhe à partir de 2019. Le moteur devrait offrir une réduction de 5 % des coûts de cycle de vie, une amélioration de 5 % de l'efficacité énergétique et une réduction de 10 % des coûts de maintenance. Enfin, Gmeinder a présenté, en septembre 2018, la variante diesel à deux moteurs de sa locomotive de manœuvre modulaire DE75 BB, conçue pour permettre l'utilisation de diverses configurations de traction. La locomotive à quatre essieux peut être fournie avec deux moteurs diesel Caterpillar de 354 kW.

Autre source non décarbonée, le gaz naturel permet néanmoins de réduire les émissions de CO₂ de 30 % par rapport au diesel ; cette option intéresse en particulier Renfe, l'Union Pacific Railroad et Russian Railways (RZD) qui en sont au stade de développement de prototypes (UIC, 2016, p.79).

⁷ Schaffler, Air conditioner power systems for rail. <http://www.schaffler.com>



L'hydrogène, énergie d'avenir pour le transport ferroviaire ?

Présentée comme une alternative crédible à l'utilisation des combustibles fossiles, utilisation de l'hydrogène pour le transport ferroviaire fait l'objet de recherches importantes dans divers pays depuis plusieurs années.

Une quinzaine d'ingénieurs travaillent en France sur un projet de train, appelé « Space Train » fonctionnant à l'hydrogène et se déplaçant à deux millimètres du sol grâce une propulsion sur monorail, avec des moteurs à induction créant un champ magnétique. Les ingénieurs ambitionnent d'atteindre des pointes de 720 km/h qui ferait de ce train le plus rapide au monde, en comparaison du TGV, dont la vitesse moyenne optimale hors exploitation atteint 500 km/h et 574 km/h maximum, et du Maglev japonais, actuel recordman du monde, atteignant le maximum de 603 km/h. Ciblant des lignes interurbaines de 300 km maximum, les premiers tests du Space Train sont prévus fin 2019 ou début 2020 pour une commercialisation en 2025.

Au-delà des recherches en cours pour améliorer le système de combustion et réduire l'impact environnemental, des trains hydrogène ont déjà été mis en service ces dernières années. En octobre 2017, la Chine a mis en service le premier tramway à hydrogène au monde, conçu par la China Railway Rolling Corporation (CRRC) Tangshan Co. Ltd. Le tramway peut être rechargé avec de l'hydrogène en 15 minutes et parcourir 40 km avec une vitesse maximale de 70 km/h. Il dessert une ligne de chemin de fer construite il y a 136 ans à Tangshan, une des premières villes industrielles du pays, et relie plusieurs sites du patrimoine industriel.

Le 16 septembre 2018, le constructeur français Alstom a officialisé la mise en service de deux trains nommés Coradia iLint, les premiers trains mis en service et fonctionnant 100 % à l'hydrogène dans le monde. Ces trains relient les villes de Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervörde et Buxtehude, situées au nord de l'Allemagne. Atteignant 140 km/h et pouvant parcourir 1 000 kilomètres avec un plein, ce modèle a séduit les compagnies régionales allemandes et d'ici 2021, 14 autres trains devraient être livrés en Basse-Saxe.

En mars 2018, le gouvernement de l'État de Sarawak en Malaisie a proposé que le système de train léger sur rail de Kuching soit alimenté par des piles à combustible à l'hydrogène et qu'il soit achevé d'ici 2024.

ENCADRÉ 3

• **L'AMÉLIORATION DES SYSTÈMES AUXILIAIRES** • Si l'énergie de traction représente 85 % de la consommation finale d'énergie des trains, une part non négligeable de celle-ci tient dans les systèmes auxiliaires à bord (chauffage, climatisation, l'éclairage) ou en dehors des trains. **La réfrigération et le chauffage constituent l'essentiel de la consommation d'énergie auxiliaire à bord d'un train (jusqu'à 80 %). La décarbonation peut provenir essentiellement de l'utilisation de nouveaux réfrigérants plus efficaces, et d'une gestion intelligente des systèmes de chauffage / climatisation⁸.** Par exemple, à Berlin, l'entreprise Liebherr-Transportation Systems va équiper une des lignes de tramway de la ville de capteurs de CO₂ qui estimeront le nombre de passagers et régleront en conséquence les entrées d'air extérieur ; cela devrait réduire la consommation énergétique de 13 % (UIC, 2016, p.101). Le fournisseur international Thermo-King a présenté en 2018 son nouveau système utilisant le réfrigérant R134A, un réfrigérant au potentiel de réchauffement global (GWP) réduit de plus de 50 %, mais qui conserve les mêmes performances, fiabilité et confort des passagers que

8 Witthuhn, M. et al. (2001) : Applications for energy storage flywheels in vehicles of Deutsche Bahn AG. Proceedings of the World Congress of Railway Research WCRR 2001, Cologne (Germany).

les réfrigérants actuels.

Plus globalement, l'introduction de systèmes récupérateurs d'énergie, permettant aussi de la stocker (volant d'inertie, batterie...) pourrait, elle, réduire la consommation d'énergie d'un train de 10 à 30 % environ, et aboutir à une forte diminution de la demande énergétique appelée en pointe (-50 %). **Plusieurs industriels ont développé des systèmes utilisant des volants d'inertie et permettant d'économiser jusqu'à 20 % d'énergie utilisée lors d'un trajet (UIC, 2016, p.144) : Piller-Powerbridge (Allemagne)⁹, Kinetic Traction (USA), Adif (Espagne)¹⁰.**

Les gares sont aussi des points sensibles dont la Banque asiatique de développement (BAD) pointe les inefficacités en matière de gestion du chauffage, de la climatisation et de la ventilation. En effet, celle-ci considère que les gares consomment environ 214 kWh/m²/an d'électricité quand le reste des bâtiments publics ont une consommation de 114kWh/m²/an en moyenne¹¹. **À ce titre, l'Inde a étendu son programme d'installation de panneaux solaires aux toits des gares et passages à niveau, pour un objectif total de 1 000 MW d'énergie solaire à exploiter. La gare de Guwahati, l'une des plus importantes de l'Etat d'Assam, tourne, depuis mi-2018, entièrement à l'énergie solaire. Quelque 20 000 voyageurs y transitent chaque jour.** L'ensemble de ses toits ont été équipés de panneaux photovoltaïques d'une puissance de 700 kilowatts, soit suffisamment pour alimenter le réseau ferroviaire et les différents services de la structure, ce qui permet d'économiser environ 21 000 litres de diesel par train ainsi que 67,7 millions de roupies chaque année (environ 85 000 euros) selon Northeast Frontier Railway.

• **GESTION DE L'ÉNERGIE PAR DES SYSTÈMES INTELLIGENTS** • Les potentialités maintenant offertes par l'informatique permettent d'ajuster l'utilisation de l'énergie aux besoins effectifs des engins ferroviaires¹² et de diminuer d'autant les émissions de gaz à effet de serre. Par exemple, une amélioration du taux de remplissage des véhicules (système de réservation) peut permettre de l'ordre de 15 à 17 % d'économie d'énergie. Une amélioration des modes de conduite, assistés ou non par ordinateur, permettrait quant à elle de minimiser le freinage et les accélérations avec une économie d'énergie pouvant atteindre 20 % de l'énergie de traction. **L'assistance par ordinateur réduirait ainsi de 30 % les besoins de freinage, ce qui se traduirait par une amélioration de 10 % de la ponctualité (UIC, 2016, p.134).** Enfin, le recours à des réseaux électriques intelligents permet de mieux contrôler les puissances appelées par les trains en circulation ou de la réduire sur un segment de parcours. C'est le cas, par exemple, au Japon (East Japan Railway Co.). Le projet Merlin (2012-2015), mené dans le cadre des projets financés par l'Union Européenne, a permis quant à lui d'examiner la faisabilité des systèmes de gestion intégrée de l'électricité dans les réseaux ferrés européens, en particulier sur les grandes lignes.

