

**Haute Ecole
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC**



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

**Vers une mobilité plus respectueuse de l'environnement en
Europe : L'aviation et le rail en action**

Mémoire présenté par :
Pierre Nowé, 180124

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en sciences commerciales

Année académique 2023-2024

Promoteur : **Benoît Piraux**

Brand Whitlock 6 - 1150 Bruxelles

Remerciements,

Je souhaite remercier toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce mémoire. Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Benoît Piraux, mon promoteur, pour le temps qu'il m'a accordé ainsi que pour ses conseils.

Je tiens également à remercier Louis Lammertyn, Félix Muylermans, et Elmer van Buuren pour leur temps précieux. J'ai eu la chance de les interviewer, et en mettant à ma disposition leur expertise, j'ai trouvé, à mes questions, des réponses aussi instructives que passionnantes.

Je souhaite aussi remercier l'ensemble des professeurs que j'ai eu la chance de côtoyer au cours de toutes mes années passées à l'ICHEC.

« Je soussigné, NOWE, Pierre, étudiant en Master en sciences commerciales, déclare par la présente que le travail ci-joint respecte les règles de référencement des sources reprises dans le règlement des études en signé lors de mon inscription à l'ICHEC (respect de la norme APA concernant le référencement dans le texte, la bibliographie, etc.) ; que ce travail est l'aboutissement d'une démarche entièrement personnelle; qu'il ne contient pas de contenus produits par une intelligence artificielle sans y faire explicitement référence. Par ma signature, je certifie sur l'honneur avoir pris connaissance des documents précités et que le travail présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement.»

Je soussigné(e), NOWE Pierre, 180124 déclare sur l'honneur les éléments suivants concernant l'utilisation des intelligences artificielles (IA) dans mon travail / mémoire :

Type d'assistance	Case à cocher
Aucune assistance	<input type="checkbox"/>
Assistance avant la rédaction	<input type="checkbox"/>
Assistance à l'élaboration d'un texte	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
Assistance pour la révision du texte	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Assistance à la traduction	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
Assistance à la réalisation de visuels	<input type="checkbox"/>
Autres usages	<input type="checkbox"/>

Je m'engage à respecter ces déclarations et à fournir toute information supplémentaire requise concernant l'utilisation des IA dans mon travail / mémoire, à savoir :

J'ai mis en annexe les questions posées à l'IA et je suis en mesure de restituer les questions posées et les réponses obtenues de l'IA. Je peux également expliquer quel le type d'assistance que j'ai utilisé et dans quel but.

Fait à Bruxelles, le mardi 21 mai 2024.

Pierre NOWE, 180124.

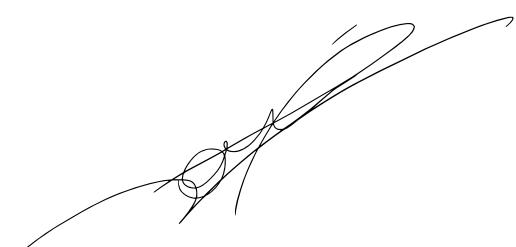


Table des matières

I. Introduction générale.....	1
Méthodologie	4
II. Chapitre 1 : Usages de modes de transports en Europe.....	6
Transport ferroviaire et aérien des passagers en Europe	6
Photographie du niveau d'utilisation actuel des modes de transports	13
Impact environnemental du rail et du transport aérien.....	17
Conclusion intermédiaire chapitre 1 :	22
Chapitre 2 : Analyse des facteurs déterminants du niveau actuel d'utilisation	23
Élasticité-prix et élasticité-revenu	23
Analyse de la politique des prix	25
Résistance au changement	36
Demande (approche statistique)	37
Conclusion intermédiaire chapitre 2 :	42
Chapitre 3 : La transition vers un système décarboné	44
L'Accord de Paris.....	44
COP28.....	46
Le Net Zéro et le pacte vert pour l'Europe :	47
SAF :.....	48
Limites du SAF :	50
Système d'échanges de quotas d'émissions :.....	53
Taxes	54
Compensation par les compagnies aériennes	55
Mesure CORSIA	55
Confrontation au terrain.....	58
Conclusion intermédiaire chapitre 3 :	61
Chapitre 4 : Le développement du train au niveau européen	63
Politique européenne des transports	63
Objectifs de développement durable	64
Le RTE-T.....	65
Financements	69
Le futur de la mobilité européenne par le rail.....	69
Mieux gérer et coordonner le trafic ferroviaire européen.....	72
L'avenir du train	72
Interrail.....	73
Le retour des trains de nuit.....	74
Confrontation au terrain :.....	76
Exemple concret de remplacement.....	79
Conclusion intermédiaire chapitre 4 :	80
Chapitre 5 : Recommandations opérationnelles	82
Baisser l'usage de l'avion	82
Encourager l'usage du train	86
Appréciation personnelle.....	90
Recherche et développement pour une aviation plus durable.....	92
Amélioration de la communication	93
Conclusion intermédiaire chapitre 5 :	95
III. Conclusion générale	97
Ecologie contraignante	97
Quota voyage	98
Compensation environnementale	99
Utilisation de véhicules électriques pour la logistique aéroportuaire	101
AFIR :	101

Un choix politique	102
Sensibilisation du public et coexistence des transports aérien et ferroviaire.....	102
Bibliographie.....	105
Table des annexes.....	115
(1) Interview Louis Lammertyn.....	115
(2) Interview de Felix Muylldermans.....	118
(3) Interview Elmer van Buuren.....	121

I. Introduction générale

L'essor du transport aérien depuis les années 1970, marqué par une expansion accessible à un plus large public grâce à l'émergence des compagnies charter et des compagnies low-cost, a profondément transformé le paysage du voyage, notamment en Europe. Cette démocratisation quantitative a permis à un nombre croissant de personnes de voyager en avion, offrant ainsi une accessibilité accrue aux destinations internationales. Cependant, cette expansion rapide a également introduit de nouveaux défis et enjeux, en particulier en matière d'impact environnemental. Avec une augmentation significative du nombre de voyageurs et de vols, les émissions de gaz à effet de serre, telles que le dioxyde de carbone, ont augmenté, contribuant ainsi au réchauffement climatique. Par conséquent, la démocratisation du transport aérien soulève des questions cruciales concernant la durabilité et la nécessité de trouver des solutions pour atténuer son impact sur l'environnement, tout en maintenant l'accessibilité et la mobilité pour les voyageurs.

La récente COP28 de décembre 2023 a mis en lumière l'urgence et la gravité des enjeux climatiques auxquels nous sommes confrontés. L'Accord de Paris, en tant que cadre international contraignant, a établi des objectifs ambitieux visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre pour limiter le réchauffement climatique. Dans ce contexte, la Commission européenne a adopté des mesures afin de répondre à ces défis.

Cette décision, en plus d'aligner les politiques nationales sur les objectifs de l'Accord de Paris, s'inscrit dans un mouvement plus vaste de décarbonation du réseau aérien en Europe, apparu dans les années 2000 avec le développement des premiers SAFs. Alors que le secteur de l'aviation demeure un contributeur significatif aux émissions de gaz à effet de serre, les initiatives visant à promouvoir des alternatives écologiques et à repenser les voyages en Europe soulèvent des questions cruciales quant à la viabilité environnementale du transport aérien dans le contexte post-COP28.

Ce mémoire vise à explorer les différences d'usage du train et de l'avion et les conséquences environnementales de ces utilisations. La question de recherche de ce travail est de comprendre quels sont aujourd'hui les défis inhérents à la transition vers une mobilité plus

respectueuse du climat et d'établir la direction à prendre pour décarboner les voyages en Europe, tout en restant dans un raisonnement qui prend en compte les contraintes économiques. Nous chercherons quels sont les moyens d'actions à disposition pour encourager les consommateurs à faire un choix de mode de déplacement le plus durable possible.

Afin de traiter cette question au mieux, ce mémoire sera divisé en cinq chapitres.

Le premier chapitre constituera un retour sur l'histoire des modes de transports (avion et train), ainsi qu'une photographie de l'utilisation actuelle des transports pour voyager en Europe, en se concentrant sur les préférences et les tendances récentes des voyageurs. Cela servira de base pour évaluer l'impact potentiel des mesures visant à décourager les trajets en avion au profit du train dans le contexte de la décarbonation du réseau aérien en Europe. Dans ce chapitre, nous établirons également la fourchette de distance sur laquelle la question de recherche se concentrera.

Dans le second chapitre, nous chercherons les causes qui créent les proportions actuelles d'utilisations des différents modes de transports. En examinant les stratégies de tarification des compagnies, nous chercherons à analyser les éléments qui influent sur les prix des billets de train et d'avion, et par conséquent comprendre les dynamiques économiques sous-jacentes qui influent les choix des voyageurs. Cette analyse des aspects financiers des déplacements posera les bases pour évaluer l'impact des politiques tarifaires dans le contexte de la transition vers une mobilité plus durable en Europe, et de voir comment elles peuvent impacter un changement de la demande des moyens de transports.

Le troisième chapitre se penchera sur les moyens disponibles pour réduire l'impact environnemental du secteur de l'aviation. Nous explorerons quelles sont les mesures prises au niveau de l'Union européenne, les initiatives et les avancées technologiques visant à atténuer l'empreinte carbone de l'aviation. Cette analyse permettra de cerner les opportunités et les défis liés à l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement

dans le domaine de l'aviation, amenant à une évaluation critique des mesures potentielles de décarbonation du réseau aérien en Europe.

Dans le quatrième chapitre, nous examinerons le développement de l'utilisation du train comme principal moyen de transport pour les voyages en Europe. En analysant les tendances récentes, les infrastructures actuelles, et les programmes européens, nous explorerons comment le train émerge en tant qu'alternative viable aux voyages aériens. Cette investigation permettra de comprendre les facteurs clés qui contribuent à la croissance du transport ferroviaire pour les déplacements à travers l'Europe, offrant ainsi un éclairage essentiel pour évaluer son rôle dans la transition vers une mobilité plus durable.

Dans le dernier chapitre, nous élaborerons des recommandations opérationnelles étayées par les différents aspects abordés dans ce travail. Nous examinerons les objectifs à établir et les stratégies concrètes pour faciliter la transition de l'utilisation actuelle de l'avion vers des modes de transport plus respectueux de l'environnement, notamment le train. En intégrant les données sur les préférences des voyageurs, les aspects financiers, les alternatives durables et le développement du transport ferroviaire, nous formulerons des recommandations visant à orienter les politiques, les pratiques industrielles et les choix des consommateurs vers une mobilité plus durable de voyage à travers l'Europe. Ces recommandations constitueront une proposition de feuille de route essentielle pour favoriser une transition efficace vers des modes de déplacement plus respectueux de l'environnement tout en tenant compte des conditions pratiques et économiques.

Enfin, la conclusion générale dévoilera la vision à adopter pour l'avenir des voyages au sein de l'Europe. Nous mettrons en lumière les opportunités et les défis inhérents à la transition vers des modes de transport respectueux de l'environnement, tout en étant pertinents en termes de temps, et de coût pour les usagers. Cette vision future sera élaborée en tenant compte des recommandations formulées dans le dernier chapitre.

Méthodologie

Ce mémoire vise à chercher quels sont les défis inhérents à la transition vers une mobilité à travers l'Europe plus respectueuse de l'environnement, et ensuite d'établir quelles sont les mesures à prendre pour décarboner ces voyages.

J'ai tout d'abord commencé par effectuer une revue de la littérature pour rassembler les connaissances existantes sur l'utilisation des différents modes de transports pour voyager en Europe et établir l'impact environnemental de ces différents modes. Cette étape a permis de comprendre l'ampleur du problème environnemental lié au transport et de déterminer les stratégies déjà adoptées pour les résoudre/ atténuer.

J'ai ensuite cherché les informations nécessaires à la compréhension de la tarification des billets d'avions et de trains. D'une part dans la littérature scientifique, mais aussi directement avec le concours des acteurs concernés, notamment au co-fondateur de 'European Sleepers', une compagnie de trains de nuits en Europe, qui a accepté de me rencontrer lors d'un entretien pour répondre à mes questions sur le sujet.

J'ai aussi pu m'adresser à des experts du secteur aérien, pour poser des questions à propos de l'avenir de celui-ci et de la place des carburants décarbonés dans l'évolution future du secteur.

J'ai également analysé l'enquête menée par la Commission européenne sur l'évolution potentielle de la demande concernant les moyens de transport et leur impact environnemental, publiée sur le site d'Eurostat.

J'ai par la suite passé en revue les actions majeures mises en place par les différentes acteurs (compagnies, gouvernements, institutions de l'Union européenne, etc.) dans le but de réduire l'empreinte carbone de l'avion sur les vols court-courriers. J'ai également examiné les impacts des différentes stratégies adoptées pour juger si celles-ci avaient un impact considérable sur l'environnement, ou non.

Enfin, sur base des résultats de cette analyse, j'ai essayé de formuler certaines recommandations qui pourraient aider la transition vers un mode de déplacement plus

respectueux de l'environnement. Car c'est l'objectif de ce mémoire, d'apporter des pistes de réponses à la question de recherche qui est de d'établir les mesures à prendre pour décarboner les voyages en Europe.

Les recommandations faites s'adressent aux différentes parties prenantes, à savoir la Commission européenne, les compagnies ferroviaires et aériennes, et les utilisateurs. J'ai identifié des pistes d'action potentielles pour transiter le transport européen vers plus de durabilité et encourager, pour cela, l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement.

Malgré un travail approfondi, cette méthodologie a plusieurs limites. La fiabilité des prévisions concernant l'évolution de la demande de transport et de l'impact environnemental peut être contestée en raison des incertitudes économiques, socio-politiques et technologiques qui sont en constante évolution et peuvent influencer ces évolutions. Les recommandations proposées, bien qu'étayées par une analyse rigoureuse, demeurent théoriques et nécessiteront des validations empiriques pour en évaluer l'efficacité et faisabilité réelle.

Aussi, les entretiens avec des acteurs spécifiques, comme le co-fondateur de 'European Sleepers' et les experts du secteur aérien, bien qu'informatifs, ne couvrent pas toutes les perspectives et innovations possibles dans le domaine du transport décarboné.

Le domaine du transport durable évolue rapidement, avec des innovations technologiques, des politiques environnementales et des comportements des consommateurs en constante mutation. Cette évolution rapide rend difficile la capture d'une image complète et actuelle de la situation, ce qui peut rendre les conclusions de ce travail obsolètes. Par conséquent, il est essentiel de mettre à jour régulièrement les données de l'analyse pour refléter les changements en cours.

II. Chapitre 1 : Usages de modes de transports en Europe

Dans ce premier chapitre, nous allons nous intéresser aux éléments théoriques de la thématique et les définir. Nous allons établir la fourchette de distance sur laquelle la question de recherche se concentre. Nous regarderons l'histoire du développement du train et de son utilisation en Europe, et ferons ensuite la même chose pour l'avion. Nous nous en servirons pour établir une photographie de l'usage actuel des modes de transport pour voyager en Europe. Nous déterminerons aussi l'implication de cet usage par rapport à la mobilité internationale, et nous établirons son impact sur l'environnement.

Dans le contexte de ce travail, la notion des distances et de leur classification est importante. Nous nous focaliserons sur les déplacements intra-européens, où les vols sont catégorisés de « court-courrier » (<1000 km), selon la classification de l'ADEME. En revanche, pour les modes de transports terrestres, comme le train et la voiture, le terme « longue distance » est utilisé pour les trajets plus étendus, par opposition au trajets plus courts qui constituent les trajets quotidiens.

Transport ferroviaire et aérien des passagers en Europe

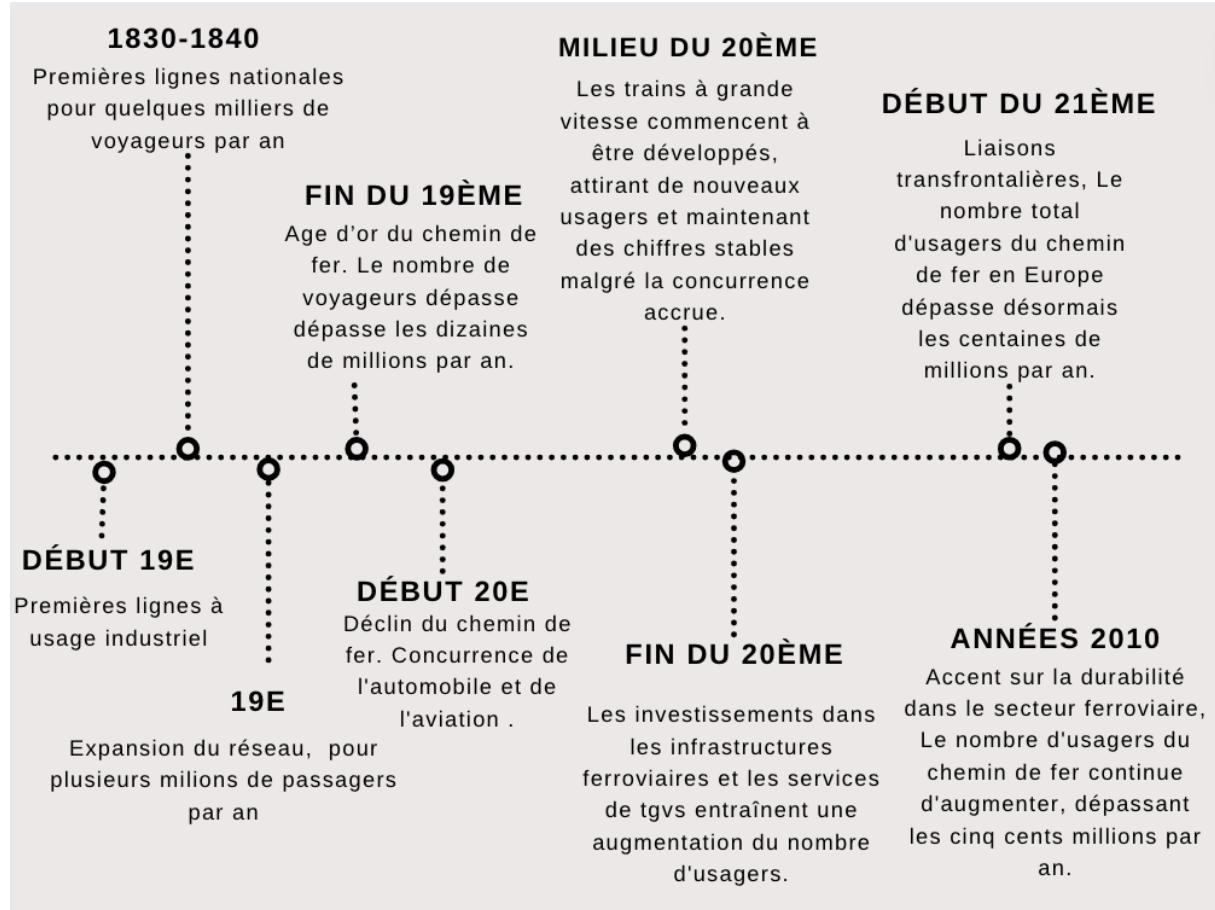
Au début du XIXe siècle, l'émergence et le développement du chemin de fer au début du siècle change les paradigmes du temps, de l'espace et de la mobilité en comparaison aux moyens de transport traditionnels tels que les diligences et les coches d'eau de l'époque. Les réseaux ferroviaires ont rapidement pris de l'ampleur, reliant les grandes villes et régions à travers le continent. (Lecler, 2008)

Cette expansion du réseau ferroviaire européen a été favorisée par les gouvernements et les investisseurs privés qui ont réalisé les avantages économiques et sociaux du chemin de fer, favorisant ainsi d'importants investissements dans la construction de voies ferrées et l'acquisition de matériel roulant. Ensuite, la révolution industrielle a stimulé la demande de transports rapides et efficaces pour les marchandises et les voyageurs, ce qui a encouragé le développement de ces chemins de fer. (Jean-Christophe Gay, Jean-Michel Decroly, 2018).