CONCLUSION

Ce tour d'horizon, forcément non-exhaustif, des innovations engagées par les acteurs du secteur ferroviaire, souligne le dynamisme d'un secteur convaincu de détenir une part de la réponse pour réduire les émissions de CO₂ liées à la mobilité. L'importance de son apport et la rapidité de son déploiement dépendront néanmoins de plusieurs facteurs économiques : sa capacité à mobiliser des investissements suffisants, notamment dans les pays en développement, et sa compétitivité en prix, par rapport au secteur routier pour le fret, en comparaison de la voiture, du car, et de l'avion pour le transport de passager.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

⁹ Witthuhn, M. et al. (2001) : Applications for energy storage flywheels in vehicles of Deutsche Bahn AG. Proceedings of the World Congress of Railway Research WCCR 2001, Cologne (Germany).

¹⁰ Improving energy efficiency and reducing emissions through intelligent railway station buildings. Asian development bank, 2015

¹¹ Panou, K et al. (2013). Railway Driver Advisory Systems : Evaluation of Methods, Tools and Systems. 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro (Brazil).

¹² (<http://www.merlin-rail.eu>)

RÉFÉRENCES

PUBLICATIONS :

- BISWAS, S. et al. (2001). Composite Technology Development and Commercialization – An Indian Initiative. 6th ASEAN Science and Technology Week, Brunei Darussalam, September 2001.
- CAMPUS E. et al. (2017). Use of Composite Materials in Railway Applications". ALSTOM Transport in collaboration with SNCF Direction du Matériel Centre d'Ingenierie du Matériel
- CER, & UIC. (2015). Rail transport and Environment. Bruxelles-Paris.
- CDP. (2017). Missing link : Harnessing the power of purchasing for a sustainable future. Written on behalf of 89 organizations representing US\$2.7 trillion of procurement spend. CDP Supply Chain Report 2016-2017.
- CHEUL-KYU L., et al. (2009). Global warming effect Comparison of each material for railway vehicle. Korea.
- GUNSELMANN W. et al. (2000). Energiespeichereinsatz im Statbahnnetz Köln. Elektrische Bahnen 98 (2000) z. 11-12. Cologne (Germany).
- IEA, & UIC. (2017). Railway Handbook. Energy consumption and CO₂ emissions. Paris.
- MTO. (2017). Ontario Minister's Climate Change Action Plan Progress Report 2017.
- NETWORK RAIL. (2009). Network RUS electrification (UK). October 2009. London (UK).
- NEWRAIL. (2004). The Research requirements of the transport sectors to facilitate and increased usage of composite materials. Part III : The Composite Material Research Requirements of the Rail Industry.
- PANOU, K et al. (2013). Railway Driver Advisory Systems : Evaluation of Methods, Tools and Systems. 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro (Brazil).
- UIC. (2016) Technologies and potential developments for energy efficiency and CO₂ reductions in rail systems. Paris.
- UIC. (2014). Transport. Low carbon rail transport challenge. Action plan. Paper presented at the Climate Summit 2014, UN Headquarters New York.
- UNIFE, & CER. (2016). Rail as a key to decarbonising transport. Brussels.
- WITTHUHN M. et al. (2001). Applications for energy storage flywheels in vehicles of Deutsche Bahn AG. Proceedings of the World Congress of Railway Research WCRR 2001, Cologne (Germany).





Les nouvelles initiatives du transport maritime international

En évolution rapide ces dernières décennies, le transport maritime international contribue de manière non négligeable aux émissions de gaz à effet de serre (GES) anthropiques mondiales, en excédant celles du secteur de l'aviation civile. La mise en place du MRV de l'Union Européenne et l'accord adopté au sein de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) peuvent être annonciateur d'un début de transition, à condition que cela se traduise par des résultats quantitatifs. L'année écoulée aura enregistré des initiatives technologiques intéressantes, portées par les acteurs industriels du secteur.

Rédacteur principal • GUILLAUME SIMONET • *Consultant et chercheur indépendant, Abstraction Services*

SOMMAIRE

1 • DES ÉMISSIONS DE GES CONCENTRÉES SUR LES ROUTES MARITIMES

- Une augmentation récente
- Profil des émissions du secteur maritime
- Une évolution des GES corrélée à celles du tonnage, de la taille et de la vitesse des navires

2 • UNE PRISE DE CONSCIENCE RÉCENTE

- L'action de l'OMI
- Les outils de régulation en place
- Un accord récent intéressant

3 • UNE IMPULSION DES COMPAGNIES MARITIMES

- Des solutions issues de partenariat entre parties prenantes
- L'industrie suédoise en pointe dans le secteur
- Des accompagnements nécessaires pour stimuler le marché

4 • VERS UN TRANSPORT MARITIME RESPONSABLE ? L'ÉLECTRIFICATION DU SECTEUR

- D'autres solutions en vogue
- Entreprises : un enthousiasme sans modèle économique

1 • DES ÉMISSIONS DE GES CONCENTRÉES SUR LES ROUTES MARITIMES



• **UNE AUGMENTATION RÉCENTE** • Les émissions mondiales de CO₂ du transport maritime marchand¹ ont connu une baisse progressive depuis 2007, passant de 1,1 GtCO₂ à 932 MtCO₂ en 2015, représentant 2,6 % des émissions totales de CO₂ pour cette même année (contre 3,5 % en 2007). En 2015, les émissions du transport maritime international représentaient à elles seules 87 % des émissions totales de CO₂ du transport maritime marchand, avec 812 MtCO₂, soit une baisse de 8 % par rapport à 2007 (881 MtCO₂). Néanmoins, la progression observée depuis 2013 (+1,4 %) et selon des estimations non encore publiées, **les émissions du transport maritime international devraient être de 847 MtCO₂ en 2016 et 859 MtCO₂ en 2017, soit une augmentation de 5,8 % par rapport à 2015** (tableau 1).

Concernant les navires de pêche, leurs émissions ont diminué de moitié depuis 2007, passant de 86 MtCO₂ à 42 MtCO₂ en 2015 et se stabilisent en 2017. Les émissions du transport maritime domestique ont diminué de 41 % au cours de la même période, passant de 133 MtCO₂ en 2007 à 78 MtCO₂ en 2015, elles aussi étant estimées stabilisées en 2017. Enfin, les navires de croisières émettent 38 MtCO₂ en 2015, soit environ 4 % des émissions du secteur maritime (ICCT, 2017).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*	2017*
Transport international	881	916	858	773	853	805	801	813	812	847*	859*
Transport maritime domestique	133	139	75	83	110	87	73	78	78	78*	78*
Navires de pêche	86	80	44	58	58	51	36	39	42	42*	42*
Total transport maritime marchand	1100	1135	977	914	1021	942	910	930	932	967*	979*
% émissions CO ₂ mondiales ²	3,5%	3,5%	3,1%	2,7%	2,9%	2,6%	2,5%	2,6%	2,6%		

TABLEAU 1. ÉMISSIONS DE CO₂ DU TRANSPORT MARITIME MARCHAND MONDIAL

(Source : ICCT, 2017). *Les données 2016 et 2017 sont des estimations issues d'une source interne de l'ICCT (2018).

• **PROFIL DES ÉMISSIONS DU SECTEUR MARITIME** • Entre 2013 et 2015, trois classes de navires comptaient pour 55 % des émissions totales de GES du transport maritime international : les porte-conteneurs (23 %), les vraquiers (19 %) et les pétroliers (13 %) (figure 1).

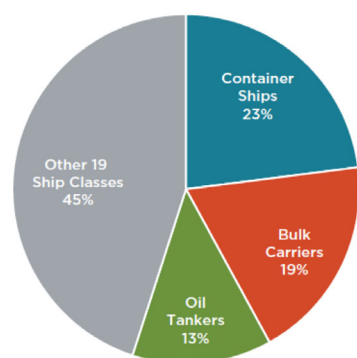


FIGURE 1. PART DE CO₂ ÉMIS PAR CLASSE DE NAVIRES ENTRE 2013 ET 2015.

Source : ICCT, 2017.

Ces émissions sont définies par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) en quatre catégories. Tout d'abord, les émissions de gaz d'échappement, lesquelles constituent le plus grand volume de GES et proviennent des moteurs principaux et auxiliaires, des chaudières et des incinérateurs. Ensuite, les émissions de réfrigérants, indispensables pour les produits réfrigérés et les climatiseurs, mais qui s'échappent également durant les opérations de maintenance et les processus de démantèlement (les émissions sont allouées aux pays procédant les opérations). Puis, les émissions diverses se produisant durant les périodes de transport, incluant les fuites et

¹ L'International Council on Clean Transportation (ICCT) distingue le transport maritime marchand en trois catégories. Le transport maritime international inclut les navires de passagers (travailleurs et transporteurs de passagers de plus de 2000 t, paquebots), les navires de marchandises (vraquiers, pétroliers et méthaniers, porte-conteneurs) et les autres cargos de taille importante. Le transport maritime domestique inclut les traversiers de passagers de moins de 2000 Gt, les yachts et les transports de marchandises fluviaux. Les bateaux de pêche, quelle que soit la taille, sont catégorisés dans les navires de pêche (ICCT, 2017).

les relargages et enfin, les émissions de GES issues des phases de tests et de maintenance (Shi and Gullett, 2018). Au niveau des opérations, la navigation en mer fut responsable en 2015 de la plupart des émissions de GES des principaux navires. Néanmoins, pour certains bâtiments (pétroliers et méthaniers), l'accostage demeure un important poste de dépense énergétique (respectivement 17% et 14% du total de leurs émissions de GES). L'ancrage représente pour chacune des catégories de navires environ 5 à 9% des émissions de GES.

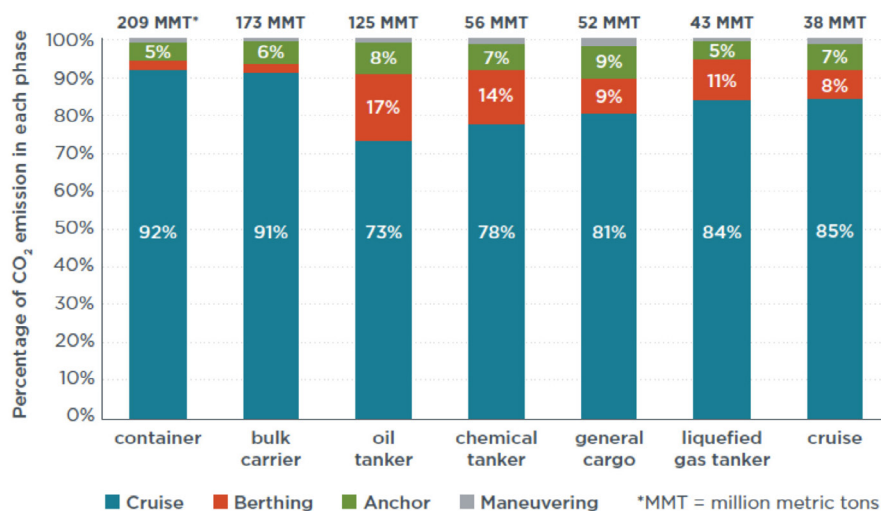


FIGURE 2. ÉMISSIONS DE CO₂ DURANT LES PHASES D'OPÉRATIONS DES PRINCIPAUX NAVIRES ÉMETTEURS, 2015.

Source : ICCT, 2017.

Au-delà des 223 pays représentés dans le transport maritime, 52% des émissions sont attribuables en 2015 à des navires évoluant sous six pavillons : Panama (15%), Chine (11%), Liberia (9%), îles Marshall (7%), Singapour (6%) et Malte (5%) (figure 2). Les émissions mondiales de CO₂ du secteur maritime marchand sont concentrées sur des routes maritimes bien définies à travers le globe (figure 3).

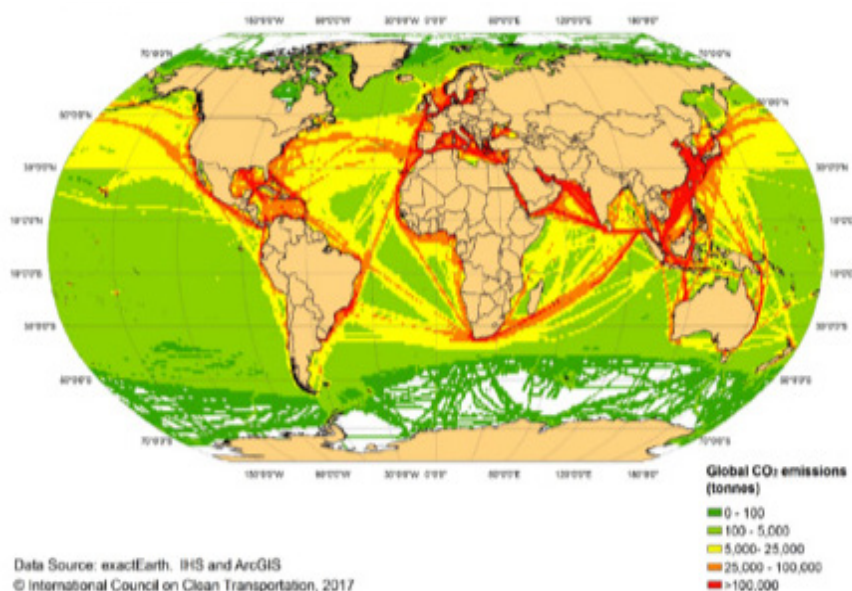


FIGURE 3. DISTRIBUTION MONDIALE DES ÉMISSIONS DE CO₂ DU TRANSPORT MARITIME, 2015.

Source : ICCT, 2017.

• UNE ÉVOLUTION DES GES CORRÉLÉE À CELLES DU TONNAGE, DE LA TAILLE ET DE LA VITESSE DES NAVIRES • Alors que la baisse des émissions de CO₂ du transport maritime marchand durant la période Kyoto (2007-2012) est grandement attribuée à la crise financière mondiale de l'époque, une augmentation est à prévoir pour les prochaines années du fait de la croissance du commerce international maritime (Shi and Gullett, 2018). Smith et al. (2015) ont estimé qu'en l'état, les émissions