Les progrès dans la conception des locomotives et des wagons, ainsi que dans la construction des voies ferrées, ont permis d'accroître la vitesse, la capacité et la fiabilité des services

ferroviaires et ont joué un rôle crucial dans l'essor du train en Europe.. Les lignes à grande vitesse, telles que le TGV en France et l'Eurostar reliant le Royaume-Uni au continent, illustrent bien cette évolution technologique. Le développement du train en Europe a été une progression historique marquante, façonnant les schémas de voyage et contribuant à la transformation de la société.

Evolution de l'utilisation et du développement du train en Europe :



En outre, le chemin de fer a été l'un des moteurs du capitalisme industriel en Europe. Le train est devenu un symbole de progrès et de modernité, contribuant à renforcer le sentiment d'unité et de connectivité à travers le continent. Les voyages en train sont devenus le moyen le plus pratique et rapide de se déplacer, jusqu'à l'apparition de l'avion et du développement des routes.

Le réseau ferroviaire européen a connu ses années les plus difficiles en termes de concurrence dès la fin des années 50. Entre 1961 et 1966, le nombre de voitures particulières en circulation

en Europe est passé de 26 à 49 millions, marquant l'apogée des constructeurs automobiles et avec eux des garagistes. Pendant cette même période, le trafic passagers des chemins de fer européens a diminué de 6 %. La route est apparue comme un moyen de transport fiable, rapide, épargné par les grèves et les retards administratifs ou techniques.

La discordance entre les finances disponibles et la marge de manœuvre a conduit à la fermeture d'un nombre significatif de kilomètres de lignes ferroviaires dans tous les pays, afin de ne conserver que les infrastructures jugées "essentielles". Toutefois, il est difficile de donner une définition précise de cette notion, car elle varie considérablement d'un pays à l'autre. À partir des années 1950, le déficit structurel du résultat d'exploitation auquel sont confrontés les chemins de fer a nécessité la mise en place de mesures d'économie. Cela s'est traduit notamment par la suppression d'un grand nombre de lignes entre 1950 et 1970. Et justement, pour remplacer le train sur les plus longues distances, l'avion a fait son apparition.

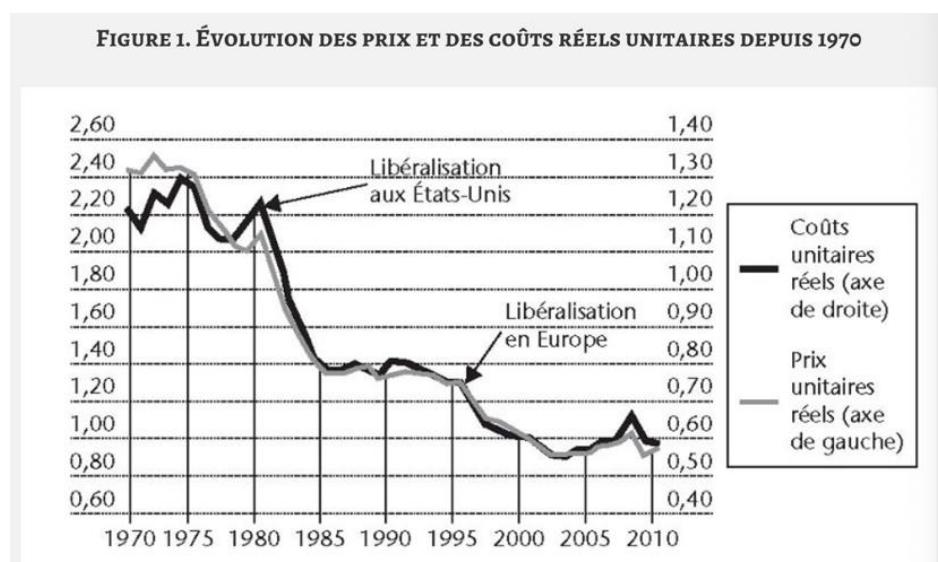
Le vol inaugural des frères Wright en 1903 marque un tournant dans l'histoire de l'aviation et suscite un enthousiasme sans précédent aux États-Unis et en Europe. Les avancées technologiques incessantes dans les domaines des distances, des vitesses, des durées et des altitudes des avions témoignent de cette quête incessante d'exploration et d'innovation. Les premiers avions métalliques font leur apparition à l'approche de la Première Guerre mondiale, marquant ainsi le début de leur utilisation militaire. Les progrès continus dans les performances des avions permettent même la première traversée de l'océan Atlantique en avion en 1927. Ces avancées, combinées à l'émergence des vols internationaux, suscitent une réflexion sur la création de compagnies aériennes. Les premières compagnies aériennes voient le jour après la Première Guerre mondiale, mais leur essor véritable se produit dans l'entre-deux-guerres. Cependant, à cette époque, le nombre de passagers reste limité car les voyages en avion demeurent un luxe. (Chiambaretto & Combe, 2023b)

En 1944, la signature de la convention de Chicago, également connue sous le nom de convention relative à l'aviation civile internationale, marque un jalon majeur dans l'histoire de l'aviation. Cette convention établit les bases des règles régissant le transport aérien international et conduit à la création de l'Organisation de l'aviation civile internationale, une

agence spécialisée de l'ONU chargée de superviser l'aviation civile mondiale. Ces développements entraînent une croissance annuelle du trafic aérien d'environ 10 % jusqu'à la fin des années 1970. Malgré la forte fragmentation du marché, où chaque compagnie nationale bénéficie d'un monopole légal sur son marché domestique, les compagnies sont contraintes de vendre leurs sièges à des prix fixés lors de négociations internationales supervisées par l'Association du transport aérien international (IATA).

A partir de 1978 aux USA, et dans les années 90 en Europe, l'ouverture à la concurrence du transport aérien, permet aux différentes compagnies de fixer leurs prix. Lequel d'ailleurs, est en conséquence de cela, divisé par 2 entre 1978 et les années 2000.

évolution du prix du transport aérien de 1970 à 2010 : (chute des prix causés par la libéralisation du secteur)



Chiambaretto, P. & Combe, E. (2023). I / L'évolution du transport aérien et ses différents impacts. Dans : Paul Chiambaretto éd., *Le transport aérien* (pp. 5-28). Paris: La Découverte.

Entre 2000 et 2020, le nombre de passagers aériens a doublé tous les 15 ans, avec une augmentation de 5 % par an. (En 2019, plus de 4,5 milliards de passagers ont voyagé en avion dans le monde). À partir de ce moment, le transport aérien est devenu une commodité,

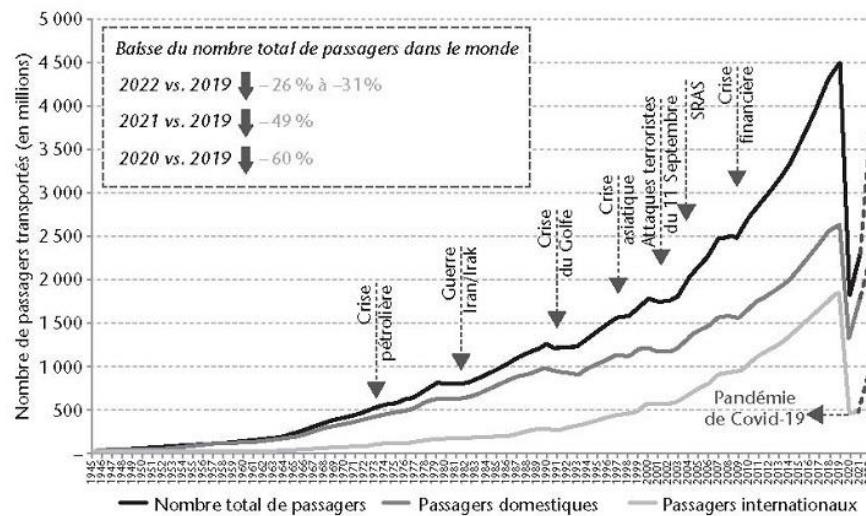
caractérisée par un produit standardisé dont la qualité est prévisible, et où le principal critère de choix est devenu le prix. (Demoli, Subtil, 2019).

(Selon l'étude de Chiambaretto, 91% des Français de plus de 25 ans ont déjà pris l'avion, et 60% le prennent chaque année en 2019.)

D'ailleurs, en Europe, sur les liaisons aériennes à courte et moyenne distance (volant jusqu'à 4 heures maximum), les compagnies aériennes traditionnelles sont confrontées à la concurrence croissante des compagnies low-cost. Depuis une vingtaine d'années (création de Ryanair en 1984 et EasyJet en 1995), la part de marché de ces compagnies a augmenté, atteignant 40% du marché européen selon Europol. Selon la Commission européenne (2022), le nombre de vols opérés par des transporteurs à bas coûts dans l'Espace économique européen a augmenté de 88 % entre 2006 et 2017.

Cependant, en 2020, la pandémie de Covid-19 a entraîné un frein brutal et sans précédent au développement du trafic aérien. Pendant les mois de confinement, l'activité aérienne a chuté de manière spectaculaire, avec une contraction de 95 %. Sur l'ensemble de l'année 2020, le nombre de passagers a diminué de 60 %, soit un total de 1,8 milliards de passagers.

Evolution du nombre de passagers transportés en avion dans le monde, de 1945 à 2022 :



Chiambaretto, P. & Combe, E. (2023). L'évolution du transport aérien et ses différents impacts. Paris: La Découverte. <https://www.cairn.info/le-transport-aerien--9782348077098-page-5.htm?contenu=resume>

Evolution annuelle du nombre de passagers aériens dans l'UE de 2010 à 2020.



Parlement européen. (2019). Émissions de CO2 des avions et des navires : faits et chiffres (infographie)

<https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20191129STO67756/emissions-de-co2-des-avions-et-des-navires-faits-et-chiffres-infographie>

Sur le graphique ci-dessus, les différentes crises ayant affecté le nombre de passagers aériens sont clairement identifiables. Bien que la crise de 2020 se distingue par son intensité et son étendue géographique sans précédent, les prévisions des institutions internationales telles que l'OACI et l'IATA, ainsi que des constructeurs comme Boeing et Airbus, suggèrent que cette crise ne devrait pas entraver à long terme la croissance du trafic aérien.

En effet, selon les prévisions, le trafic aérien devrait surpasser dès 2024 son niveau d'avant la crise de la Covid-19.

Cet argument est étayé par les résultats de l'année 2023 de la compagnie aérienne Lufthansa. Selon les données financières rapportées, le groupe Lufthansa a enregistré le troisième meilleur résultat financier de son histoire au cours de cet exercice. (Statista, 2023) Les chiffres de l'entreprise révèlent que les seules années où la compagnie a dépassé les performances de l'année 2023, qui a vu 35,4 millions de passagers, sont les années 2018, avec 35,5 millions de passagers, et 2019, avec 36,4 millions de passagers. Les compagnies low-cost, qui se sont relevées encore plus vite de cette crise grâce à leur structure de coûts (Rivière, Bonneveux, Coutelle-Brillet, Deville. 2017), et en 2022, la compagnie Ryanair avait déjà dépassé son niveau de trafic de 2019.

Photographie du niveau d'utilisation actuel des modes de transports

Jusqu'au XIXe siècle, les déplacements étaient longs, laborieux et réservés à une élite privilégiée. Les voyages en diligence ou en coches d'eau demeuraient longs et inabordables pour les personnes aux moyens modestes.

L'avènement du chemin de fer au XIXe siècle a révolutionné les conditions de déplacement et a facilité l'essor du tourisme. Les durées de trajet ont été considérablement réduites.

L'arrivée de l'aviation civile a eu le même effet mais à une échelle encore plus importante comme nous l'avons vu au point précédent. (Chiambaretto & Combe, 2023).

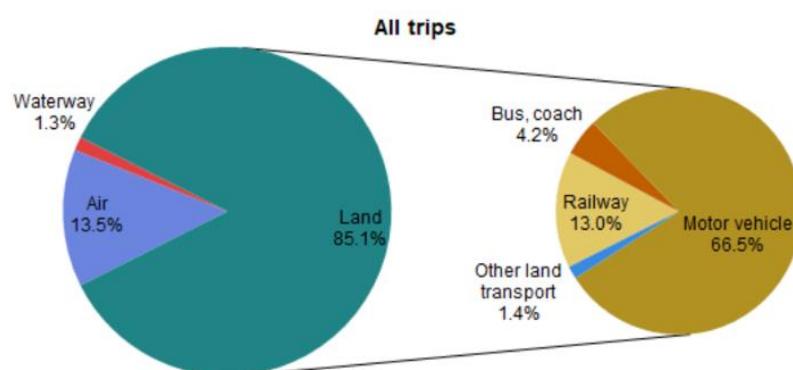
Le résultat de l'évolution des différents modes de transport est le suivant :

Sur le site 'Eurostat Statistics Explained' (2023), où sont compilées les données des voyages des résidents de l'Union européenne, on peut analyser les chiffres de l'année 2022.

En tenant compte de la proportion entre les voyages à l'intérieur de l'UE et ceux en dehors, on comprend que sur le total de plus d'un milliard de voyages, 94,2 % de tous les voyages de loisir effectués par les résidents de l'UE en 2022 étaient à l'intérieur de l'Union européenne. C'est un élément important à garder à l'esprit, car il permet de réaliser la quantité de voyages que peuvent impacter des mesures sur le transport, quand appliqués au niveau européen.

Voyages effectués par les résidents de l'UE en 2022, proportions par moyen de transport :

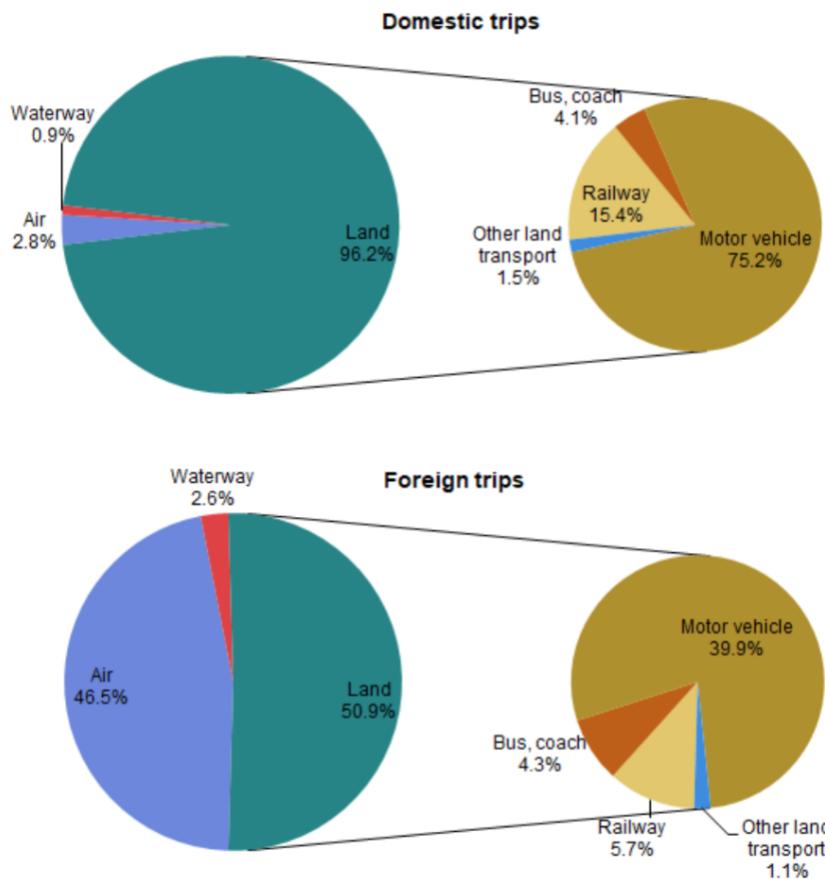
Trips made by EU residents by main means of transport, 2022



Eurostat. (2023). Tourism statistics - characteristics of tourism trips :

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Tourism_statistics - characteristics_of_tourism_trips

Différence de moyen de transport utilisés en fonction des voyages domestiques ou internationaux :



Eurostat. (2023). Tourism statistics - characteristics of tourism trips :

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Tourism_statistics - characteristics_of_tourism_trips

En 2022, les véhicules automobiles étaient le principal moyen de transport (pour 66,5 % de tous les voyages), suivis par le transport aérien et le transport ferroviaire (respectivement 13,5 % et 13,0 %).

Trips made by EU residents by main means of transport, 2022

Country of residence of the tourist	Total (Thousand)	Share by type of transport (% of total transport)			Share by type of land transport (% of total transport)			
		Air	Waterway	Land	Railway	Bus, coach	Motor vehicle (private or rented)	Other (e.g. bicycle)
EU	1 075 716	13.5	1.3	85.1	13.0	4.2	66.5	1.4

Eurostat. (2023). Tourism statistics - characteristics of tourism trips :

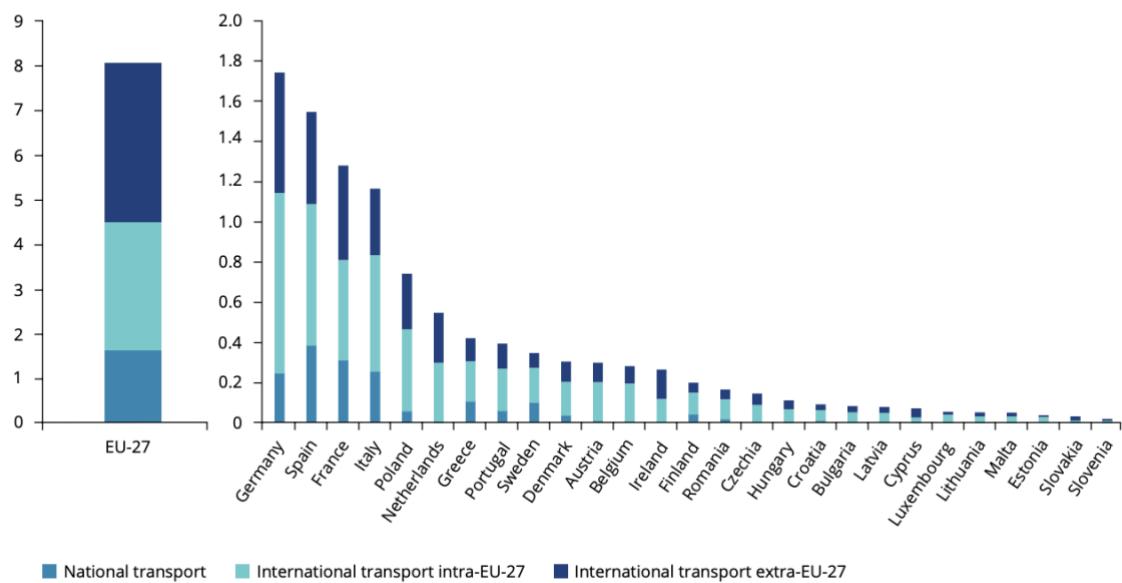
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Tourism_statistics_-_characteristics_of_tourism_trips

On voit ici que la grande majorité des voyages terrestres sont effectués en véhicules motorisés. Ce qui veut dire que les gens voyagent plus en voiture qu'en train.

Et pour se concentrer sur les chiffres du transport aérien, on peut observer sur le graphique si dessous, que plus de la moitié des vols en 2019 se sont déplacés à l'intérieur de la zone de l'UE.

Figure 2.4 Number of flights by type of transport, EU-27, 2019

Millions



Source: EEA, based on Eurostat (avia_paoc, commercial air flights).

European Environment Agency. (2021). Transport and environment report 2020, Train or plane? <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2020>

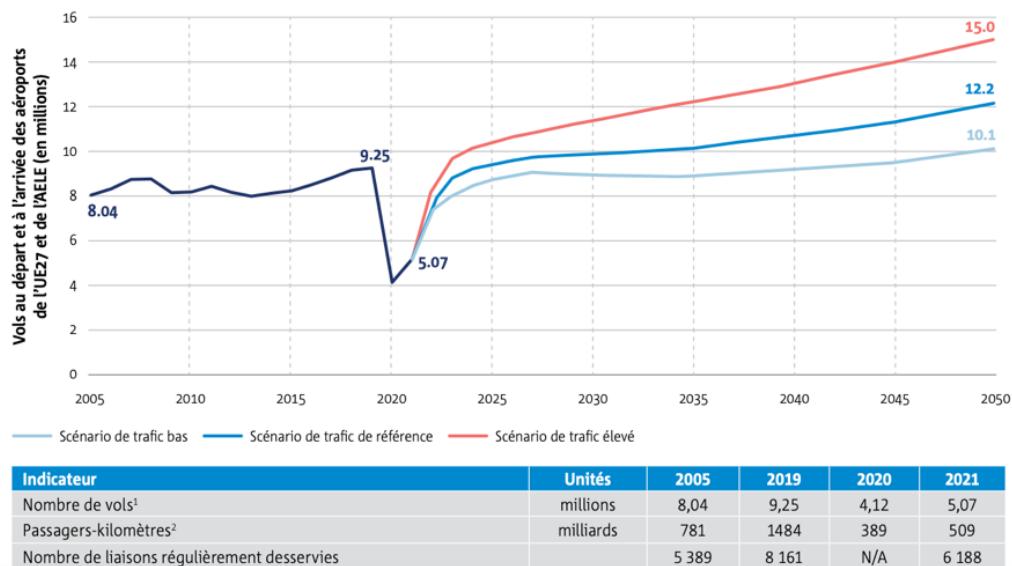
Sur le graphique d'Eurostat (2023), on voit qu'au niveau européen, 45% des vols sont internationaux extra-européens. On constate aussi que 35% sont des vols internationaux intra-européens et que 20% sont des vols intérieurs nationaux.

Ce qui veut dire que 20% des vols peuvent être impactés sur base de décisions politiques nationales, et que plus de la moitié des vols peuvent se voir modifiés avec des changements de législations à un niveau européen.

L'exception de l'année 2020, où aussi bien le nombre de passagers que les émissions du secteur aérien ont fortement diminué en raison des restrictions liées à la pandémie de Covid-19, n'aura été que temporaire. En effet les chiffres du rapport de l'Environnement et Aviation européenne indiquent qu'en 2022, le trafic aérien européen a retrouvé 94,5% du niveau du trafic d'avant la crise.

Tableau de prévisions du trafic aérien, du Rapport environnemental européen de l'aviation :

TABLEAU DE BORD DE L'EAER TRAFIG



European Environment Agency, Eurocontrol (2023), Rapport Environnement de l'Aviation Européenne 2022. https://www.easa.europa.eu/eco/sites/default/files/2023-02/EnvironmentalReport_EASA_summary_FR_06-online.pdf

Aussi, les prévisions du Rapport d'Eurocontrol et de l'Agence Européenne de l'Environnement montrent que d'ici 2025 le niveau pré-Covid sera atteint. Cette info semble se confirmer au vu des données financières rapportées par le groupe Lufthansa et Ryanair vues plus haut.

Face à cette explosion du trafic aérien attendue pour la période 2025-2050, la question se pose de la quantité d'efforts à déployer pour réduire son impact environnemental et être cohérent avec les objectifs de durabilité instaurés par l'Union européenne.

Impact environnemental du rail et du transport aérien

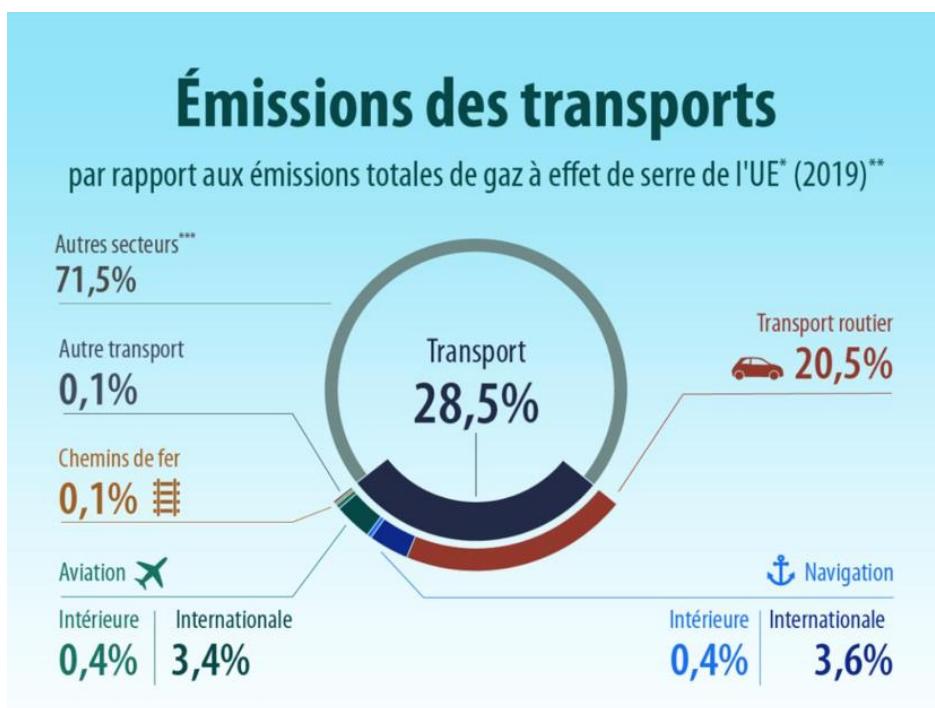
Alors que le transport aérien demeure un pilier central de la mobilité mondiale, son utilisation intensive suscite de plus en plus d'interrogations quant à ses conséquences environnementales, économiques et sociales. L'examen de l'impact environnemental de l'avion en Europe, mettra en lumière les implications écologiques de cette modalité de voyage face au rail comme autre mode de transport disponible.

Au-delà de l'empreinte carbone, nous explorerons les facteurs économiques qui sont des causes de la prévalence continue de l'aviation.

Sur l'image ci-dessous, nous pouvons constater que plus d'un quart (28,5%) des émissions totales de gaz à effet de serre de l'Union européenne proviennent des transports. Nous voyons aussi que, si la majorité des émissions sont causés par le transport routier, le transport aérien représente 13% des émissions, alors que le train n'en est responsable qu'à hauteur de 0,4%. (Parlement européen, 2019).

En plus des émissions directes émises par les modes de transports, les émissions causés par la production, le transport et la distribution de l'énergie utilisée, à la fois par l'avion et par le train, sont également pris en compte.

Proportions des émissions totales dans l'Union européenne par moyen de transport* :

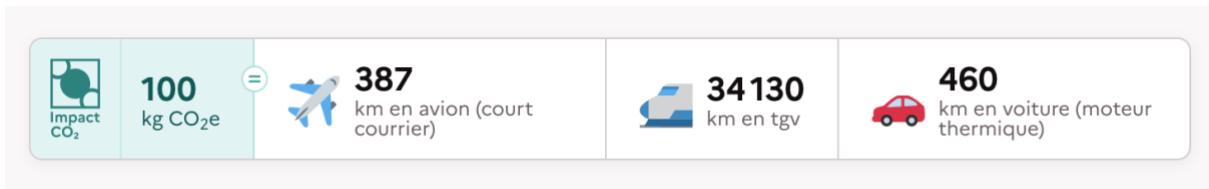


Parlement européen. (2019). Émissions de CO2 des avions et des navires : faits et chiffres (infographie).

<https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20191129STO67756/emissions-de-co2-des-avions-et-des-navires-faits-et-chiffres-infographie>

Sur le site de 'Impact CO2' (entité collaborative entre l'ADEME), l'agence française de la transition écologique, et le gouvernement français, il est possible de visualiser facilement un équivalent CO2 pour différents produits, actions, aliments, moyens de transports etc.. En faisant le comparatif entre l'avion, le train et la voiture, on obtient le résultat suivant :

Comparatif de distances parcourues pour l'avion, le train et la voiture thermique avec un équivalent d'émissions CO2 :



<https://impactco2.fr/comparateur>

Ce comparatif permet de mesurer l'impact carbone des différents modes de transports et de réaliser les ordres de grandeurs des uns par rapport aux autres. Il nous permet de constater qu'avec un impact CO₂ équivalent à ce qui est nécessaire au TGV pour faire un trajet entre Paris et Berlin, ou un peu moins de Bruxelles à Barcelone, un avion ne pourrait même pas aller de l'aéroport de BRU Zaventem à BRU Charleroi.

Selon l'Agence européenne de l'Environnement, un voyage en avion émet entre 80 et 100 fois plus d'équivalent CO₂ qu'une distance équivalente en train. (European Environment Agency, 2021).

Ces chiffres ne prennent pas en compte l'importance de l'impact des trainées de condensations émises par les avions, qui augmentent d'autant plus l'impact nocif de l'aviation sur l'environnement. Ces trainées de condensations se forment lorsque la vapeur d'eau contenue dans les gaz d'échappement des moteurs d'avion se condense et gèle au contact de l'air froid en haute altitude. Bien que ces trainées puissent sembler inoffensives, elles ont un impact significatif sur l'environnement. (Lee et al., 2009)

Dans l'article de ScienceDirect (2009) qui aborde l'impact de l'aviation sur le changement des émissions globales au 21^e siècle, y sont expliqués les différents points importants. Cet élément de l'aviation civile mériterait un mémoire scientifique entier tant ses implications ont un impact important et dont le fonctionnement est complexe. Voici cependant les éléments à

retenir concernant ces trainées de condensation et leur impact aggravant les émissions de CO₂.

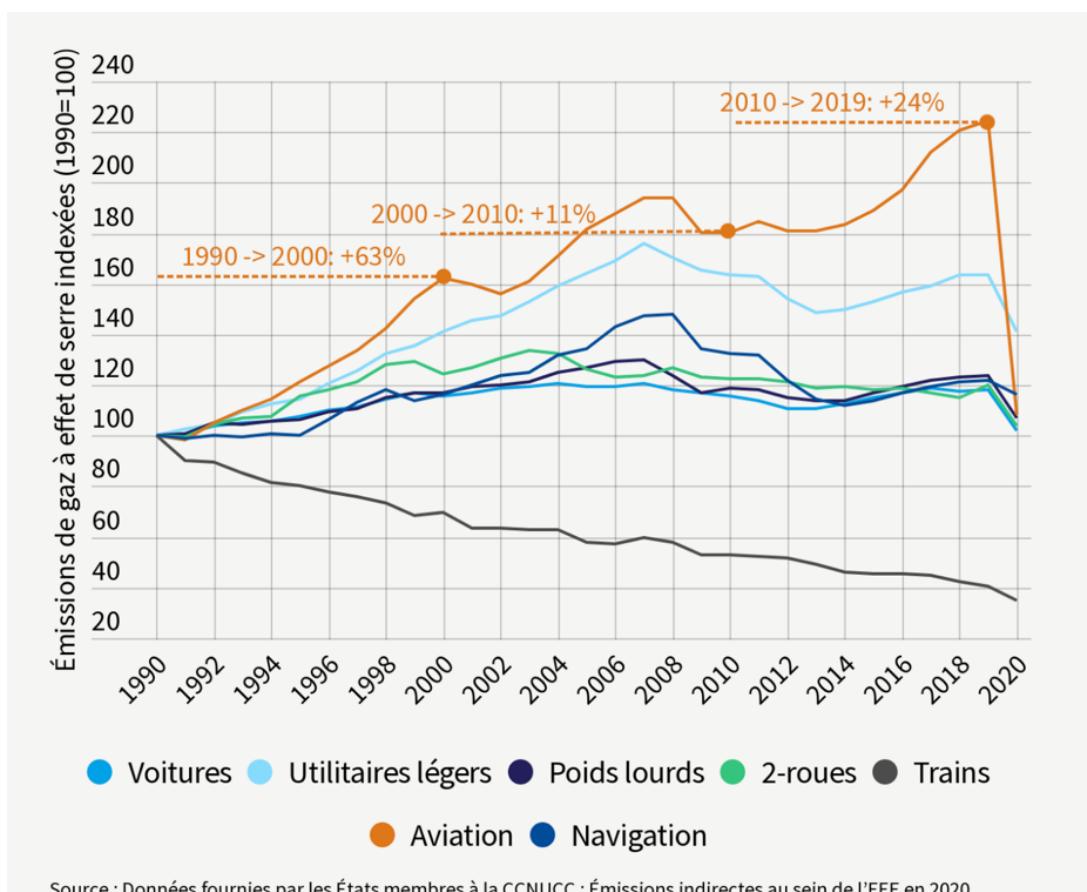
Premièrement, elles peuvent contribuer au réchauffement climatique en agissant comme un piège à chaleur, retenant la chaleur émise par la Terre et la renvoyant vers sa surface. Deuxièmement, elles peuvent également favoriser la formation de cirrus artificiels, des nuages fins et étendus qui peuvent persister pendant de longues périodes. Ces nuages artificiels ont un effet de serre plus important que les nuages naturels, amplifiant ainsi l'effet de serre et contribuant au réchauffement climatique.

En raison de la croissance constante du trafic aérien, l'impact des trainées de condensation sur l'environnement devient de plus en plus préoccupant, soulignant ainsi la nécessité de mesures visant à réduire les émissions des avions et à atténuer leur impact sur le climat.

Le rapport de la European Environment Agency (2021) sur le transport et le climat, note toutefois que, sur de longues distances et en cas de vol direct, les coûts environnementaux des voyages en avion augmentent moins, car les coûts relatifs à l'atterrissement et au décollage ne changent pas en proportions avec la distance.

En prenant ces éléments en compte, et en les appliquant dans le contexte des efforts déployés pour mettre en place le pacte vert de l'Union européenne (pacte qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre, notamment provenant des transports, de 90 % d'ici à 2050, par rapport à 1990), on voit sur le graphique ci-dessous que le défi est de taille.