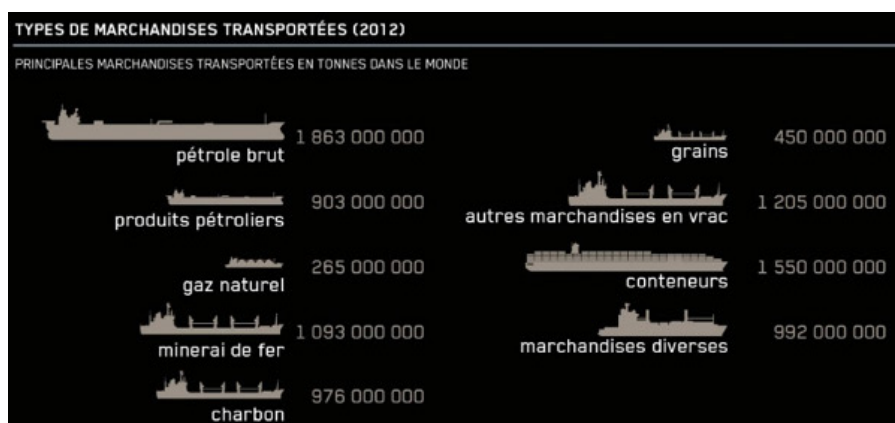


de CO₂ du secteur maritime pourraient augmenter de 50 à 250 % à l'horizon 2050. En l'absence de mesures, la part du secteur pourrait atteindre 17 % des émissions mondiales de GES à cette date (Cames et al., 2015). Par ailleurs, l'augmentation récente des émissions de GES du secteur survient alors que l'intensité CO₂ de la majorité des catégories de navires s'améliore, annulant ces efforts (ICCT, 2017). Une des raisons réside dans l'augmentation des vitesses de croisière. En effet, entre 2013 et 2015, les porte-conteneurs ont augmenté leur vitesse moyenne de 11 % et les pétroliers de 4 % par rapport à la moyenne totale du transport international, entraînant une augmentation d'émissions de CO₂ par tonnage transporté.

Avec un volume avoisinant les 9 milliards de tonnes de marchandises transportées par an, la voie maritime est le premier mode de transport des activités commerciales. Sa part dans le transport mondial de commerce atteint 80 % en termes de volume et 70 % en termes de valeur. **En termes de marchandises, la principale ressource transportée demeure en 2012... le pétrole brut avec 1,863 Md de tonnes (voir figure 4).** En termes d'évolution, la flotte mondiale de navires de commerce suit une courbe exponentielle depuis les années 70, après un fléchissement à fin des années 90. Représentant 289 926 tonnes brutes naviguant sur les mers du globe en 1973, elle représentait 6 fois plus, 1 862 000 tonnes brutes en 2016. En 2017, on estime que 93 000 navires constituent cette flotte maritime marchande (Cargill, 2017). Les plus imposants sont les navires de charge utilisés pour le transport de marchandises tels les vraquiers (41 %), qui transportent des matières solides en vrac (sable, granulats, céréales), les navires citernes (38 %), comme les pétroliers, les méthaniers ou les navires frigorifiques d'aliments liquides et les porte-conteneurs (14 %), qui peuvent transporter plus de 20 000 conteneurs depuis février 2018 (contre 1 700 en 1970) et l'inauguration du CMA CGM Antoine de Saint-Exupéry, plus grand navire du genre. Ces trois classes comptent pour 84 % du total de l'approvisionnement de marchandises par voie maritime. En dehors des marchandises, la flotte maritime mondiale est constituée de bateaux polyvalents (6 %) dont ceux de pêche de tout type et d'imposants paquebots appartenant à une industrie des croisières florissante (1 %) qui transportent des millions de passagers vers les destinations touristiques (Info Arte, 2016).

Ainsi, la régulation des émissions de GES du transport maritime international repose

sur une grande variété de navires et d'activités. Néanmoins, les navires de charge émettent largement plus que les autres types de bateaux par leur taille et leur tonnage, tout en étant plus faciles à réguler à l'échelle internationale du fait de leur design et de la nature internationale de leur voyage (Shi et Gullett, 2018). Dès lors, la réduction des émissions ne peut venir que d'une action concertée entre les parties prenantes pour améliorer l'efficacité énergétique et développer des propulsions alternatives (ICCT, 2017).



2 • UNE PRISE DE CONSCIENCE RÉCENTE

• **L'ACTION DE L'ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE (OMI)** • L'Organisation Maritime Internationale (OMI) est l'autorité internationale qui régule le transport maritime international. L'OMI définit le transport maritime international comme un transport maritime entre ports de différents pays, en opposition avec le transport maritime domestique, et exclut les bateaux militaires et de pêches (IMO, 2014). **Le transport maritime est le seul secteur avec le transport aérien dont la**

contribution à la limitation des changements climatiques se négocie directement au niveau international, et ne sont pas inclus ni mentionné dans le Protocole de Kyoto et dans de l'Accord de Paris (Wan et al., 2017). Les discussions relatives à ce secteur, souvent bloquées par plusieurs pays influents (Chine, pays abritant les pavillons), ont été laissées à l'OMI, dont il est attendu qu'elle favorise les échanges, fixe les efforts de réduction des émissions et développe des stratégies à mettre en place en tant que responsable de la régulation du transport maritime international (Wan et al., 2017).

L'impact à venir de l'industrie des croisières

Bien que représentant 4% des émissions totales du secteur maritime avec 38 MtCO₂ en 2015, la croissance des transports internationaux de passagers est exponentielle, et l'industrie des croisières évolue plus fortement que les autres formes de tourisme. Durant les vingt dernières années, la croissance moyenne annuelle de passagers fut de 7% (Florida-Caribbean Cruise Association, 2015). En 2016, 23 millions de passagers au niveau mondial furent accueillis sur des navires de croisières, la plupart d'entre eux en provenance d'Amérique du Nord. Les bateaux de croisières requièrent beaucoup d'énergie, aussi bien pour la navigation que pour les nombreux services offerts à bord. À titre d'exemple, le Freedom of the seas, un des plus importants paquebots du monde, brûle 4 200 litres de carburant par heure en période de navigation. En toute logique, la taille, les services offerts et la vitesse de croisière des paquebots influent sur les émissions de GES. Il reste que les constructions de nouveaux paquebots tendent à accroître leur capacité d'accueil, la diversité des services offerts et leur vitesse de croisière, annulant les améliorations engendrées par les nouveaux procédés de propulsion et par l'installation de systèmes électriques aux ports d'accueil afin de les inciter à ne plus utiliser leurs générateurs une fois à quai.

ENCADRÉ 1

• **LES OUTILS DE RÉGULATIONS EN PLACE** • À ce jour, seule une régulation axée sur l'efficacité énergétique des navires existe à l'échelle mondiale, la **Energy Efficiency Design Index (EEDI)**. Promulguée par l'OMI en 2013, l'EEDI soumet les nouvelles conceptions de navires à des exigences en matière d'utilisation d'équipements et de moteurs moins polluants (moins de CO₂ par miles nautiques parcourus) et plus économiques en énergie. Il est prévu que ces exigences soient progressivement augmentées tous les 5 ans afin d'encourager l'intégration d'innovations et le développement de nouvelles techniques, de la phase de design du navire à la consommation de carburant nécessaire à son exploitation. Les navires construits entre 2015 et 2019 doivent être 10 % plus efficient en termes de gramme de CO₂ par tonne mile nautique que ceux construits sur la période 1999-2009 et pour

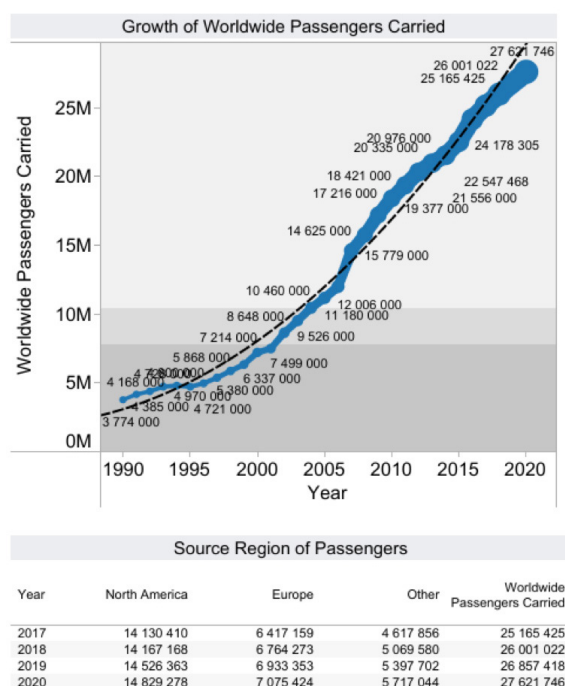


FIGURE 6. CROISSANCE ET PRÉVISION DE L'INDUSTRIE DE CROISIÈRE PAR ÉVOLUTION DE PASSAGERS TRANSPORTÉS ENTRE 1990 ET 2020

(Cruise Market Watch, 2017)



ceux de construits entre 2020 et 2024, l'objectif à atteindre est de 20% avant d'atteindre 30% au-delà de 2025. Il reste que l'EEDI est un mécanisme non normatif, basé sur la performance volontaire, qui laisse le choix des technologies à utiliser à l'industrie dans ses conceptions de navires (ICCT, 2017).

Le Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) est un mécanisme opérationnel de l'OMI visant à optimiser l'énergie consommée par le transport maritime marchand durant l'exploitation des navires. Développé avec l'Université Maritime Mondiale, le SEEMP vise à promouvoir pour les nouveaux navires et ceux existants, des technologies économes en énergie et de les amener à utiliser le Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) qui permet la surveillance continue de l'énergie consommée pendant l'exploitation d'un navire. Cet outil permet d'avoir une vision d'ensemble de la flotte mondiale en termes de performance tout en permettant aux ingénieurs et mécaniciens à bord d'avoir un contrôle continu de l'efficacité énergétique des navires durant leur exploitation, de rapporter les observations, de mieux planifier les voyages, d'estimer la fréquence de nettoyage de l'hélice ou encore d'évaluer l'efficacité d'introduction de nouvelles formes de propulsion (IMO, 2018).

L'impulsion de l'Union Européenne sur le secteur maritime

L'Union Européenne n'a eu de cesse de vouloir intégrer les secteurs aériens et maritimes aux négociations internationales portant sur le climat. Face aux réticences de nombreux pays sur le dossier maritime, l'UE a élaboré un règlement MRV (Monitoring, Reporting, Verification) pour les navires visitant ses ports. Ainsi, le UE MRV est entré en vigueur le 1^{er} juillet 2015 et impose aux armateurs et aux exploitants de surveiller, signaler et vérifier chaque année les émissions de CO₂ des navires de plus de 5 000 tonneaux de jauge brute dans tout port de l'Union Européenne et de l'Association européenne de libre-échange. La collecte de données a lieu par voyage et a débuté le 1^{er} janvier 2018. Les émissions de CO₂ déclarées, ainsi que des données supplémentaires, doivent être vérifiées par des organismes indépendants certifiés tels que DNV GL, un organisme de certification norvégien, et envoyées à une base de données centrale gérée par l'Agence européenne de sécurité maritime (EMSA). Les données agrégées sur les émissions et l'efficacité des navires seront publiées par la Commission Européenne au plus tard le 30 juin 2019, puis chaque année consécutive. Concernant le nouvel accord annoncé par l'OMI, l'objectif de réduire de 50% les émissions du secteur maritime d'ici 2030 est moins ambitieux que ne le souhaitait l'Union Européenne mais cet horizon permet d'inscrire le cadre maritime dans la lignée des objectifs de l'Accord de Paris. Lors des discussions en amont de cet accord, l'Union Européenne a pu jouer de tout son poids, usant des 41% de la flotte mondiale qu'elle représente à travers ses pays membres, mais également en s'appuyant sur son nouveau règlement MRV pour inciter à ce qu'il soit dans le futur appliqué à l'échelle mondiale.

ENCADRÉ 2

• **UN ACCORD RÉCENT** • Lors de la 72^e réunion de la Marine Environment Protection Committee (MEPC 72) d'avril 2018, les 170 pays membres de l'OMI se sont mis d'accord pour adopter une résolution codifiant une stratégie de réduction de GES pour le transport maritime international. L'accord a été trouvé en dépit des réserves exprimées par plusieurs pays (Arabie Saoudite, États-Unis, Chine) et de l'influence disproportionnée des cinq pays sous lesquels sont enregistrés les pavillons de la majorité des navires commerciaux (Bahamas, Îles Marshall, Liberia, Malte, Panama), lesquels assurent 43% du financement total de l'OMI. Cette stratégie, qui représente le premier cadre

climatique global pour le transport maritime, établit des objectifs de réductions jusqu'à 2050 et fixe à 2023 la date butoir de sa révision. La stratégie implique de mettre en œuvre des politiques pour significativement développer l'efficacité énergétique de la flotte mondiale et de promouvoir le déploiement de propulsions innovantes et de carburants alternatifs de manière à atteindre :

- la réduction d'au moins 40 % des émissions de GES (à la tonne par kilomètre) par les navires d'ici 2030, tout en poursuivant l'action menée pour atteindre 70 % d'ici à 2050 ;
- la réduction du volume des émissions d'au moins 50 % en 2050 par rapport à 2008, tout en poursuivant l'action vers la décarbonation totale du transport maritime.

Une liste de mesures à court, moyen et long-terme pour aider à atteindre les objectifs a été dressée par l'ICCT (2018). Néanmoins, ces mesures doivent être rendues obligatoires par une convention de l'OMI avant qu'elles ne deviennent juridiquement contraignantes.

Type	Période	Mesure	Cible	Statut actuel
Court terme	2018-2023	Nouvelles phases de l'EDDI	Nouveaux navires	-10 % en 2015
				-20 % en 2020
				-30 % en 2025
		Mesures d'efficacité opérationnelle (SEEMP, normes)	Navires en service	Planification SEEMP requise
		Programme d'amélioration de la flotte existante	Navires en service	-
		Réduction de la vitesse	Navires en service	-
Moyen terme	2023-2030	Mesures pour lutter contre le méthane et les COV	Émissions fugitives et des moteurs	-
		Programmes de mise en place de carburants alternatifs à bas ou zéro carbone	Carburants – nouveaux navires/navires en service	-
		Mesures d'efficacité opérationnelle supplémentaires (SEEMP, normes)	Navires en service	Planification SEEMP requise
Long terme	2030 +	Mesures axées sur le marché ²	Navires en service - carburants	-
		Développement et mise à disposition de carburants zéro carbonés ou non fossiles	Carburants – nouveaux navires/navires en service	-

TABEAU 2 . MESURES QUI POURRAIENT S'INCLURE DANS LA STRATÉGIE INITIALE DE RÉDUCTION DE GES DE L'OMI.

(Source : ICCT, 2018).

Au-delà de ces mesures, l'ICCT (2018) identifie d'autres mesures qui peuvent indirectement soutenir les efforts de réduction de GES, telles que :

- encourager le développement et la mise à jour de plans d'action nationaux ;
- encourager les ports à faciliter les réductions de GES des navires ;
- initier et coordonner les activités de Recherche et Développement en créant une International Maritime Research Board (IMRB) ;

² Les mesures axées sur le marché cherchent à remédier à la défaillance du marché des « externalités environnementales » en intégrant le coût externe des activités de production ou de consommation au moyen de taxes ou de redevances sur les processus ou les produits ou en créant des droits de propriété et en facilitant l'établissement d'un marché des services environnementaux. Selon cette définition, ces mesures visent à fournir aux pollueurs (armateurs et les opérateurs économiques) une incitation économique à réduire leurs émissions de GES conformes au principe pollueur-payeur (Shi and Gullett, 2018).