Evolution des émissions de GES des différents modes de transports, par rapport à 1990 :



Source : Données fournies par les États membres à la CCNUCC ; Émissions indirectes au sein de l'EEE en 2020

Transport and Environment (News). (2022). Comment décarboner l'aviation en Europe d'ici 2050? <https://www.transportenvironment.org/discover/comment-decarboner-laviation-en-europe-dici-2050/>

Dans le rapport de 'Transport and Environment', est expliqué que le passage de l'avion à des modes transports plus durables pour le transport de passagers, peut jouer un rôle clé à la réalisation de l'objectif du pacte vert pour l'Europe.

Conclusion intermédiaire chapitre 1 :

- Le rail et l'avion ont tous les deux été une véritable révolution dans le secteur des transports, notamment pour les voyages à travers l'Europe en changeant radicalement les paradigmes d'espace et de temps. L'évolution de l'usage de l'avion, et sa démocratisation par la libéralisation du secteur, a conduit à la situation actuelle, préoccupante au vu des émissions de gaz à effet de serre qu'il engendre.
- Malgré la réduction de l'activité aérienne sans précédente dans l'histoire due à la crise mondiale du Covid-19 de 2020, les prévisions des différentes institutions, publiques ou privées, ainsi que les chiffres de l'année 2023 de la part des compagnies conventionnelles, et encore d'avantage des compagnies low-cost, montrent que cette baisse n'aura été que passagère.
- Les voyageurs se déplaçant dans l'Union européenne utilisent majoritairement la voiture (66,5%). Et prennent presque autant le train que l'avion (13% et 13,5% des voyages en 2022), alors que l'avion est entre 80 et 100 fois plus émetteur de CO2 que le train pour une distance équivalente, sans compter les trainées de condensations des avions, qui augmentent d'avantage l'impact de l'aviation sur l'environnement.
- Dans le cadre de la mise en place du Pacte vert pour l'Europe, le passage de l'avion à des modes transports plus durables comme le train pour le transport de passagers sur des distances de moins de 1000km, pourrait jouer un rôle clé.
- Face aux prévisions de croissance du transport aérien, il est impératif de comprendre quel sera l'impact sur les différents modes de transport et comment nous pouvons maintenir les objectifs de durabilité.
- Il est nécessaire de comprendre les forces motrices de l'utilisation accrue de l'avion, ainsi que ses répercussions sur les écosystèmes, les économies régionales et les schémas de mobilité, pour envisager des solutions durables et équilibrées face aux défis posés par le transport aérien dans le contexte européen.

Chapitre 2 : Analyse des facteurs déterminants du niveau actuel d'utilisation

Ce second chapitre détaillera quels sont les éléments qui privilégient l'usage des différents moyens de transports pour les voyages en Europe.

L'utilisation de l'avion et du rail dépend d'un grand nombre de facteurs, qui peuvent être de natures différentes. Certaines causes exogènes comme par la crise du Covid-19 ou une guerre/attentat sont difficilement prévisibles. Cependant, d'autres causes sont des facteurs structurels, et permettent donc d'établir des liens de cause à effet avec l'utilisation des modes de transport. Les deux facteurs structurels de l'utilisation du réseau aérien sont la croissance économique et le prix du billet.

Nous nous intéresserons par conséquent aux éléments qui diffèrent dans la tarification des billets d'avions et dans celle des trains, en analysant la politique des prix et le business-model des compagnies.

Ensuite, nous verrons sur base d'éléments statistiques quels éléments peuvent influencer la demande et peut-être donner un premier élément de réponse quant à la diminution de l'impact environnemental du transport en Europe.

Il est nécessaire de mettre en avant le poids économique des billets de trains et d'avion dans l'explication de l'usage vu au premier chapitre. L'analyse de l'aspect financier dans le choix du mode de transport par les utilisateurs, permettra de justifier une prise de décision politique tarifaire dans le contexte de transition durable du secteur. En effet, pour les voyageurs, quand il s'agit de faire un choix quant au mode de transport pour se déplacer en Europe, plusieurs éléments entrent en jeu.

Élasticité-prix et élasticité-revenu

La croissance économique et l'évolution du PIB est la première cause de l'évolution de l'utilisation de l'avion. (Chiambaretto & Combe, 2023).

L'élasticité-prix analyse la réaction relative de la demande d'un bien X à une légère variation de son prix. Si l'élasticité-prix est inférieure à 1, cela indique que la quantité demandée de bien X diminue moins que proportionnellement à l'augmentation de son prix, ce qui

caractérise une demande inélastique au prix. En revanche, si l'élasticité est supérieure à 1, cela signifie que la quantité demandée de bien X diminue plus fortement que l'augmentation du prix, ce qui indique une demande élastique au prix.

L'élasticité-revenu est la relation entre le revenu et la structure de la consommation implique de classer les différents biens et services selon leur élasticité au revenu. Cette élasticité représente le rapport entre la variation en pourcentage de la consommation d'un bien X et la variation en pourcentage du revenu.

Si l'élasticité est positive et supérieure à l'unité, cela signifie qu'une hausse du revenu entraîne une augmentation plus que proportionnelle de la consommation du bien X : il s'agit alors d'un bien supérieur.

Les recherches empiriques concordent sur le fait que l'élasticité-revenu du transport aérien est toujours supérieure à 1, indépendamment du motif de voyage, de la distance du vol ou de la région du monde. Cela implique que l'augmentation du PIB stimule la croissance du transport aérien.

Inversement, une période de récession aura un impact significatif sur le transport aérien, notamment parce que les touristes réduiront leurs déplacements et que les entreprises restreindront les déplacements de leurs employés.

Il y a trois conclusions qui ressortent des études empiriques sur le sujet :

1. L'élasticité-revenu est plus prononcée pour les voyageurs de loisirs que pour ceux en voyage d'affaires : elle est estimée entre 1,6 et 1,8 selon le modèle de l'Aviation civile américaine (CAA) pour les touristes. En d'autres termes, une augmentation de 1 % du PIB entraîne une augmentation de la demande de trafic aérien de loisirs comprise entre 1,6 % et 1,8 %.
2. L'élasticité-revenu est plus marquée pour les vols long-courriers que pour les vols court- et moyen-courriers. Cette différence s'explique par le fait que plus un individu s'enrichit, plus il sera enclin à voyager sur de longues distances.

3. L'élasticité-revenu est plus élevée dans les pays en développement et émergents que dans les pays développés, en raison d'un effet de rattrapage économique de la part des pays émergents.

Ces points sont importants pour comprendre que le choix des utilisateurs de prendre l'avion pour voyager est impacté par leurs revenus et par le prix de celui-ci.

Analyse de la politique des prix

Le prix du billet est le second facteur économique qui a un impact sur l'utilisation de l'avion.

Revenus des compagnies aériennes

La tarification des billets d'avion en Europe est un processus stratégique complexe, essentiel pour les compagnies aériennes qui cherchent à maximiser leurs revenus tout en tenant compte de divers facteurs structurels.

Le revenu total d'une compagnie aérienne dépend à la fois du prix moyen d'un billet et de la quantité de billets vendus, influencée par le taux de remplissage des avions et les capacités en sièges. (Chiambaretto & Combe, 2023).

Le coût unitaire de production est un paramètre crucial dans la tarification, englobant des éléments comme les taxes (par exemple, la taxe de solidarité) et les fluctuations des coûts, notamment le prix du pétrole. Ces coûts, intégralement inclus dans les billets, sont des facteurs structurels indépendants du contrôle direct de l'entreprise.

La demande anticipée joue également un rôle clé. Une demande forte conduit à une augmentation des prix, surtout sur des lignes où la capacité est relativement fixe à court terme. Un autre élément déterminant est la concurrence sur une ligne, avec une tendance à des prix plus bas en présence d'un plus grand nombre d'opérateurs. Cependant, en situation de monopole, une compagnie pratique des tarifs plus élevés, même avec des coûts de production relativement bas.

Les couts des compagnies aériennes

Lorsqu'une compagnie aérienne propose des vols, il est crucial d'également prendre en compte la distance du vol pour évaluer la quantité produite, mesurée en sièges par kilomètres offerts (SKO).

Dans cette mesure, les coûts se décomposent en coûts fixes (CF), ceux qui demeurent constants indépendamment du volume de production, et en coûts variables (CV), qui eux, varient en fonction de la quantité produite. Le coût total est ainsi représenté par la formule :
(Coût total = A + cQ) où 'A' désigne les coûts fixes, 'c' les coûts variables, et 'Q' la quantité en SKO.

Une compagnie aérienne ayant une proportion élevée de coûts fixes par rapport aux coûts variables pourrait rencontrer des difficultés financières en cas d'interruption temporaire de ses vols. En moyenne, les coûts fixes peuvent représenter jusqu'à 50 % des coûts totaux d'une compagnie aérienne. (Chiambaretto & Combe, 2023)

Les compagnies aériennes à bas coûts ont tendance à avoir une part plus importante de coûts variables par rapport aux compagnies historiques, ce qui leur confère une plus grande flexibilité en cas de perturbation. Le carburant par exemple, en tant que coût variable, représente plus de 40 % des coûts totaux pour des compagnies comme Ryanair, tandis qu'il ne compte que pour environ 20 % chez des compagnies traditionnelles comme Air France. En revanche, les coûts liés au personnel, qui sont majoritairement fixes, constituent environ 30 % des coûts totaux chez des compagnies traditionnelles comme Air France, contre seulement 13 % chez Ryanair. (Rivière et al., 2017)

De plus, les petites compagnies ont souvent recours à l'externalisation de nombreuses fonctions vers des prestataires, ce qui se traduit par des coûts variables, contrairement aux opérations internes des grandes compagnies qui engendrent des coûts fixes.

Tous ces éléments expliquent pourquoi les compagnies low-cost ont moins subi la crise du Covid-19 pendant l'année 2020 par rapport aux compagnies conventionnelles.

De plus, la configuration opérationnelle et la chaîne de valeur d'une compagnie low-cost sont conçues pour réaliser une réduction constante et significative des coûts, ce qui permet une baisse durable et notable des prix de vente.

Discrimination tarifaire et le 'Yield management'

La discrimination tarifaire, basée sur des signaux anticipés de la part des clients, se manifeste par des prix différents selon la précocité de la réservation ainsi que de la nature du voyage (professionnel ou loisir). Cette pratique est le yield management, qui signifie « gestion du rendement », qui décrit un ajustement dynamique des prix en temps réel utilisé pour maximiser la recette totale sur un vol. Le yield management est une gestion dynamique et évolutive du prix dans le sens où la compagnie fixe initialement le prix du billet au moment de l'ouverture des réservations et ajuste ensuite son évolution jusqu'à la date du vol en faisant attention à ne pas proposer un prix excessivement haut ou bas. (INC-Conso, 2020)

Si le prix augmente trop rapidement, il y a un risque que l'avion ne soit pas plein au moment du décollage, ce qui limite les recettes totales.

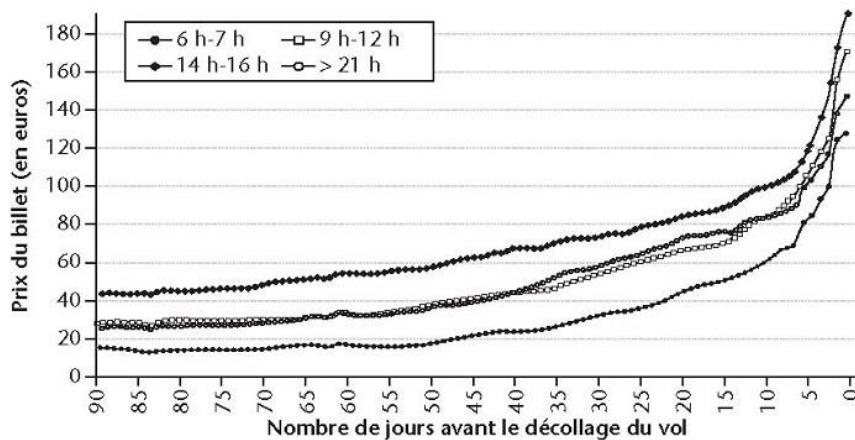
Si le prix est initialement trop bas, le vol peut être complet le jour du départ, mais la compagnie manque alors l'opportunité de vendre des billets à un prix plus élevé.

Par exemple, une réservation effectuée la veille du vol indique souvent une contrainte de dernière minute pour le voyageur, et donc une disposition de sa part à payer plus cher son billet. Disposition que la compagnie va exploiter.

Il est aussi préférable pour la compagnie aérienne, même si l'avion n'est pas plein la veille du décollage, de ne pas baisser le prix, afin que les clients ne prennent pas l'habitude d'attendre le dernier moment pour réserver leur billet.

Dans le cas de Ryanair par exemple, le prix d'un billet peut atteindre 180 euros le jour du départ, soit six fois le prix observé trois mois auparavant (30 euros).

Variation du prix du billet d'avion à l'approche de la date de décollage (90 jours) :



Chiambaretto, P. & Combe, E. (2023). III / Le modèle économique d'une compagnie aérienne.

Dans : Paul Chiambaretto éd., Le transport aérien (pp. 57-74). Paris: La Découverte.

<https://www.cairn.info/le-transport-aerien--9782348077098-page-57.htm>

Divers facteurs externes, tels que la saison, le jour et l'heure du vol, ainsi que des événements prévisibles ou imprévisibles (grèves de la part des concurrents, événements culturels récurrents ou évènements sportifs), influencent également la tarification des billets d'avion. (Turcan, 2023)

En comprenant ces mécanismes, les compagnies aériennes peuvent mettre en œuvre des stratégies de tarification qui prennent en compte la dynamique complexe entre les coûts, la demande et le niveau concurrence, pour optimiser leurs revenus.

L'avion est moins cher que train

Selon l'organisme Greenpeace (2023), le train, dont l'impact sur le climat est pourtant jusqu'à 100 fois moins important, est presque systématiquement plus cher que l'avion.

Malgré les différences en termes d'émissions de gaz à effet de serre, et d'impact sur l'environnement, les disparités d'usage des différents moyens de transport sont comme on l'a constaté, loin de ce qu'elles devraient être pour atteindre les objectifs en matière de durabilité.

L'organisme Greenpeace, l'organisation non gouvernementale internationale de protection de l'environnement, a publié en juillet 2023, le rapport d'une étude qui relève selon eux un encouragement par les prix pour les voyageurs à prendre l'avion plutôt que le train pour voyager en Europe.

Le rapport compare le coût des billets d'avion et ceux du train sur 112 trajets en Europe sur 9 jours différents à des échéances différentes. Selon ce rapport, les billets de train sont en moyenne deux fois plus cher que les billets d'avion, et le coût d'un voyage en train peut aller jusqu'à 30 fois supérieur à celui d'un vol en avion, comme c'est par exemple le cas pour Londres-Barcelone, le cas le plus extrême de cette disparité.

Les 10 plus importantes différences de prix entre le train et l'avion dans le rapport de Greenpeace :

10 biggest price differences for a trip on the same day

Trip on route	Time perspective	Train price compared to flights
times as much as		
Barcelona–London	short-term	29.6
London–Bratislava	short-term	15.4
Madrid–Brussels	mid-term	15.1
Budapest–Brussels	mid-term	12.5
Marseille–London	short-term	12.4
Valencia–Paris	mid-term	12.4
Manchester–Cologne	mid-term	12.4
Rome–Vienna	mid-term	10.2
Bratislava–Zagreb	short-term	9.5
Brussels–Vienna	long-term	9.4

Rapport Greenpeace. (2023). Ticket prices of planes vs train - A Europe wide analysis :

<https://greenpeace.at/uploads/2023/07/report-ticket-prices-of-planes-vs-trains-in-europe.pdf>

Les trajets analysés l'ont été dans la période du 25 avril 2023 au 12 juin 2023, et les chiffres sont le résultat de billets réservés de 2 jours à 4 mois à l'avance, avec une variation quant aux jours de la semaine concernés.

Sur la table au-dessus sont exposés les dix trajets pour lesquels la différence de prix entre le train et l'avion est la plus importante. Mais on peut aussi voir sur le graphique ci-dessous, que le train est presque systématiquement plus long et plus cher que l'avion entre deux villes d'Europe. (Financial Times, 2024).

Comparaison des durées de trajets et prix des billets entre l'avion et le train pour des liaisons populaires :



Financial Times research (2024) • Cheapest one-way direct ticket available on March 5 for travel on April 5. Flights searched via Google Flights, trains via RailEurope :

<https://www.ft.com/content/b5591361-7e10-4926-ae90-851fb5c1520d?accessToken=zwAGExN3ZgUokdO1WRNhfhBJtOukiUftcFSDQ.MEUCIHANh5BdgzJBB3VfQA9cAsu7OJ25bT3HnTxPA8otLSQ8AiEA8g40XXLCjnusVQ3F4AprZQ6F5G6Hb-Z-RGay0yK4bo8&sharetype=gift&token=8a2b93a0-a67d-49a8-8cd5-f4bb84a961c5>

Distances séparant les correspondances choisies pour le comparatif précédent :



Financial Times research. (2024). Distance calculator.net :

<https://www.ft.com/content/b5591361-7e10-4926-ae90-851fb5c1520d?accessToken=zwAGExN3ZgUokdO1WRNhfhBJtOukIUftcFSDQ.MEUCIHANh5BdgzJBB3VfQA9cAsu7OJ25bT3HnTxPA8otLSQ8AiEA8g40XXLCjnusVQ3F4AprZQ6F5G6Hb-Z-RGay0yK4bo8&sharetype=gift&token=8a2b93a0-a67d-49a8-8cd5-f4bb84a961c5>

Ce graphique montre les différences de prix entre l'avion et le train pour une même liaison, ainsi que la différence de prix des billets. C'est le résultat d'une recherche faite le 5 mars 2024 pour des trajets prenant place le 5 avril, un mois plus tard.

Dans le rapport est mentionné que parmi les liaisons analysées, les compagnies low-cost exploitent 79% de celles-ci, et proposent des tarifs plus avantageux grâce à leurs stratégies de tarification.

Le rapport de Greenpeace explique aussi que sur les 112 liaisons en Europe, les billets d'avions sont moins chers sur 71% d'entre elles. Aussi, seules 23 des liaisons sont presque toujours moins chères en train, s'explique par plusieurs éléments.

D'abord, 16 de ces 23 liaisons ne sont pas desservies par des avions de compagnies low-cost, et 6 d'entre elles n'ont simplement pas de liaison directe en avion. On pourrait naturellement penser que les liaisons moins chères en train sont des trajets bien desservis et populaires en train. Et pourtant, des liaisons comme Amsterdam-Londres ou Paris-Toulouse, qui sont des liaisons directes et qui durent entre 4h et 4h30 en train, font encore partie des vols « sauts de puces » les plus populaires en Europe.

Un autre élément soulevé par le rapport est que certaines compagnies ferroviaires n'offrent pas la possibilité de réserver ses billets plus de deux ou trois mois à l'avance. Ce qui offre un autre avantage aux compagnies aériennes qui proposent des prix avantageux pour les voyageurs qui peuvent s'y prendre à l'avance pour faire leurs réservations.

Différence de prix entre l'avion et le train

La question est à présent de comprendre d'où viennent les différences au niveau du prix de l'avion et de celui du train.

Il existe quelques points qui expliquent la disparité de prix entre les trajets en avion et ceux en train.

Un premier point est l'absence de TVA à payer sur les billets d'avions. C'est une exemption fiscale pour les vols internationaux, car uniquement les vols nationaux sont soumis à une TVA réduite. En revanche, les billets de trains sont soumis à une TVA d'environ 10% du prix du billet, à la charge de l'usager. (Clément, 2023).

Ensuite, les billets de trains, doivent prendre en compte un droit de péage. C'est le coût au kilomètre parcouru, de l'utilisation de l'infrastructure ferroviaire. Ce coût sert au développement et entretien du réseau ferroviaire. Il est donc dépendant de chaque pays, mais est dans tous les cas supérieurs par rapport à un coût similaire inexistant pour l'utilisation de l'air par les avions. (Vincelot, 2023)

Enfin, le troisième point important est la taxe sur l'énergie consommée. Les billets de trains comprennent la taxe de 20% imposée sur l'électricité consommée par un train, alors que le kérosène qui sert de combustible dans les réacteurs d'avions n'est pas taxé.

Seuls certains pays décident de taxer le kérosène sur les vols intérieurs.

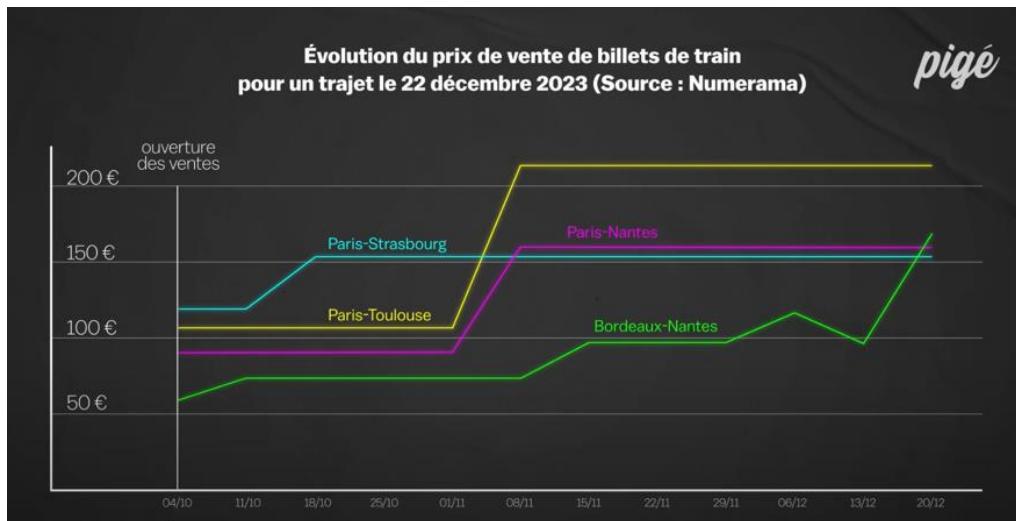
Évolution du prix du train

L'évolution du prix du billet de train a connu des changements significatifs au fil du temps. À ses débuts, le prix du billet était déterminé en fonction du prix par kilomètre multiplié par le nombre de kilomètres parcourus (prix billet = prix/km x Nb km), et reflétait ainsi le principe d'égalité de traitement qui est le fondement du secteur public.

Mais dans les années 80, une transformation s'est opérée alors que l'État cherchait à rendre le rail plus autonome sur le plan financier. Inspiré par le modèle des compagnies aériennes américaines, le système de yield management a été appliqué au train. Ce système (vu plus haut), analyse les données de tendances d'usage pour évaluer le niveau de demande et ajuster les prix en fonction des années précédentes, tout en tenant compte des événements et d'autres facteurs susceptibles d'influencer la demande, et ainsi adapter le prix de manière dynamique (en temps réel). De cette façon, les compagnies ferroviaires pouvaient garantir un taux de remplissage maximal des trains tout en maximisant leurs profits, dans le but d'atteindre l'autofinancement et la rentabilité du réseau ferroviaire. (Finez, 2014)

Un argument en faveur du yield management est que, si le voyageur réserve à l'avance, le prix de son billet peut être inférieur au prix moyen de son trajet. Cependant, pour la majorité des utilisateurs dont le prix reste supérieur à cette moyenne, cette situation n'est pas idéale.

Evolution du prix de vente de billet de train pour un trajet le 22 décembre 2023.

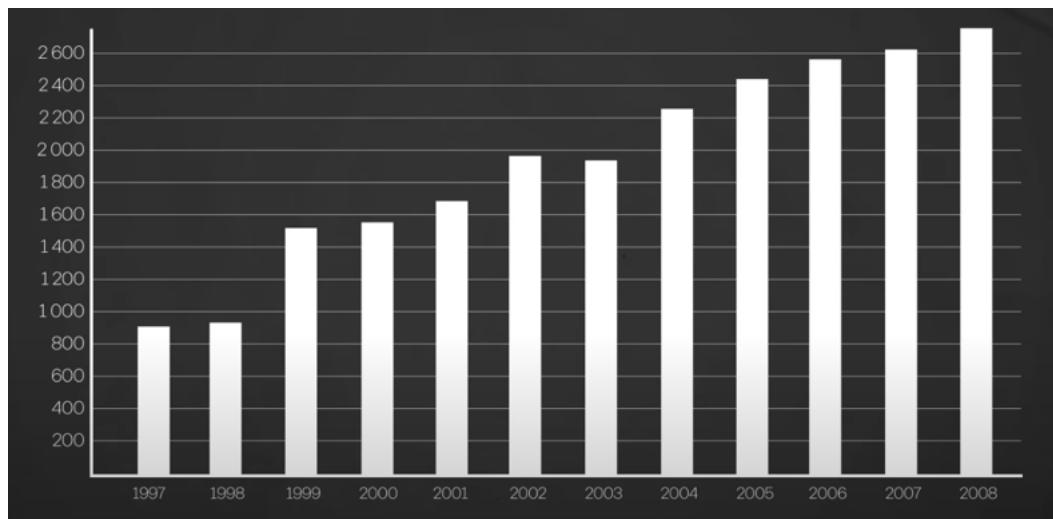


Turcan M. Lesage N. (2023). Noël : est-ce vraiment moins cher de réserver son train SNCF 3 mois à l'avance ? Numerama. <https://www.numerama.com/vroom/1593454-noel-est-ce-vraiment-moins-cher-de-reserver-son-train-3-mois-a-lavance.html>

Sur ce graphique par exemple, on voit que les prix sont plus intéressants à l'ouverture des ventes, et que jusqu'à la date du voyage, le prix double en moyenne.

Dans certains pays comme l'Allemagne, cela a conduit à des protestations et à une augmentation de l'utilisation de la voiture comme alternative au train, illustrant les défis auxquels le secteur ferroviaire est confronté dans la gestion des prix des billets tout en maintenant sa compétitivité et sa pertinence face à l'avion pour les voyageurs.

Evolution du coût d'utilisation (en millions d'euros) de l'infrastructure ferroviaire en France, de 1997 à 2008.



Mazurier, J. (2024). Pourquoi le train est-il devenu si cher ? Pigé.
<https://www.youtube.com/watch?v=i4tL2nIOBsQ>

L'Union européenne a entrepris dans les années 80 de séparer le réseau ferroviaire des différentes compagnies qui l'utilisent, dans le but de favoriser l'accès à ce réseau par différentes entreprises. Cela signifie que les compagnies doivent désormais payer des redevances aux gestionnaires de réseau pour l'utilisation de celui-ci, et ces tarifs varient en fonction de l'heure, car le prix varie en fonction des heures creuses ou de pointe.

Cependant, ces gestionnaires de réseau, étant autonomes et cherchant à être rentables, ont augmenté les redevances ferroviaires au fil du temps. Par exemple, en France, ces redevances ont triplé entre 1997 et 2018, avec une prévision d'augmentation supplémentaire de 8% en 2024. (Finez, 2014).

Cette hausse des coûts peut conduire à la suppression de certains trains ou lignes qui ne sont plus rentables. Cela remet en question le principe d'égalité de traitement et d'accès au transport public, et représente encore un élément de plus en faveur de l'avion quand il s'agit de faire un choix de moyen de transport pour voyager en Europe.

Le yield management, qui ajuste les prix en fonction de la demande, crée une forme de discrimination basée sur le revenu (vu plus haut), ainsi que sur d'autres critères tels que la capacité à planifier ses voyages à l'avance. Alors que cette pratique est acceptable dans le

secteur privé comme l'aviation civile, où la rentabilité est essentielle, elle pose problème dans le cas du train, qui est un service public.

Selon Solène Garcin-Berson, déléguée générale de l'association française du rail, les péages ferroviaires constituent la principale barrière à l'entrée sur le marché pour de nouveaux concurrents. (Laurent, 2024). Pour permettre le développement de la concurrence dans ce secteur, il est essentiel de prioriser des mesures visant à réduire ces coûts d'accès au réseau.

Résistance au changement

L'article du Financial times (2024) explique comment malgré des investissements importants dans le rail et l'augmentation de la compétition dans ce secteur, voyager en train est toujours plus lent et cher que par l'avion.

Malgré des besoins urgents en matière de durabilité, les budgets alloués aux transports dans le cadre du mécanisme de relance et de résilience de l'UE sont dominés par les infrastructures de transport traditionnelles, notamment les routes et les autoroutes. Les projets ferroviaires, essentiels pour promouvoir une mobilité durable, ne reçoivent qu'une part limitée des fonds. La lente récupération des capitaux investis dans la construction des infrastructures ferroviaires ajoute une pression financière supplémentaire.

Bien que les appels à des investissements accrus dans le rail en Europe se multiplient, les décisions nationales continuent de privilégier l'amélioration des réseaux ferroviaires nationaux. Les entreprises ferroviaires, souvent opérées par des sociétés d'État, font face à des difficultés à rivaliser avec les compagnies aériennes privées, particulièrement sur les trajets à courte distance où l'aviation conserve un avantage financier marqué grâce au faible prix que proposent les compagnies low-cost. (Jones et al., 2024)

Dans ce contexte, des représentants politiques comme Bas Eickhout, député européen LinksGroen, soulignent la nécessité d'un investissement significatif et d'une coordination au niveau européen pour élaborer une stratégie ferroviaire commune. La difficulté financière entrave non seulement la compétitivité du rail par rapport à l'aviation, mais elle freine

également la transition vers des modes de transport plus respectueux de l'environnement en Europe.

Demande (approche statistique)

Les compagnies aériennes ne supportent pas les coûts liés à la pollution qu'elles génèrent, créant ainsi une distorsion économique. Les gouvernements ont été critiqués pour ne pas imposer des taxes adéquates à l'industrie de l'aviation pour compenser les coûts environnementaux et créer des incitations financières pour promouvoir des modes de transport plus respectueux de l'environnement. (Carroll, 2023)

Les entreprises ferroviaires, souvent opérées par des sociétés d'État, font face à des difficultés à rivaliser avec les compagnies aériennes privées, particulièrement sur les trajets à courte distance où l'aviation conserve un avantage financier marqué. Et Selon Lorelei Limousin, responsable des politiques climat et transport, cette disparité financière est une décision politique, et c'est à la charge du contribuable donc, que coûte aujourd'hui en réalité le véritable coût d'un billet d'avion bon marché. (Greenpeace, 2023).

Aussi, selon Greenpeace, les 34 milliards de manque à gagner en Europe estimés par l'organisme à cause des subventions accordées au secteur aérien, en plus des contributions imposées sur celui-ci pour compenser son impact environnemental, seraient suffisants pour développer les trains de nuit, instaurer ce ticket climat, et renforcer une tarification sociale sur les trains longue distance.

Nous allons voir, à présent, selon quelles conditions les usagers sont prêts à changer leurs habitudes d'usages pour des pratiques plus respectueuses de l'environnement. Des données statistiques proviennent d'une enquête d'opinion publique menée par 'Special Eurobarometer' à la demande de la Commission européenne dans le cadre de la mise en place du European Green Deal.

Le Directoire général de la Mobilité et des Transports a mené cette enquête dans les États membres de l'Union européenne entre le 11 et le 29 septembre 2019 afin d'explorer divers facteurs liés à la mobilité, notamment pour les déplacements de longue distance des Européens.

La présidente Ursula von der Leyen, a fait de la transition du secteur des transports en Europe vers des alternatives plus durables, une de ses priorités. (Vieilledent, 2022).

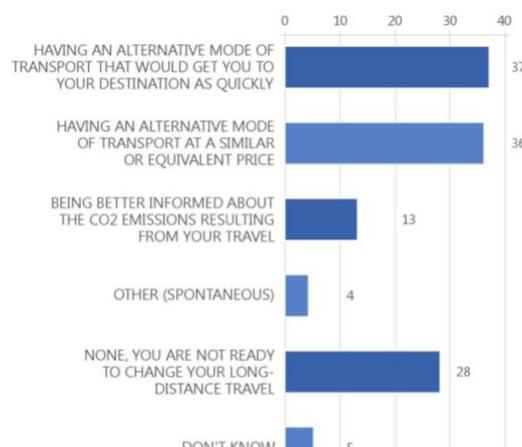
La mobilité est un facteur clé dans la vie des Européens et constitue également une composante essentielle des budgets familiaux. Pour rappel, les transports représentent 13 % des dépenses des ménages. Le secteur de la mobilité est également un employeur clé dans l'UE, représentant 5 % de l'emploi total et plus de 11 millions de personnes. Il représente également environ 7 % du PIB de l'Europe.

Selon la présidente, le déplacement des personnes est une industrie en croissance continue, et un secteur des transports efficace est crucial pour la croissance économique, ainsi que pour ses impacts sur le développement social et l'environnement.

L'enquête couvre :

- Les plus grands défis pour les voyages de longue distance ;
- Les facteurs qui influencerait le choix de moyens de transports plus durables pour les voyages et la volonté de payer d'avantage pour des voyages plus durables.

Réponses à la question posée : « Qu'est ce qui peut influencer votre choix de moyen de transport vers un mode plus respectueux de l'environnement ? »



Base: all respondents (27,565)

Commission européenne. (2020). Mobility and transport - Eurobarometer survey.

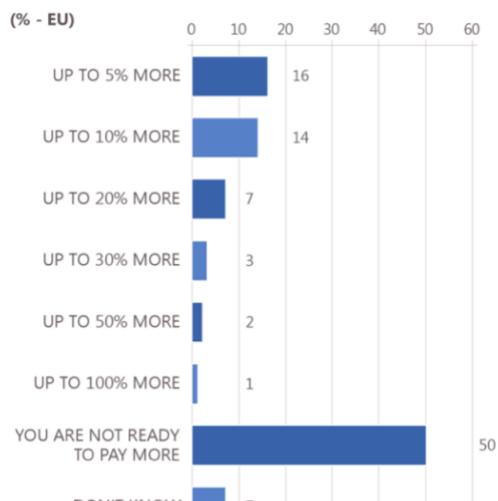
<https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2226>.

Voici ce que l'enquête a révélé :

- Pour de nombreux participants, le principal défi des voyages est de trouver un autre moyen de transport qui les mènerait à destination aussi rapidement. Ils représentent 37% des répondants.
- De même, 36% des participants indiquent que le choix d'un autre mode de transport au prix similaire ou équivalent influencerait leur décision en faveur d'une option plus respectueuse de l'environnement.
- Environ 13% des participants estiment que des informations plus claires sur les émissions de CO2 liées à leur voyage pourraient influencer leur choix.
- Cependant, près de 28% des répondants ne sont pas encore prêts à changer leur mode de voyage pour une option plus écologique.

Tous les répondants ont ensuite été interrogés sur le montant supplémentaire qu'ils seraient prêts à payer pour les voyages aériens de façon à compenser leur impact environnemental.

Réponses à la question posée : « Quel montant êtes-vous prêt à payer pour que les voyages aériens compensent leur impact environnemental ? »



Base: all respondents (27,565)

Commission européenne. (2020). Mobility and transport - Eurobarometer survey.

<https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2226>.

Lorsqu'on a demandé aux gens combien ils seraient prêts à payer en plus pour compenser l'impact environnemental des voyages aériens, voici ce que l'enquête relève :

- Environ 16% des répondants seraient prêts à payer jusqu'à 5% de plus, et 14% accepteraient de payer jusqu'à 10% de plus. Ces deux montants représentent les augmentations les plus couramment acceptées.
- Moins de 7% des participants seraient prêts à payer jusqu'à 20% de plus, et seulement 3% seraient prêts à payer jusqu'à 30% de plus. Seuls 2% accepteraient de payer jusqu'à 50% de plus, et 1% serait prêt à payer jusqu'à 100% de plus.
- Cependant, la moitié des participants (50%) ne sont pas disposés à payer plus cher pour leurs voyages aériens afin de compenser leur impact environnemental.

En résumé, l'enquête révèle que la rapidité et le prix sont des facteurs clés influençant le choix d'une option de voyage plus respectueuse de l'environnement. Bien que certains soient prêts à payer un supplément pour les voyages aériens afin de compenser leur impact environnemental, cela reste limité. En effet, la moitié des participants ne sont pas enclins à payer davantage pour compenser l'impact écologique de leurs voyages.