- encourager la recherche de carburants zéro carbonés ou non fossiles pour le secteur maritime et développer des lignes directrices robustes sur le cycle de vie des GES pour les carburants de remplacement ;
- entreprendre des études supplémentaires sur les émissions de GES pour éclairer les décisions politiques et estimer les courbes des coûts marginaux de réduction pour chaque mesure ;
- encourager les activités de coopération technique et de renforcement des capacités.

Ces ambitions devraient inciter les navires à se doter de carburant alternatifs au fioul, carburant qui dégage plus de 3 500 fois plus de soufre que le diesel utilisé par les véhicules routiers. Sur ce point, l'OCDE propose de se diriger vers des biocarburants, de l'hydrogène, de l'ammoniaque et de développer la navigation à voile, le gaz naturel liquéfié demeurant une alternative à court terme (OCDE, 2018).

3 • UNE IMPULSION VENANT DES COMPAGNIES MARITIMES

• **DES SOLUTIONS ISSUES DE PARTENARIATS ENTRE PARTIES PRENANTES** • Plusieurs initiatives portées par des acteurs non-étatiques ont comme objectif de rendre le secteur maritime plus vertueux en matière de rejets de GES. Parmi elles, **la Sustainable Shipping Initiative (SSI) est portée par un organisme indépendant qui rassemble des entreprises du transport maritime (affréteurs, chantiers navals, équipements) et d'autres parties prenantes (banques, sociétés technologiques, ONG)** dans le but de créer une industrie maritime plus respectueuse de l'environnement, socialement responsable, plus sûre, et plus rentable sur le plan économique à l'horizon 2040. Parmi les membres de ce réseau, on trouve Maersk Line, Oldendorff ou China Navigation mais également deux organisations non gouvernementales (ONG) environnementales : WWF et Forum for the future. La feuille de route à l'horizon 2040 comprend 6 actions principales parmi laquelle l'action 6 qui souhaite « Adopter une gamme variée de sources d'énergie, en utilisant les ressources de manière plus efficace et responsable, et en réduisant considérablement l'intensité des gaz à effet de serre ». Les mesures envisagées pour ce faire comprennent l'implantation d'améliorations significatives de l'efficacité énergétique dans les conceptions de navires, les réhabilitations et les opérations de navigation ; la recherche et l'intégration de sources d'énergies renouvelables dans les systèmes de propulsion afin de gagner en intensité énergétique ; l'engagement des partenaires dans l'atteinte de gains énergétiques dans les chaînes d'approvisionnement.

Quatre autres organisations non gouvernementales (The Global Maritime Forum, The North American Marine Environment Protection Association (NAMEPA), The Maritime Anti-Corruption Network, The Women's International Shipping and Trading Association (WISTA)) sont impliquées dans une initiative portée par Cargill, une compagnie états-unienne spécialisée dans la fourniture d'ingrédients alimentaires et dans le négoce de matières premières. À l'aide de ces ONG, Cargill souhaite impulser un transport maritime plus vertueux en se fixant un objectif de réduction des émissions de GES de ses 650 navires de 15 % en 2020 par rapport à 2016. **Par ailleurs, Cargill annonce avoir amélioré l'efficacité énergétique de sa flotte en 2017 et réduit ses émissions de CO₂ de 5,7 % par rapport à 2016 sur la base de tonne transportée par mile (Cargill, 2017).**

• **L'INDUSTRIE SUÉDOISE EN POINTE DANS LE SECTEUR** • L'industrie de transport maritime suédoise est également très active dans la décarbonation de ses activités. L'association la représentant a annoncé un objectif de zéro-émissions à l'horizon 2050 et plusieurs compagnies sont pionnières en matière de transport maritime à faibles émissions. La Suède compte un nombre grandissant d'initiatives : **la Stena Line opère un traversier qui fonctionne au méthanol, Sirius Shipping a développé un bateau au GNL, plusieurs compagnies (Terntank, Erik Thun, Rederi Gotland) ont également des navires propulsés par du GNL et HH Ferries et Green City Ferries ont lancé des traversiers électriques (OCDE, 2018).** Cette approche pro-active peut être expliquée par la coopération entre décideurs, du soutien financier (du gouvernement suédois, de l'Union Européenne ou de la Norwegian NOx

Fund selon les projets) et du soutien en termes de réglementation. Cette convergence d'intérêts entre armateurs et compagnies maritimes suédoises a encouragé d'autres industries, telles que les compagnies d'énergie, à se lancer dans des partenariats établis sur le long terme, aspect important dans le succès de ces initiatives. Le meilleur exemple est le « **Zero Vision Tool** », **plateforme de coopération qui regroupe l'industrie de transport maritime, le gouvernement et la communauté de chercheurs, afin de résoudre les difficultés techniques de projets pilotes portant sur le ravitaillement en GNL ou sur l'alimentation de navires en GNL ou au méthanol**. Enfin, l'introduction de normes sur les émissions de soufre a également permis de stimuler les demandes de conversion vers des propulsions moins émettrices de GES (OCDE, 2018).

• **DES ACCOMPAGNEMENTS NÉCESSAIRES POUR STIMULER LE MARCHÉ** • En France, l'implication de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) est à souligner. Dans le domaine Transport et Mobilité du Programme d'investissements d'avenir (PIA), la thématique « Navires du futur » regroupe pas loin de 49 projets auxquels l'ADEME participe financièrement. En 2017, l'ADEME a lancé un appel à projets visant à financer des projets de R&D dans le domaine de l'industrie navale débouchant sur des réalisations industrialisables. L'appel concerne les bateaux, navires et engins flottants mobiles qui ont une fonction commerciale de transport (personnes, marchandises), une fonction de travail (pêche, énergies marines, surveillance, recherches, dragage, exploitation des ressources) ou une fonction de loisir (plaisance). Des quatre axes thématiques, l'Axe 1 « Navire économe » vise l'efficacité énergétique à travers la réduction de la résistance à l'avancement (forme, matériaux, structures, hydrodynamique), l'amélioration des fonctions propulsion et énergie (rendement, systèmes) et le développement de solutions innovantes à base d'énergies renouvelables ou optimisant le bilan énergétique global notamment dans la gestion des besoins du bord (eau, ventilation, climatisation, etc.). L'axe vise également l'efficacité des opérations à travers l'optimisation des opérations de navigation, des manœuvres portuaires et des opérations commerciales (chargement/déchargement), l'optimisation de la conservation et de la valorisation des cargaisons et l'interopérabilité avec les autres modes de transport et les infrastructures à terre.

Le projet Honfleur, lauréat de l'ADEME

Démarré en mars 2017 pour une durée de 2 ans, l'objectif du projet HONFLEUR est d'assurer le remplacement du paquebot Normandie (1992) actuellement en service entre les ports de Caen-Ouistreham (FR) et de Portsmouth (UK). Les choix technologiques pour la conception de la coque et de ses appendices, pour la motorisation diesel-électrique et pour les dispositifs de gestion et de récupération de l'énergie consommée devraient permettre au HONFLEUR pendant les trois prochaines décennies, de consommer 20 % d'énergie en moins par rapport à un navire de référence conventionnel, et d'être moins polluant grâce à l'utilisation du gaz naturel liquéfié (GNL) comme alternatif au fuel. Ce navire sera le premier traversier GNL opéré sur le secteur Manche-Mer du Nord. L'utilisation de GNL permet de réduire de manière drastique les émissions de soufre (-99 %), de particules fines (-90 %) et d'oxyde d'azote (-87 %) par rapport à une même quantité d'énergie fournie par du gazole marin (MGO). Il permettra également de réduire significativement les émissions carbonées du navire, celui-ci intégrant par ailleurs des dispositifs de gestion de l'énergie électrique et de récupération d'énergie ainsi qu'une motorisation diesel-électrique, soit en moyenne 12 000 tonnes de CO₂ évitées par an par rapport à un traversier conventionnel. Ces gains environnementaux seront importants pour la qualité de l'air dans les zones portuaires généralement proches de zones à forte densité de population (ADEME, 2018).