Les résultats de l'enquête soulèvent une question essentielle sur la responsabilité collective en matière de durabilité environnementale. Malgré une prise de conscience croissante des enjeux environnementaux, les réponses indiquent que de nombreux individus ne sont pas encore prêts à changer suffisamment leurs habitudes de déplacement pour atteindre les objectifs en matière de développement durable et d'impact sur l'environnement.

Cela met en lumière le besoin d'une intervention plus forte des autorités pour encourager et faciliter la transition vers des modes de transport plus durables.

Les pouvoirs publics doivent jouer un rôle plus actif en proposant des incitations financières, en investissant dans des infrastructures de transport écologiques et en réglementant les émissions de CO2 dans le secteur des transports.

Si l'on reconnaît que le changement individuel ne suffira pas à lui seul à résoudre les défis écologiques auxquels nous sommes confrontés, il est crucial de mettre en place des politiques et des mesures qui encouragent activement les individus, ou qui les y contraignent, à faire des

choix respectueux de l'environnement, comme cela a été le cas par exemple avec les décisions sur l'interdiction de la production de véhicules thermiques en Europe à partir de 2035. (Breton, 2022).

Conclusion intermédiaire chapitre 2 :

- Les éléments qui privilégient l'usage des différents modes de transports sont multiples et de natures variées. Par exemple, le temps de trajet quasi systématiquement plus court pour l'avion est un élément de réponse évident pour expliquer la disparité d'utilisation de l'avion. Cependant, certains facteurs sont structurels et permettent d'établir un lien de cause à effet avec l'utilisation des modes de transport.
- Le premier élément qui détermine un usage élevé de l'avion est le niveau de vie. L'élasticité-revenu de l'aviation est supérieurs à 1, ce qui signifie qu'un niveau de PIB élevé est corrélé avec un niveau d'utilisation supérieur de l'avion pour des voyages en Europe.
- Aussi l'élasticité-prix de l'avion est supérieure à 1, ce qui veut dire que la demande évolue plus fort que la variation de prix. Et grâce au caractère libéral du secteur aérien, et au vu des offres des compagnies low-cost, ce prix est particulièrement bas par rapport aux services rendus, et à son impact environnemental.
- Le Yield management permet aux compagnies aériennes et ferroviaires de remplir les sièges au maximum, tout en recherchant un haut niveau de profit. L'offre dynamique permet aux compagnies de tirer profit des éléments prévisibles du niveau de la demande comme les périodes de vacances ou les weekends par exemple.
- Le second élément est la tarification des billets. Les compagnies aériennes low-cost, grâce à leur structure de coûts, parviennent à proposer des billets particulièrement moins cher que des billets de trains.
- L'avion est de manière générale moins cher que le train, excepté sur certaines liaisons, qui ne sont pas desservies par des compagnies low-cost ou pour lesquelles il n'y a pas de liaison directe en avion.

- La disparité de prix entre l'avion et le train s'explique par trois points principaux : Les exemptions fiscales dont bénéficient les compagnies aériennes par l'absence de TVA à payer sur les vols internationaux, et l'absence de taxe sur le kérósène.
- Dans les billets de trains, sont compris une TVA d'environ 10% du prix du billet, ainsi que 20% de taxe sur l'électricité nécessaire pour le trajet. Aussi, les billets de trains comprennent un droit de péage, qui est le coût au kilomètre parcouru pour l'utilisation du réseau ferroviaire.
- Les voyageurs qui prennent l'avion sont une majorité à ne pas être prêt à payer un montant supplémentaire pour compenser l'impact environnemental de leurs vols. Ceux qui le sont, ne sont prêts à le faire que dans une maigre proportion.
- Plus d'un tiers des usagers de l'avion sont prêts à changer de mode de transport pour un moyen plus respectueux de l'environnement, à condition que celui-ci soit aussi rapide jusqu'à leur destination, et qu'il ne soit pas plus cher.
- Malgré une prise de conscience croissante, il y a beaucoup d'obstacles pour changer les habitudes de déplacement. La question se pose d'une intervention des autorités pour contraindre cette transition, comme cela a été le cas avec l'interdiction de production des voitures thermiques à partir de 2035.

Chapitre 3 : La transition vers un système décarboné

Dans ce chapitre, nous allons explorer la transition du transport aérien vers un système plus respectueux de l'environnement, en mettant l'accent sur les initiatives européennes visant à réduire l'empreinte carbone de l'aviation. Nous commencerons par examiner les mesures adoptées par la Commission européenne, comme l'Accord de Paris, le pacte vert pour l'Europe et l'objectif 'Net zéro'. Nous verrons en quoi les technologies émergentes et le développement d'un carburant alternatif a une place importante dans la réalisation de cet objectif, tout en identifiant les défis et les limites de cette approche.

Nous analyserons ensuite les cadres réglementaires et les incitations en place, examinant comment l'Union européenne s'efforce déjà, à travers la réforme du système d'échange de quotas, et du système de compensation 'CORSIA', de favoriser une transition vers des modes de transport aérien plus respectueux de l'environnement.

Nous verrons également comment les usagers peuvent, au travers d'outils proposés par les compagnies aériennes, compenser les émissions de leurs vols.

Enfin, nous allons confronter le terrain sur ces sujets, en posant des questions sur la mise en place du SAF, et des réglementations européennes sur l'aviation dans le cadre du pacte vert pour l'Europe, à Louis Lammertyn, 'Head of SAF' chez Hinicio, et à Félix Muyldermans, travaillant pour le 'World Economic Forum', pour la transition énergétique.

L'Accord de Paris

L'Accord de Paris, a été le résultat de la COP21 à Paris en décembre 2015. Il a été élaboré pour répondre au défi du changement climatique. Il établit des objectifs à long terme pour réduire les émissions mondiales de gaz à effet de serre, visant à limiter l'augmentation de la température globale à moins de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels, avec un effort pour la maintenir sous le 1,5°C. (Conseil européen, 2024).

Cet accord est juridiquement contraignant pour les 195 parties qui y ont adhéré et il prévoit une évaluation périodique des progrès réalisés, ainsi qu'une assistance financière aux pays en développement pour les aider à s'adapter aux impacts du changement climatique. Il

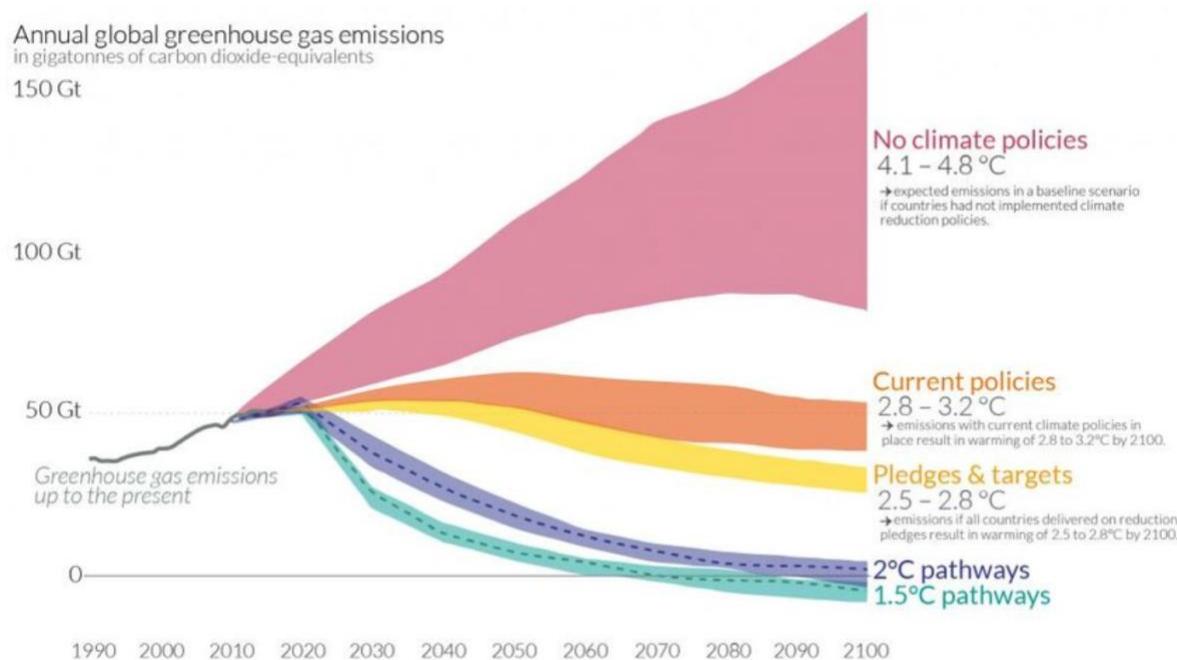
encourage également les pays à renforcer leurs engagements au fil du temps et offre un cadre pour la coopération internationale en matière de climat.



JENIK C. (2021). Statista - Etat des lieux de l'Accord de Paris : <https://fr.statista.com/infographie/9655/accords-de-paris-pays-ayant-signé-et-ratifié-le-traité/>

La mise en œuvre de l'Accord de Paris fonctionne sur un cycle de cinq ans, avec chaque pays soumettant périodiquement un plan d'action climatique national, appelé « Nationally Determined Contribution » (NDC), décrivant les mesures qu'il prendra pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. En outre, l'Accord invite les parties à élaborer des stratégies à long terme pour une action climatique plus durable, bien que cette invitation ne soit pas contraignante. (Conseil européen, 2024).

Prévisions des émissions mondiales de gaz à effet de serre en équivalent CO2 de 2020 à 2100 :



Ritchie, H., and Roser, M. (2019) Global greenhouse gas emissions and warming scenarios.

ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Global-greenhouse-gas-emissions-and-warming-scenarios-Ritchie-H-and-Roser-M-2019_fig2_369202034.

COP28

Plus récemment, lors de la COP28 qui a lieu fin 2023 aux Émirats Arabes Unis, il y a un objectif central en rapport avec la COP de 2015 : rédiger le bilan des efforts réalisés depuis l'Accord de Paris. (United Nations, 2023).

Le bilan mondial reconnaît que les données scientifiques indiquaient que les émissions mondiales de gaz à effet de serre devaient être réduites de 43% avant 2030 pour limiter le réchauffement de la planète à 1,5°C. Mais il note que les parties ne sont pas sur la bonne voie pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris.

Sur le site de United Nations Climate Change (Worth, 2023), l'article du 13 décembre 2023 reprend les points importants de la COP28, et le résultat montre qu'avec les engagements des pays après 7 ans, on ne serait qu'à 2% de baisse des émissions au lieu des 43% nécessaires.

A l'issue de la COP28, l'ONU, qui chapeaute l'organisation a déclaré que, pour respecter l'Accord de Paris, de nouveaux engagements doivent être pris et tenus.

Le Net Zéro et le pacte vert pour l'Europe :

Le Pacte vert européen est un ensemble de législations visant à rendre l'économie européenne neutre en carbone d'ici 2050. Il agit comme l'épine dorsale de la stratégie européenne dans le cadre de sa décarbonation. Cela signifie que l'industrie européenne a comme objectif d'émettre 90 % de GES en moins en 2050 par rapport à 1990. Cela est particulièrement ambitieux pour les secteurs difficiles à décarboner. (Commission européenne, 2021).

Pour rappel, en Europe, le secteur des transports représente environ 25 % des émissions totales de CO₂, dont 14 % proviennent de l'aviation. (Parlement européen, 2019). Compte tenu des efforts drastiques nécessaires par le secteur pour atteindre l'objectif 'Net Zéro' d'ici 2050, un palier a été fixé pour 2030 où les émissions devraient être réduites de 55% par rapport à 1990. Qui est connu sous le nom de "Fitfor55".

Le pacte vert pour l'Europe et le paquet "Fitfor55" qui s'inscrit dedans (et qui constitue la stratégie visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre d'au moins 55% d'ici à 2030 par rapport au niveau de 1990), tentent de placer le secteur européen de l'aviation sur la voie pour atteindre l'objectif de neutralité carbone. (Parlement européen, 2023). Il le fait en créant une approche globale encourageant les compagnies aériennes à adopter le SAF d'une part, et en comblant l'écart entre le SAF et le Jet A1 d'autre part, par le biais de taxes et d'incitations. Mais la plupart des efforts restent à venir. De la mise en œuvre de la législation à la recherche de modèles économiques et d'opportunités de financement, le voyage de décarbonation ne fait que commencer.

Dans le cadre de ce paquet « Fitfor55 », les directives du Parlement européen "ReFuelEU Aviation" établissent une proportion minimale de carburants durables à fournir dans les

aéroports de l'UE, dans le but de réduire les émissions et d'atteindre la neutralité climatique de l'UE d'ici 2050. Comme les proportions sont appliquées directement dans le système de réapprovisionnement des avions, toutes les compagnies aériennes sont concernées.

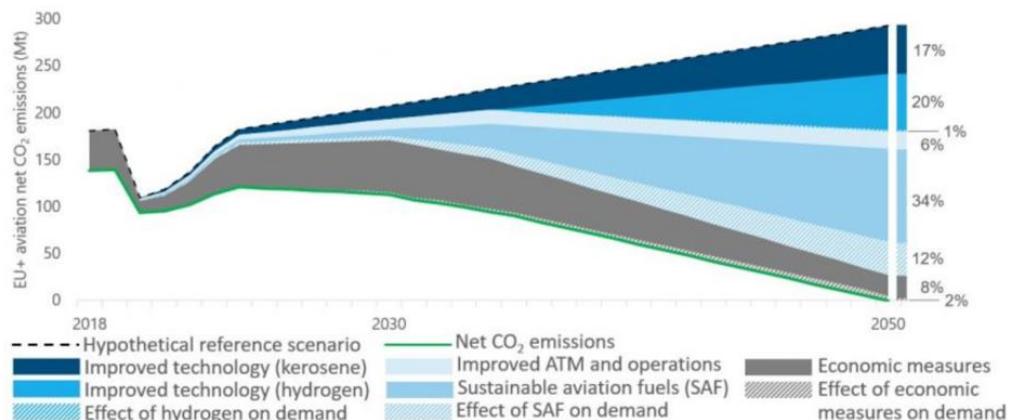
SAF :

L'objectif de diminution des émissions passera donc pour beaucoup par l'utilisation des carburants alternatifs au kérosène conventionnel, qui sont connus sous le nom 'SAF' pour 'Sustainable aviation fuel'. Le rapport de 'Destination 2050' (2021), une organisation qui trace le chemin de l'aviation vers la réalisation de l'objectif zéro émissions, explique que le SAF représentera le plus grand outil pour atteindre le Net Zéro. En effet, 35 % des efforts de réductions de CO₂ pour atteindre le Net Zéro dans le secteur de l'aviation passeront par l'utilisation de ce carburant, d'ici à 2050. Par conséquent, augmenter la production et la demande de ce carburant alternatif est crucial pour atteindre les objectifs à l'échelle de l'UE.

Feuille de route sur les émissions de l'aviation en Europe avec l'utilisation des carburants alternatifs, de 2018 à 2050.

Decarbonisation Roadmap for European Aviation

All flights in scope

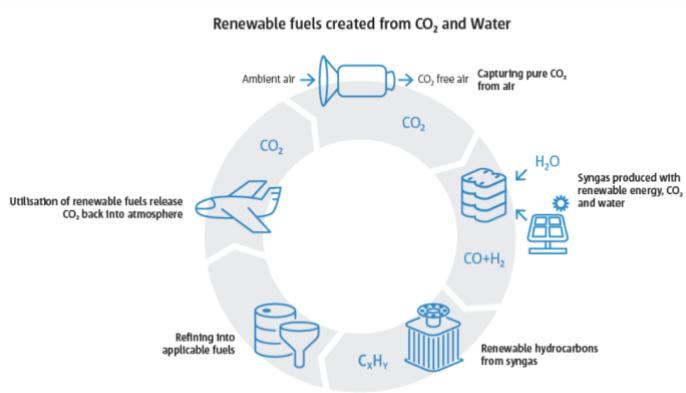


Reynaert, T. Barriga, M. Grobotek, T. Jankovec, O. Pie, J. (2021). A route to net zero European aviation - Destination 2050 : (Report). https://www.destination2050.eu/wp-content/uploads/2021/03/Destination2050_Report.pdf

Les SAF sont du carburant fabriqués à partir d'huiles et de graisses usagées, ou de résidus agricoles, qui peut être mélangé au kérósène conventionnel, ils peuvent être utilisés dans la flotte existante et l'infrastructure d'approvisionnement en carburant mondial. Ce carburant permettrait de réduire jusqu'à 80% les émissions de CO₂ à la combustion.

Schema sur le cycle du carbone dans la production du 'Product to Liquid SAF'.