ENCADRÉ 3



4 • VERS UN TRANSPORT MARITIME RESPONSABLE ?

• **L'ÉLECTRIFICATION DU SECTEUR** • Au cours des dix dernières années, plusieurs initiatives ont vu le jour dans le secteur de l'ingénierie et de la construction navale pour mettre au point des moyens de propulsion fonctionnant à l'électricité. Ces initiatives concernent aussi bien des bateaux de transport domestique (Port-Liner), de cargo électrique (Hangzhou Modern Ship Design & Research Co.) ou de transport de passagers (E-Ferry). Les navires, notamment de passagers tels que les traversiers, sont plus faciles à équiper de propulsion électrique que tout autre mode du fait de leurs courts trajets entre les mêmes ports. Ces initiatives ne précisent toutefois pas les sources d'énergie utilisées pour recharger les batteries de cette nouvelle flotte navale, rendant difficiles les estimations de réduction d'émissions de GES imputables au transport maritime.

Au-delà des navires, les ports se sont également lancés dans une électrification de leurs opérations. En 2018, Nidec Industrial Solutions a annoncé la réalisation d'un système d'alimentation électrique avancé pour le port de Gênes avec le concours de l'Autorité du système portuaire de la Mer Ligure Occidentale. Ce projet va permettre aux navires amarrés de s'alimenter en énergie une fois à quai sans avoir à utiliser leurs moteurs. Cette solution permettra de réduire les émissions de GES et de limiter l'exposition des populations résidentes voisines à la pollution atmosphérique et aux nuisances sonores générées par les groupes électrogènes habituellement utilisés. Ce projet fait suite à de nombreux projets du même type qui ont eu lieu aux ports de Livourne, Los Angeles et San Francisco (Californie), Juneau (Alaska), Göteborg (Suède) ou encore Lübeck (Allemagne). En France, le Grand Port Maritime de Marseille (GPM) et La Méditerranéenne ont mis en place en 2017 un système de branchement électrique à quai pour les traversiers afin de leur permettre d'être alimenté en électricité 30 minutes après le débarquement des passagers et 2 heures avant l'appareillage. Le recours aux moteurs au fioul n'est donc plus nécessaire durant cette période à quai. En 2018, la compagnie Corsica Linea qui assure des liaisons régulières entre Marseille et la Corse a annoncé prévoir d'équiper trois de ses navires afin qu'ils puissent eux aussi s'alimenter au réseau électrique une fois à quai. La mise en place des équipements nécessaires à ce nouveau dispositif d'alimentation électrique devrait nécessiter un investissement de 3 à 5 millions d'euros par navire, enveloppe à laquelle l'ADEME et la Région PACA devraient contribuer.

Des projets de transports maritimes électriques qui fleurissent

PORTE-CONTENEUR • Port-Liner, compagnie maritime néerlandaise, devrait mettre à l'eau prochainement son premier porte-conteneurs électrique. Nommée « Tesla Ship », l'embarcation devrait fonctionner grâce à une propulsion électrique dotée de batteries autonomes d'une durée de 15 heures pour un premier modèle (52 m de long et 6,7 m de large pour une capacité de transport de 24 conteneurs), et d'une durée de 35 heures pour un second modèle (110 m de long et 11,40 m de large pour une capacité de 270 conteneurs). **Cargo** • Lancé à la fin de l'année 2017, un premier cargo électrique a été mis à l'eau par la Chine. D'une longueur de 70 mètres pour une largeur de 14 mètres et pesant 2 000 tonnes, le navire a été conçu par Hangzhou Modern Ship Design &

Research Co. Pouvant atteindre une vitesse de croisière de 12,8 km/h, le cargo est alimenté par une série de batteries générant 2 400 kWh et rechargeables en deux heures, lui permettant de parcourir 80 kilomètres. Amarré, le cargo a donc le temps de faire le plein d'électricité pendant le chargement ou déchargement de sa cargaison. L'entreprise souhaite que cette technologie soit bientôt utilisée dans les navires de passagers. **TRAVERSIERS** • En 2018, le chantier naval de Havyard (Norvège) a annoncé avoir reçu un contrat pour construire sept traversiers à propulsion électrique pour l'entreprise de transport norvégienne Fjord1. Cette nouvelle survient après l'annonce des opérateurs du premier traversier électrique en Norvège, l'Ampère, de résultats sur des économies générées atteignant 80 % d'énergie et 95 % de réduction d'émissions de GES après deux ans de service. Mis en opé-

ration en 2015 et fruit d'un partenariat entre Norled AS (compagnie et opérateur de traversier), Fjellstrand (chantier naval), Siemens AS et Corvus Energy, le navire est pourvu d'une batterie d'une capacité de 1 MWh. Ces économies d'échelle ont déclenché une série de commandes pour la construction de nouveaux traversiers électriques ou de conversion d'actuels fonctionnant au diesel. Cette annonce arrive également alors que la compagnie Fjord1 est en train de moderniser sa flotte suite à la demande des autorités norvégiennes de parvenir à une flotte à zéro-émissions. Parallèlement, la Stena Line (compagnie suédoise) a annoncé convertir leur navire Stena Jutlandica qui opère entre Frederikshavn (Danemark) et Gothenburg (Suède), long de 185 mètres, à une propulsion électrique, ce qui ferait de lui le plus gros bateau électrique du monde.

LE PROJET E-FERRY • Le projet E-ferry (E-ferry – prototype and full-scale demonstration of next generation 100 % electrically powered ferry for passengers and vehicles), financé par l'UE, lancera prochainement un traversier 100% électrique de taille moyenne destiné à

transporter passagers, voitures, camions et marchandises. Ciblant les moyen-courriers, il sera en mesure de parcourir des distances de plus de 20 NM entre chaque charge grâce à un grand bloc-batterie de 4 MWh. Il sera mis en service sur les lignes établies entre les villes danoises de Soeby et Fynshav (10,7 NM), et entre Soeby et Faaborg (9,6 NM). Le projet E-ferry en cours a été développé afin de mettre en application un concept de design à haut rendement énergétique récemment conçu. Il entendait également développer une étude de cas et un modèle commercial, et préparer le concept avant son lancement prochain sur le marché, après sa période de démonstration. L'objectif, au-delà de la durée du projet, est de mettre en service environ 10 E-ferries supplémentaires en Europe et dans le monde chaque année pour parvenir à un total de 10 ou plus d'ici 2020, 100 ou plus d'ici 2030, et éviter ainsi d'émettre 10 à 30 000 tonnes de CO₂ par an d'ici 2020 et 100 à 300 000 tonnes de CO₂ par an d'ici 2030.

ENCADRÉ 4

• **D'AUTRES SOLUTIONS EN VOGUE** • Au-delà des projets d'électrification, les solutions prennent également d'autres formes, telle que les incitatifs à une conduite mieux adaptée. Ainsi, le ralentissement des navires à l'entrée des ports (ou slow steaming) est une des solutions prônées à Long Beach ou au port de Los Angeles, lesquels offrent une réduction de 25 % des frais de stationnement en échange d'une vitesse réduite à l'approche de l'accostage. Le pilotage plus efficace et économe en carburant, la réduction de la vitesse en mer. D'autres mesures de gestion des navires sont envisagées pour réduire les émissions de GES durant la navigation, telle que la réduction de vitesse au cours des trajets, revoir les revêtements de la coque, développer des systèmes afin de récupérer la chaleur perdue, travailler sur l'optimisation de l'enveloppe et du ballast, revoir régulièrement le polissage de l'hélice, réviser le réglage du moteur principal à chaque nouveau voyage ou encore mettre à jour les mises à niveau du pilote automatique (ActuEnvironnement, 2018).