Carbon cycle in producing PtL SAF



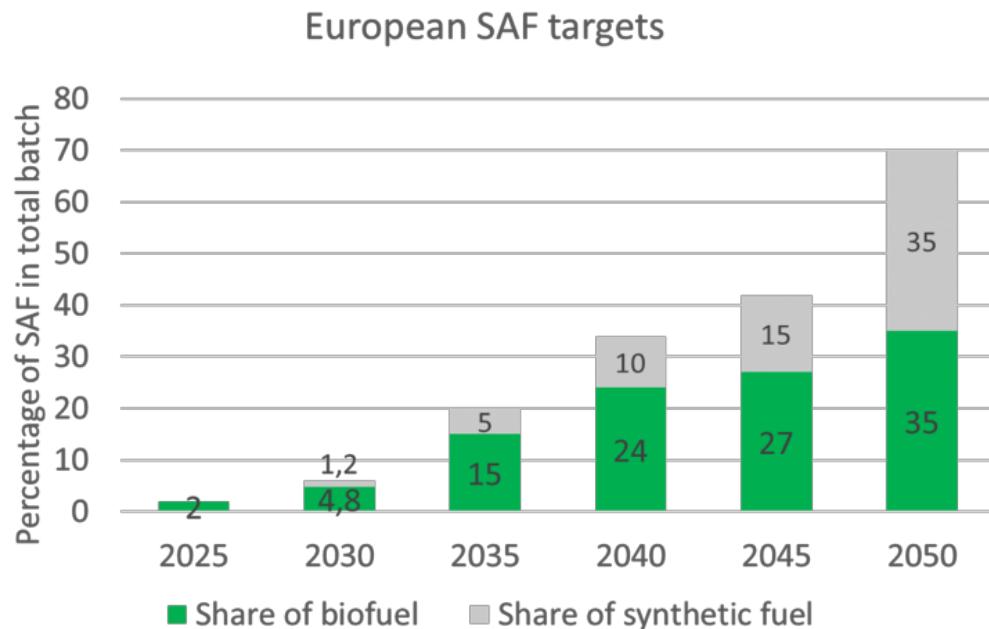
EASA – European Union Aviation Safety Agency. (2024). Figures and tables : <https://www.easa.europa.eu/eco/eaer/topics/sustainable-aviation-fuels/figures-and-tables>

En cours d'adoption formelle par les États membres européens et entrant en vigueur en janvier 2025, la Commission européenne a proposé un mandat sur le programme européen 'RefuelEU Aviation' qui impose l'utilisation de SAF aux compagnies aériennes par le biais des fournisseurs de carburant. Cela signifie que les fournisseurs de carburant ont l'obligation de fournir aux compagnies aériennes un mélange avec une certain taux de SAF mélangé au carburant conventionnel. (Parlement européen, 2023).

Les parlementaires ont convenu que, à partir de 2025, au moins 2% des carburants utilisés pour l'aviation devront être écologiques. Ce pourcentage augmentera tous les cinq ans : 6% en 2030, 20% en 2035, 34% en 2040, 42% en 2045 et 70% en 2050.

Pour rappel, les "carburants durables pour l'aviation" incluent les carburants de synthèse ainsi que certains biocarburants issus de résidus agricoles ou forestiers, d'algues, de biodéchets et d'huiles de cuisson usagées. (EASA, 2024).

L'évolution de la part de SAF comme carburant utilisé de 2025 à 2050 :



EASA (2024). Current landscape and future of SAF industry : <https://www.easa.europa.eu/eco/eaer/topics/sustainable-aviation-fuels/current-landscape-future-saf-industry>.

Pour atteindre ce mandat, 2,3 millions de tonnes de SAF seraient nécessaires d'ici 2030. Environ 14,8 millions de tonnes de SAF seraient nécessaires d'ici 2040, et 28,6 millions de tonnes d'ici 2050. (EASA, 2024).

L'objectif est de stimuler le marché européen du SAF et de favoriser les investissements dans l'Union européenne. L'agence de la sécurité de l'aviation de l'Union européenne (2024) estime que les investissements dans les usines de production et l'achat de SAF représenteront 85% des investissements totaux nécessaires du secteur aérien pour atteindre le Net Zéro en 2050.

Limites du SAF :

Le SAF est donc une avancée dans la réduction de l'empreinte carbone des compagnies aériennes. Mais selon Carsten Spohr, CEO du groupe Lufthansa, le problème avec le SAF vient de l'offre. (Sentner, 2024).

Il explique que même en étant le premier client en Europe pour les carburants durables, cela ne représente que 1 % du carburant du groupe. Pour visualiser le problème, Nico Cardone, Media Relations Manager chez Brussels Airlines, m'a expliqué que si le groupe Lufthansa achetait l'entièreté du stock de SAF disponible dans le monde, en utilisant toute cette quantité de carburant, les avions du groupe ne pourraient voler que pendant quelques jours.

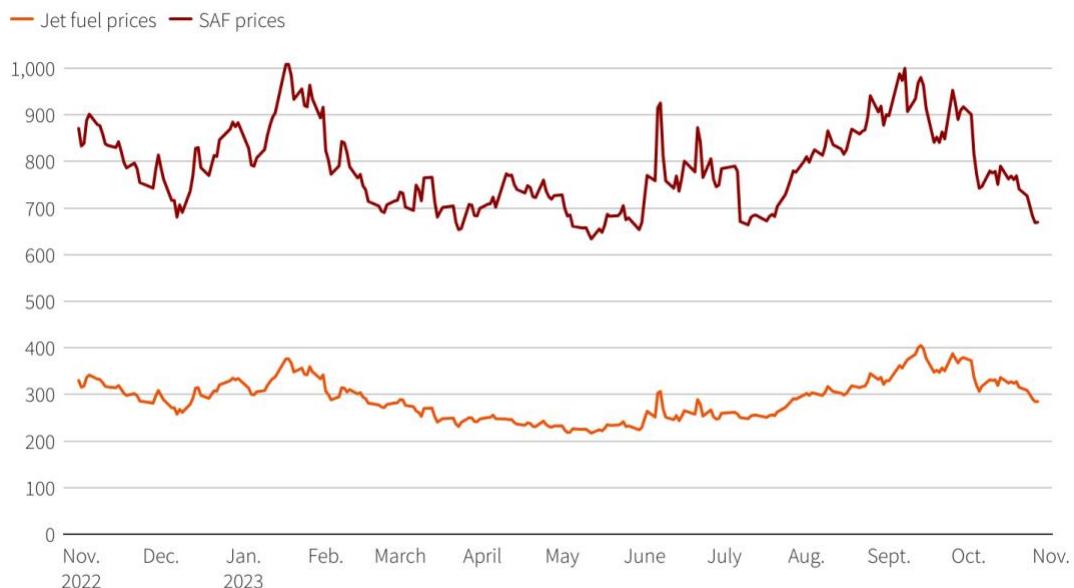
L'offre de SAF doit donc être considérablement augmenté pour pouvoir avoir un impact, et cela nécessitera une quantité considérable d'énergie électrique. (EASA, 2024).

Pour rester cohérent dans l'objectif de décarboner l'industrie, il faut que cette électricité soit aussi propre que possible. Une grande partie de l'électricité produite provient toujours des combustibles fossiles. Et cela n'aurait pas de sens d'utiliser des combustibles fossiles pour produire de l'électricité, qui à son tour servirait à produire des carburants durables 'décarbonés'.

La quantité disponible en SAF est pour l'instant loin de répondre à nos besoins. L'offre actuelle représente moins de 0,05 % de l'utilisation totale de carburant pour l'aviation dans l'UE. (European Environment Agency, 2022). Et la croissance de l'offre qui peut répondre aux besoins auquel fait face le secteur ne peut être réalisée que par une collaboration entre l'industrie et le gouvernement qui doit encourager l'utilisation de carburants durables.

Valeurs d'échange du SAF et du carburant conventionnel de novembre 2024 à novembre 2023 en centimes de US dollar :

SAF trades at a premium compared to conventional jet fuel



Note: All prices in U.S. cents per gallon
Source: Argus Media | Graphic by Sourasis Bose

BOSE S. (2023). U.S. sustainable aviation fuel production target faces cost, margin challenges :

<https://www.reuters.com/sustainability/us-sustainable-aviation-fuel-production-target-faces-cost-margin-challenges-2023-11-01/#:~:text=U.S.%20production%20of%20SAF%20will,Wood%20Mackenzie%20analyst%20Gordon%20McManus.>

Toujours selon l'EASA, bien que les SAF soient actuellement plus chers que le carburant pour avions à base de combustibles fossiles, des économies de coûts sont attendues notamment grâce aux futures économies d'échelle de production. Les prix des SAF peuvent varier en fonction de la voie de production, des coûts de production associés et des fluctuations du marché de l'énergie.

Pourtant, il semble que le SAF soit une solution prometteuse au vu de la situation. Selon le CEO de Virgin Atlantic, la capacité des carburants durables (SAF) peut être une substitution sûre et directe au carburants conventionnels. (S Weiss, 2023). « Ils sont compatibles avec les moteurs, les structures aéronautiques et l'infrastructure actuels en matière de carburant. »

Cependant, pour lui, le même problème persiste. Weiss explique qu'il n'y a tout simplement pas assez de SAF disponible, et qu'il est évident que pour atteindre une production à grande échelle, nous avons besoin de voir considérablement plus d'investissements. Selon Shai Weiss, il est nécessaire d'avoir des certitudes réglementaires et des mécanismes de soutien des prix, appuyés et soutenus par les gouvernements. Il affirme que : « Le vol Flight100 (premier vol transatlantique réalisé avec une consommation à 100% de SAF), prouve que s'il (le SAF en quantité suffisante) est produit, nous nous en servirons pour voler ». (Virgin Atlantic, 2023).

Système d'échanges de quotas d'émissions :

L'Union européenne a pris des mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre grâce à son système d'échange de quotas d'émissions (SEQE), qui a été modifié en 2019 afin qu'il ait plus d'impact. (Parlement européen, 2022).

Le principe du SEQE est de définir au préalable une quantité d'émissions qui peuvent être émis. Le système restreint le volume des gaz à effet de serre qui peuvent être émis par les secteurs industriels énergivores, les producteurs d'électricité et les compagnies aériennes. Ce volume est divisé en un nombre définis de quotas, et ce nombre est plafonné. Au fil du temps, ce plafond est abaissé de manière à en réduire progressivement la quantité.

En 2019, l'UE a adopté une réforme du SEQE, qui consiste à créer une réserve de stabilité du marché, qui vise à remédier à l'important excédent de quotas d'émissions qui s'accumule lors des crises financières, et qui rend le système défaillant à cause des déséquilibres entre l'offre et la demande.

Actuellement, 82 % des allocations de quotas dans le secteur de l'aviation sont distribuées gratuitement, réparties selon des références d'activité. 3 % sont réservées et 15 % sont soumises à des enchères.

La résolution de 2020 sur le Pacte Vert pour l'Europe, adoptée par le Parlement européen, a exprimé son soutien à l'élimination graduelle des allocations gratuites de quotas pour l'aviation dans le cadre du Système d'Échange de Quotas d'Émission (SEQE).

Il est proposé de réduire de moitié les allocations gratuites de quotas en 2024 et de les éliminer progressivement d'ici 2025.

Ensuite, les modifications de la réforme visent à stimuler l'innovation et l'utilisation de technologies qui sont à faible intensité carbone.

Pour promouvoir l'adoption de carburants durables dans l'aviation, une partie des quotas de l'aviation serait attribuée sous forme de contrats d'écart de prix, afin de compenser la différence de coût par rapport au kérosène fossile.

Taxes :

Les groupes et collectifs de défense environnementaux poussent les dirigeants de l'UE à imposer des taxes sur le Jet A'1 (kérosène conventionnel), qui en est jusqu'à présent exonéré. La directive de taxation énergétique (ETD) devrait progressivement supprimer les subventions sur le kérosène pour imposer une taxe minimale sur ce carburant. En 2033, la taxe minimale sur le kérosène devrait être d'environ 11 € par GJ (gigajoule) (ce qui représente environ 0,4 € par litre). En parallèle de la révision du SEQE et des directives "ReFuelEU Aviation", cette nouvelle taxe incitera les compagnies aériennes à passer d'avantage du kérosène au SAF. (Commission européenne, 2021). Si l'on adopte une perspective plus large, d'une part, tant le SEQE que l'ETD vont augmenter le coût des opérations pour les compagnies aériennes, mais d'autre part, ils ne déclenchent pas de manière significative les mécanismes de subvention. D'où l'importance de stimuler des investissements supplémentaires.

Compensation par les compagnies aériennes

Mesure CORSIA

Le Conseil européen et l'Organisation de l'aviation civile internationale ont mis en place une mesure pour baisser les émissions du secteur aérien, appelée CORSIA, pour 'Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation', permettant aux compagnies aériennes de compenser leurs émissions en investissant dans des projets verts.

CORSIA est une mesure mondiale qui a été adoptée en 2018 et dont la mise en place a démarré en janvier 2021. Ce mécanisme représente une approche coopérative qui s'éloigne des initiatives réglementaires nationales ou régionales. Elle offre une manière harmonisée de réduire les émissions de l'aviation internationale, minimisant les distorsions de marché, tout en respectant les circonstances spéciales et les capacités respectives des (36) États membres de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale. (ICAO, 2023).

La mesure CORSIA est sensé compenser la quantité d'émissions de CO2 qui ne peut pas être réduite par des améliorations technologiques, comme les améliorations opérationnelles et les carburants durables de l'aviation, avec des unités d'émissions provenant du marché du carbone (le SEQE , abordé précédemment). (Conseil européen, 2022).

La décision CORSIA permet aux États membres d'honorer leurs engagements internationaux (Accord de paris etc..) et de remplir leurs obligations dans le cadre de la transition verte (pacte vert pour l'Europe) et ont pour objectif de limiter les répercussions du transport aérien international sur le climat.

Aujourd'hui, il existe des outils que mettent en place les compagnies aériennes pour aider leurs utilisateurs à diminuer leur bilan carbone quand ils voyagent.

Sur le site de Brussels Airlines, comme celui de Air France et d'autres compagnies aériennes encore (tout le groupe Lufthansa par exemple), on peut trouver une rubrique 'Responsabilité sociale / Compensate'. Dans celle-ci, les compagnies proposent à leurs utilisateurs de rendre

leurs voyages plus durables en compensant les émissions de leurs vols lors de la réservation, ou au moins de les réduire.

Pour ce faire, les compagnies proposent plusieurs alternatives.

- 'Compenser les émissions de carbone de votre vol en contribuant à des projets de protection du climat de haute qualité'
- 'Utilisez des carburants d'aviation durables' (SAF).
- 'Une combinaison des deux'.

Sur le site de la compagnie, il y a une liste de 15 projets qui sont en accord avec les 12 SDG des Nations Unies, parmi lesquelles les utilisateurs qui veulent compenser leurs vols peuvent choisir.

Toujours sur le site de Brussels Airlines, un point d'information est présenté sur le SAF, dans lequel est expliqué la composition de ce carburant durable, et qu'aucune matière première fossile n'est utilisée dans le processus de production. Sans donner le détail, la compagnie aérienne explique que par rapport au kérone conventionnel, le SAF produit environ 80% d'émissions de CO2 en moins, car il en reste toujours un peu dans le processus de production et de logistique.

Dans la rubrique du détail du SAF, la compagnie aérienne explique aussi que si ce carburant n'est pas utilisé sur tous les vols c'est à cause de son prix. Le coût du SAF étant supérieur à celui du carburant conventionnel (graphique vu plus haut), cela maintient une demande faible pour le SAF. Ce qui a des répercussions sur les coûts de production.

Avec l'utilisation du SAF, le coût des billets d'avion sera augmenté. En effet, le SAF est entre 3 et 5 fois plus cher que le kérone traditionnel. Son utilisation entraîne une hausse inévitable des prix des billets. (Chicheportiche, 2023). Nous verrons plus loin en quoi ce point est un élément qui contribue à diminuer les émissions du secteur.

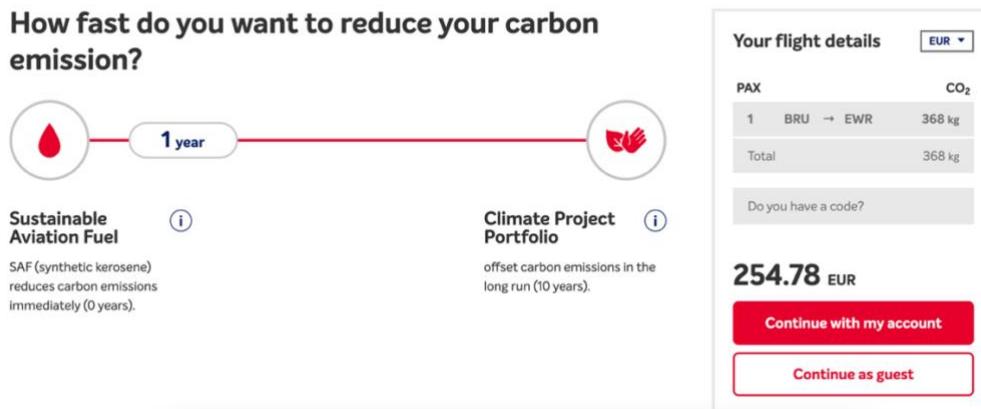
Cette augmentation est déjà perceptible sur le marché. En 2022, Air France-KLM, a annoncé une augmentation des tarifs de 1 à 12 euros pour compenser une partie du surcoût de ce carburant durable. Début 2023, la compagnie a annoncé de nouveaux ajustements, avec des tarifs variant entre 1 et 8 euros en classe économique et entre 1,50 et 24 euros en classe

affaire, en fonction de la distance. Cette stratégie vise à encourager l'adoption plus rapide du SAF dans l'industrie aérienne. Brussels Airlines prévoit que l'augmentation de la demande du SAF accélérera la création de sites de production plus grands et plus efficaces, et que l'expansion de la production de ce SAF entraînera une diminution des prix.

Si l'utilisateur souhaite compenser les émissions de carbone de son vol en utilisant du SAF. Il voit le prix de son billet d'avion augmenter de la différence entre le prix du kérósène conventionnel et celui du SAF.

S'il souhaite réduire les émissions de son vol en combinant les deux options, il peut choisir les proportions de durée de la compensation, et le coût s'adapte en fonction de celles-ci.

Exemple de compensation d'émissions pour un vol Bruxelles – New-York :



Brussels Airlines. (2024). Responsabilité sociale – Compensate :

<https://www.brusselsairlines.com/be/fr/flying-with-us/social-responsibility/compensate#accordion-item-section-1361098828>

On comprend que, au plus la durée de compensation des émissions doit être courte, au plus elle se fait par l'utilisation du SAF, et donc à un coût élevé. À l'inverse, si la compensation des émissions se fait à une échelle de temps plus importante, elle passe alors par des investissements dans un portefeuille de projets environnementaux.

Confrontation au terrain :

Lors de l'interview avec Louis Lammertyn (Annexe 1), j'ai posé plusieurs questions concernant des aspects liés à la décarbonation du secteur de l'aviation, en mettant particulièrement l'accent sur l'utilisation des carburants d'aviation durables (SAF) et les défis associés à cette transition. Il m'a semblé judicieux de lui adresser mes questions, car en tant que responsable du SAF chez Hinicio, une société de conseil en stratégie spécialisée dans les énergies et transports durables, il était la personne rêvée pour y répondre.