Le projet SeaWing

Démarré en juin 2016 pour une durée de 3,5 ans grâce à une aide de l'ADEME, l'objectif du projet SeaWing consiste à développer et commercialiser un système de traction auxiliaire de navire à l'aide d'une aile volante captive. Développée par la startup toulousaine AirSeas composée d'anciens salariés d'Airbus, le projet s'est entouré de spécialistes l'architecte naval LMG Marin, l'École nationale supérieure maritime et le leader mondial des logiciels d'aide à la navigation maritime, Maxsea. Techniquement, il s'agit d'aider la propulsion d'un navire en le tractant à l'aide d'une immense aile. Inspiré du Kite Surf, cette voile de 1 000 m² arrimée au bout d'un câble de 400 mètres



permettrait de réduire de 20 % la consommation d'un navire. L'atout réside également dans l'automatisation du procédé : l'aile, pliée sur le pont d'un navire, pourrait être hissée sur un mât escamotable et déployée au bout de son câble par simple commande automatique, laquelle inclut le procédé inverse de repliage. Outre cette aile, AirSeas travaille sur un projet de logiciel d'aide à la décision afin de guider le capitaine à trouver la route optimale du navire en fonction du vent et des conditions océaniques, de le prévenir de l'opportunité d'utiliser l'aile et de l'aider à trouver le positionnement le plus efficace (La Croix, 2017).

ENCADRÉ 5

CONCLUSION

Avec la nouvelle résolution de l'OMI sur la stratégie de réduction des GES, les acteurs du transport maritime marchand international ont au moins marqué leur volonté de répondre au défi des émissions de GES du transport maritime. Du fait d'innovations notamment électriques, les armateurs, les compagnies maritimes et les chantiers navals disposeront, dans les prochaines années, d'une gamme d'options technologiques importante pour modifier les moyens de propulsion de leurs navires. L'OMI reste un coordonnateur important à l'échelle mondiale dans le nécessaire déploiement de partenariats entre acteurs étatiques et non-étatiques pour arriver à atteindre les ambitieux objectifs d'un transport maritime international en phase avec l'accord de Paris. L'augmentation de la taille des navires et leur vitesse de croisière restent également des défis que la nouvelle stratégie de réduction des GES de l'OMI devra prendre en compte afin de réussir la transition énergétique du secteur maritime international, un secteur jamais dégagé des grands enjeux du commerce international ; Son caractère stratégique pour les grands pays exportateurs, en premier lieu la Chine, rendra ainsi toujours complexe la définition d'un cadre de régulation contraignant.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

RAPPORTS ET BASES DE DONNÉES :

- OCDE (2017), ITF Transport Outlook.
- OCDE (2018), Decarbonising maritime transport : the case of sweden.
- EU Commission (2017), EU Transport in figures. Statistical Pocketbook.
- International Council on Clean Transportation (2018), The International Maritime Organisation Initial Greenhouse Gas Strategy - Policy Update.
- Sustainable Mobility for All (2017), Global Mobility Report.
- International Council on Clean Transportation (2017), Greenhouse Gas Emissions from Global Shipping 2013-2015.
- La Médiathèque de l'ADEME compile des fiches de projets innovants français, dont certains directement destinés à améliorer l'empreinte écologique du transport maritime. Voir par exemple :
- SEAWING, système d'aile volante pour la traction des navires (lancé en mars 2016), Voir site web. Similaire au projet de Beyond the Sea.
- HONFLEUR, projet d'acquisition d'un nouveau traversier propulsé au GNL pour la Brittany Ferries (lancé en mars 2017).
- Le moteur de recherche du Programme Initiative d'Avenir de l'ADEME permet également de les retrouver en filtrant les résultats.

RAPPORTS SOCLES :

- ITF (2017), Transport Outlook.
- Sustainable Mobility for All (2017), Global Mobility Report 2017 : Tracking Sector Performance, Washington DC, p. 107.
- Transport Policy, Emissions Standards profil.
- IPCC (2014), 5ème Assessment Report - Working Group III Report « Climate Change 2014 : Mitigation of Climate Change », Chapter on Transport.
- Partnership on Sustainable Low Carbon Transport (SloCat) (2018), E-mobility Trends and Targets - work-in-progress.
- Cruise Market Watch (2017), Growth of the Ocean Cruise Line Industry.

RAPPORTS SPÉCIFIQUES

SECTEUR TRANSPORT :

- PPMC (novembre 2017), Macro-feuille de route mondiale pour un transport décarboné et résilient : une dynamique de transformation.
- Edina Löhr, Daniel Bongardt and al (2017), Transport in Nationally Determined Contributions (NDCs), Lessons learnt from case studies of rapidly motorising countries, Ricardo Energy & Environment, Bonn.
- Vieweg, Marion; Bongardt, Daniel; Dalkmann, Holger; Hochfeld, Christian; Jung, Alexander; Scherer, Elena (2017) : Towards Decarbonising Transport – Taking Stock of G20 Sectoral Ambition. Report on behalf of

Agora Verkehrswende and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

RAPPORTS SOUS-SECTEUR MARITIME :

- ICCT (2017), Greenhouse gas emissions from global shipping 2013–2015.
- International Maritime Organization (2015), Third IMO GHG Study 2014.
- ICCT (2017), Black carbon emissions and fuel use in global shipping 2015.
- ICCT (2018), The IMO's initial GHG Strategy.
- CE Delf (2017), Update of Maritime Greenhouse Gas Emission Projections.

LITTÉRATURE GRISE ET SCIENTIFIQUE :

- Llyod's Register & University Maritime Advisory Services (2017), Zero-Emissions Vessels 2030. How do we get there ?
- Lister J. & al. (2015) Orchestrating transnational environmental governance in maritime shipping. *Global Environmental Change* 34, 185-195
- Poulsen R. T. & al. (2018) Environmental upgrading in global value chains : The potential and limitations of ports in the greening of maritime transport. *Geoforum* 89, 83-95
- Poulsen R. T. & al. (2016) Buyer-driven greening? Cargo-owners and environmental upgrading in maritime shipping. *Geoforum* 68, 57-68
- Yubing Shi & Warwick Gullett (2018) International Regulation on Low Carbon Shipping for Climate Change Mitigation : Development, Challenges, and Prospects. *Ocean Development & International Law*, 49 :2, 134-156
- Wan Z. & al. (2018) Decarbonizing the international shipping industry : Solutions and policy recommendations. *Marine Pollution Bulletin* 126, 428-435

PRESSE :

- Info Arte (2016). Infographies produites en collaboration avec l'ISEMAR pour l'exposition Seamen's Club de Marc Picavez, LIFE 2013. Conception graphique : Vincent Hélye et Eric Collet © Ville de Saint-Nazaire. Adaptation : Blanche Viart.
- Englert, D. (février 2018). Low-carbon shipping : Will 2018 be the turning point? [Blog] Transport for Development.
- Connaissance des énergies, (avril 2018), Le transport maritime, en route vers la décarbonisation ?
- Gilbert, P. (avril 2018) Five ways the shipping industry can reduce its carbon emissions.
- Smith, T. (août 2015), Researchers are looking to a surprisingly old idea for the next generation of ships : wind power.
- Vidal, J. (octobre 2016), Shipping "progressives" call for industry carbon emissions cut. *The Guardian*.