Tout d'abord, il a souligné que, bien que le SAF puisse contribuer à réduire une partie importante des émissions de CO2 liées aux voyages aériens, d'autres émissions de gaz à effet de serre nécessitent également une attention, pour lesquelles le SAF ne fournit pas de solution. L'utilisation d'hydrogène vert (obtenu par l'électrolyse de l'eau avec de l'électricité décarbonée) est mentionnée comme l'alternative la plus abordable pour réduire toutes les émissions de voyages aériens, mais il a également noté que des progrès supplémentaires sont nécessaires dans ce domaine pour amener cette technologie à l'échelle.

A ce sujet, F. Muyldermans (Annexe 2) a souligné que, bien que le SAF soit prometteur, il est peu probable qu'il permette d'atteindre une neutralité carbone absolue, en raison des émissions associées à sa production. Et que pour arriver à un résultat véritablement net zéro, il faut également limiter les émissions de CO2 grâce à des pratiques de captage et stockage du CO2 émanant du processus de production.

En ce qui concerne les investissements nécessaires pour augmenter l'utilisation de SAF, Louis Lammertyn pense que la production de SAF devra être principalement privée, car le secteur public manque de leviers et de la réactivité nécessaire pour ce genre de projet. Les gouvernements doivent jouer un rôle crucial dans la création du marché en créant le cadre légal, tels que les proportions de SAF à fournir par les fournisseurs de carburant ou en garantissant un prix d'achat minimal pour les producteurs de SAF.

F. Muyllemans m'a donné une réponse similaire en notant l'importance des politiques gouvernementales cohérentes et prévisibles pour stimuler la confiance du marché.

En ce qui concerne l'impact sur les prix des billets, selon L. Lammertyn, le SAF sera toujours plus cher que le kérosène conventionnel en raison de ses caractéristiques de carburant amélioré et décarboné. Cependant, cette hausse de prix est selon lui un moyen de réguler les voyages aériens, et les compagnies aériennes vont incuber ce coût supplémentaire, et le faire payer aux voyageurs.

J'ai également abordé la question de l'électricité nécessaire à la production de SAF, avec un accent sur la nécessité de décarboner cette électricité pour maintenir la cohérence avec la décarbonation du secteur. L'utilisation de l'hydrogène dans le processus de production de SAF est discutée comme une étape intermédiaire nécessaire, bien que des pertes d'énergie soient inévitables pendant le processus d'électrolyse. L. Lammertyn m'a expliqué que la situation est plus complexe que cela, car l'hydrogène n'est pas uniquement utilisé comme un moyen de stockage d'électricité, mais surtout comme « matière première » et élément chimique pour la fabrication du SAF.

Enfin, j'ai demandé leurs opinions sur la compensation des émissions de CO2 des vols par le biais d'investissements dans des projets climatiques. L. Lammertyn m'a répondu que, même si c'est toujours une bonne chose pour l'écologie de planter des arbres, le SAF est un moyen plus direct et mesurable de compenser les émissions de CO2.

F. Muyllemans m'a également parlé d'un système qui permet de dissocier le carburant physique de ses émissions. Via le 'Book and Claim', les entreprises peuvent financer des

quantités de SAF, et être assuré de son utilisation, par elles-mêmes ou par des tiers, et revendiquer les économies d'émissions associées à cette utilisation par rapport à la même quantité de kérosène conventionnel.

En résumé, les interviews ont souligné la complexité et les défis associés à la transition vers des carburants durables dans le secteur de l'aviation, tout en mettant en évidence le rôle crucial des gouvernements dans la création d'un cadre réglementaire favorable à cette transition.

Conclusion intermédiaire chapitre 3 :

Initiatives européennes pour réduire l'empreinte carbone de l'aviation :

- L'Union européenne (UE) a mis en place des initiatives telles que le pacte vert pour l'Europe et l'Accord de Paris pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Ces accords fournissent un cadre réglementaire et des objectifs clairs pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans tous les secteurs, y compris l'aviation.
- L'objectif 'Net zéro' de l'UE vise à réduire les émissions de GES de 55% d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990, avec une transition vers une économie entièrement neutre en carbone d'ici 2050.

Importance des technologies émergentes et des carburants alternatifs :

- Les technologies émergentes telles que les carburants alternatifs durables (SAF) jouent un rôle crucial dans la réduction des émissions de l'aviation. Les SAF pouvant réduire jusqu'à 80% des émissions de CO2 par rapport au kerosène conventionnel.
- Cependant, des investissements supplémentaires sont nécessaires pour augmenter la production et l'offre de SAF afin de répondre à la demande croissante du secteur de l'aviation.

Cadres réglementaires et des incitations en place :

- L'UE a mis en œuvre des cadres réglementaires tels que le système d'échange de quotas d'émission (SEQE) pour limiter les émissions de CO2 de l'aviation. Des modifications visent à éliminer progressivement les allocations gratuites de quotas octroyés au secteur de l'aviation et à encourager l'utilisation de carburants alternatifs.

Outils de compensation des émissions de vol proposés par les compagnies aériennes :

- Les compagnies aériennes offrent des options de compensation des émissions de vol à leurs clients, telles que la contribution à des projets en faveur de l'environnement ou l'utilisation de SAF.

- Ces outils permettent aux voyageurs de réduire leur empreinte carbone en compensant les émissions de leurs vols ou en choisissant des options de vol plus respectueuses de l'environnement.
- La compensation des émissions de CO2 des vols avec le SAF est considéré comme la méthode plus directe et mesurable.

Défis persistants :

- Malgré les progrès réalisés, des défis persistent, notamment en ce qui concerne l'offre et le coût des carburants alternatifs.
- L'offre actuelle de SAF reste très limitée et les prix sont plus élevés que ceux du kérostone conventionnel, ce qui entrave leur adoption à grande échelle dans le secteur de l'aviation.

Mesures pour réduire les émissions du secteur aérien sur le plan mondial :

- CORSIA est une mesure mondiale visant à réduire les émissions de l'aviation internationale en compensant les émissions excédentaires par des unités d'émission provenant du marché du carbone.
- Cette initiative représente une approche coopérative pour réduire les émissions de l'aviation tout en minimisant les distorsions de marché et en respectant les engagements internationaux en matière de climat.

Besoin de collaborations pour stimuler les investissements dans les carburants durables :

- Pour augmenter l'offre de SAF, une collaboration est nécessaire entre l'industrie et les gouvernements, qui doivent créer un cadre légal favorable à ceux-ci.
- Des certitudes réglementaires et des mécanismes de soutien des prix sont essentiels pour encourager les investissements dans les carburants durables et accélérer la transition vers une aviation plus respectueuse de l'environnement.
- Le SAF restera plus cher que le kérostone conventionnel, mais c'est une manière de réguler un peu les voyages aériens.

Chapitre 4 : Le développement du train au niveau européen

Une autre manière de décarboner les voyages en avion, c'est de les éviter. Nous allons concentrer ce chapitre sur l'étude du développement du train et son utilisation comme moyen de transport principal pour les voyages en Europe. Malgré la démocratisation de l'avion et la massification de son usage (Chapitre 1), le train a continué à évoluer et le ferroviaire a encore des innovations prévues pour faire face aux besoins auxquels il tend à répondre. L'objectif de ce chapitre est d'étudier quels sont les éléments à mettre en place pour permettre au rail de relever le défi qui est d'assurer le trajet de millions de voyageurs chaque année, en conciliant le défi environnemental actuel avec les moyens financier dont les usagers disposent et qui les poussent aujourd'hui à opter pour l'avion. Nous verrons quelles sont les politiques européennes en matière de développement ferroviaire, et quels sont les projets de développement de celui-ci. Nous nous intéresserons au projet 'Horizon Europe' qui dicte les lignes du financement de la révolution des transports en Europe. Nous essayerons d'estimer si les tendances et les innovations préparent une alternative crédible à l'avion en proposant un substitution pertinente à ce dernier.

Nous explorerons comment le train émerge en tant qu'alternative viable aux voyages aériens, notamment par le biais des trains de nuits, qui refont leur retour en Europe. A la fin du chapitre, une interview du co-fondateur de European Sleepers, une compagnie de trains de nuit opérant en Europe nous permettra d'apporter certaines réponses aux questions soulevées à travers le chapitre. Cette investigation permettra de comprendre les facteurs clés qui contribuent à la croissance du transport ferroviaire pour les déplacements à travers l'Europe.

Politique européenne des transports

Les transports jouent un rôle crucial dans l'économie de l'Union européenne, représentant environ 5 % de son PIB et fournissant des emplois à environ 10 millions de personnes. Au niveau politique, les décisions concernant les transports sont prises à l'échelle européenne, ce qui est essentiel pour garantir les quatre libertés de circulation de l'UE : personnes, marchandises, services et capitaux. (Commission européenne, 2021).

L'évolution du secteur ferroviaire en Europe reflète une prise de conscience croissante des enjeux environnementaux. Avec moins de 0,5 % des émissions de gaz à effet de serre liées au transport, le rail se positionne comme un mode de transport fortement écologique comparé à ses alternatives (avion et voiture). L'Union européenne, consciente de l'impératif de réduire son bilan carbone, a mis en place des mesures majeures dans le domaine des politiques de transport. (B Tobelem, 2023).

Dès les débuts de la Communauté économique européenne en 1957, il était clair pour les fondateurs que l'établissement d'une politique commune des transports était indispensable pour assurer la libre circulation des personnes et des marchandises au sein du marché commun.

Depuis 2016, l'Union européenne a promu une libéralisation du secteur du rail pour le transport de passagers. Cette démarche vise à accroître la compétitivité des entreprises ferroviaires, à améliorer la qualité des services offerts aux voyageurs et à en réduire les coûts.

Objectifs de développement durable

La "stratégie de mobilité durable et intelligente", dévoilée en décembre 2020 par la Commission européenne dans le cadre du Pacte vert, vise à réduire de manière significative les émissions de CO2 à effet de serre provenant des transports européens, avec un objectif ambitieux de 90 % de réduction d'émissions par rapport aux niveaux de 1990. (Commission européenne, 2023).

La politique commune des transports a favorisé la libéralisation de tous les modes de transport, avec une attention particulière portée au transport routier qui a largement bénéficié de cette ouverture. Cependant, cette expansion du transport routier a exacerbé les disparités avec d'autres modes de transport, notamment le ferroviaire.

La refonte du paquet (ensemble de mesures) ferroviaire en 2016, était composé de deux piliers : qui se fondait sur la technique, d'une part, et relatifs au marché, de l'autre. Celle-ci

visait à améliorer la compétitivité en réduisant les coûts administratifs et à compléter le processus d'ouverture du marché du rail.

Cette démarche s'inscrit dans une stratégie plus vaste, alignée sur le réseau transeuropéen du transport, afin de renforcer les investissements dans les infrastructures et de répondre aux objectifs du Pacte vert européen.

La Commission européenne s'engage désormais à assurer la transition écologique du secteur des transports. Cette ambition a été clairement énoncée dès 2011 dans la feuille de route "Transports 2050, vers un espace européen unique des transports", un plan conçu pour promouvoir la mobilité tout en réduisant les émissions de carbone. (Commission européenne, 2011).

Dans le cadre de cette transition, une extension du marché du carbone au transport routier a été approuvée par les États membres et les députés européens. Ce mécanisme permet aux entreprises d'échanger des quotas de pollution, les incitant ainsi à réduire leurs émissions. De plus, la suppression progressive des quotas gratuits attribués au secteur de l'aviation a été décidée, marquant ainsi une avancée significative vers une réglementation plus stricte en matière d'émissions de carbone dans le secteur aérien, et donc une incitation par les prix pour les usagers à se tourner d'avantage vers le train.

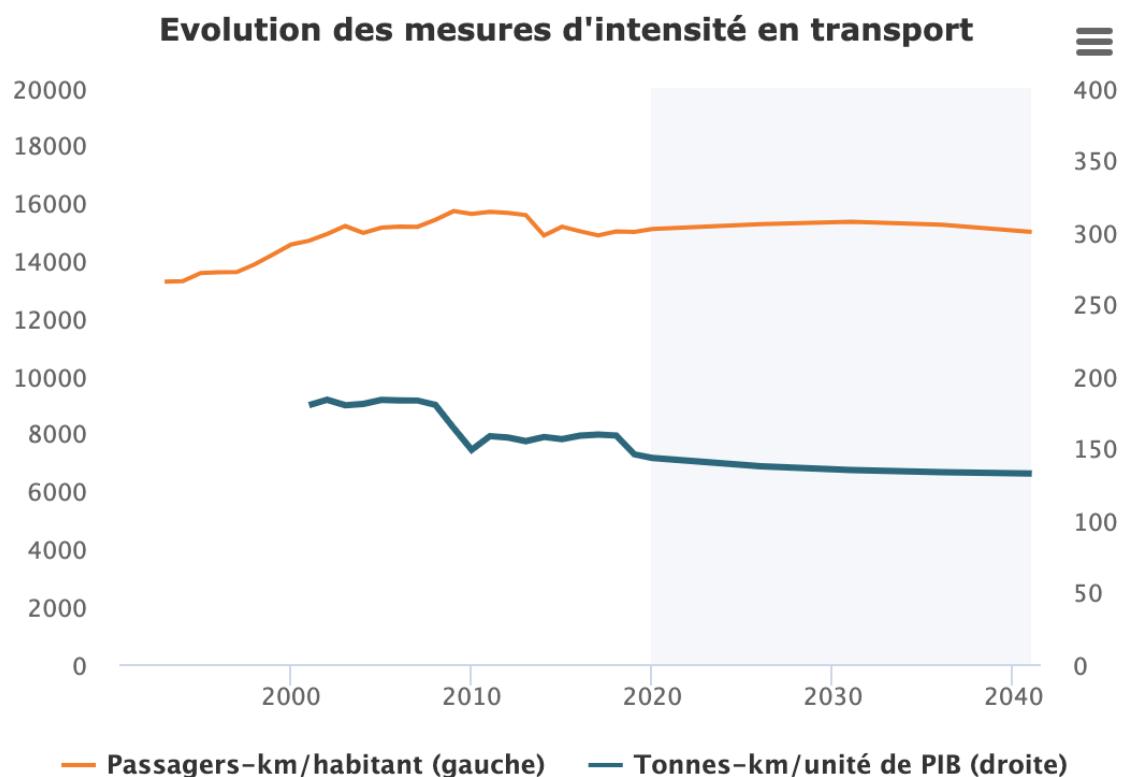
Le RTE-T

Le rail émerge ainsi comme un atout essentiel pour la réalisation des objectifs de neutralité carbone. La Commission européenne place ses espoirs dans le développement du train pour transformer le secteur des transports. L'objectif commun est de sensibiliser les citoyens et les décideurs publics à la nécessité de moderniser le réseau ferroviaire européen. Cette modernisation vise à renforcer la mobilité ferroviaire intra-européenne tout en consolidant le caractère écologique de ce mode de transport. (Vieilledent, 2022).

En Belgique, le secteur ferroviaire a subi une réforme majeure après l'adoption de la loi du 21 mars 1991 sur les entreprises publiques autonomes, accordant à la SNCB une autonomie de

gestion. (Daubresse, Hoornaert, Laine. 2019). Cette loi a défini les missions principales de la SNCB, comprenant le transport intérieur de voyageurs par le biais de trains ordinaires, la gestion de l'infrastructure ferroviaire et d'autres services essentiels à la nation. Malgré ses avantages, le transport ferroviaire reste en retrait par rapport au transport routier en Belgique. Le Bureau fédéral du plan prévoit même une légère diminution de la part du train dans le transport de personnes d'ici 2040. Cette tendance s'explique principalement par l'augmentation du télétravail chez les travailleurs et par une augmentation des trajets pour les courses, qui ne s'effectuent pas principalement en train.

Prévisions de l'évolution de la demande de transport en train en Belgique de 2020 à 2040 :



Source: Bureau fédéral du Plan.

Daubresse C. Hoornaert B. Laine B. (2019). Bureau fédéral du Plan (horizon 2040) : <https://www.plan.be/publications/publication-2240-fr-perspectives-de-la-demande-de-transport-en-belgique-a-l-horizon-2040>

Pour inverser cette tendance et favoriser le transfert modal vers le rail, des mesures concrètes sont nécessaires. Le Conseil central de l'économie (2023) recommande notamment d'étendre

la gratuité des déplacements domicile-travail via le système 80/20, où 80 % du prix de l'abonnement est pris en charge par l'employeur et les 20 % restants par l'autorité fédérale. Ce système inciterait les employeurs à encourager l'utilisation du train pour ces déplacements. De plus, l'application d'une politique tarifaire attractive pour les usagers du train est essentielle pour maintenir les usagers actuels et en attirer de nouveaux.

SNCB a également lancé en mars 2023 le déploiement de ses "Flex Abonnements", qui offrent des tarifs avantageux pour les (télé)travailleurs qui se rendent de manière flexible (uniquement quelques jours par semaine) au travail. Ces initiatives représentent une tentative de répondre aux besoins changeants des usagers et de promouvoir une mobilité durable en Belgique. (Roux, 2023)

Au niveau européen, le réseau transeuropéen de transport (RTE-T) est un programme majeur de développement des infrastructures de transport au sein de l'Union européenne. Initié dans les années 1980, ce projet ambitieux vise à faciliter la connexion entre les réseaux routiers, ferroviaires, fluviaux, ainsi que les ports et les aéroports des États membres.

En 1996, le Parlement européen et le Conseil ont adopté les premières orientations définissant la politique du RTE-T, ainsi que les projets d'intérêt commun éligibles et prioritaires. Toutefois, ces orientations ont été profondément remaniées en 2004 pour tenir compte de l'élargissement de l'UE, des changements prévus dans les flux de circulation, ainsi que des retards accumulés dans la réalisation des projets. La liste des projets prioritaires a été étendue à 30, tous devant se conformer à la législation européenne en matière d'environnement. (Debyser & Polluweer, 2023).

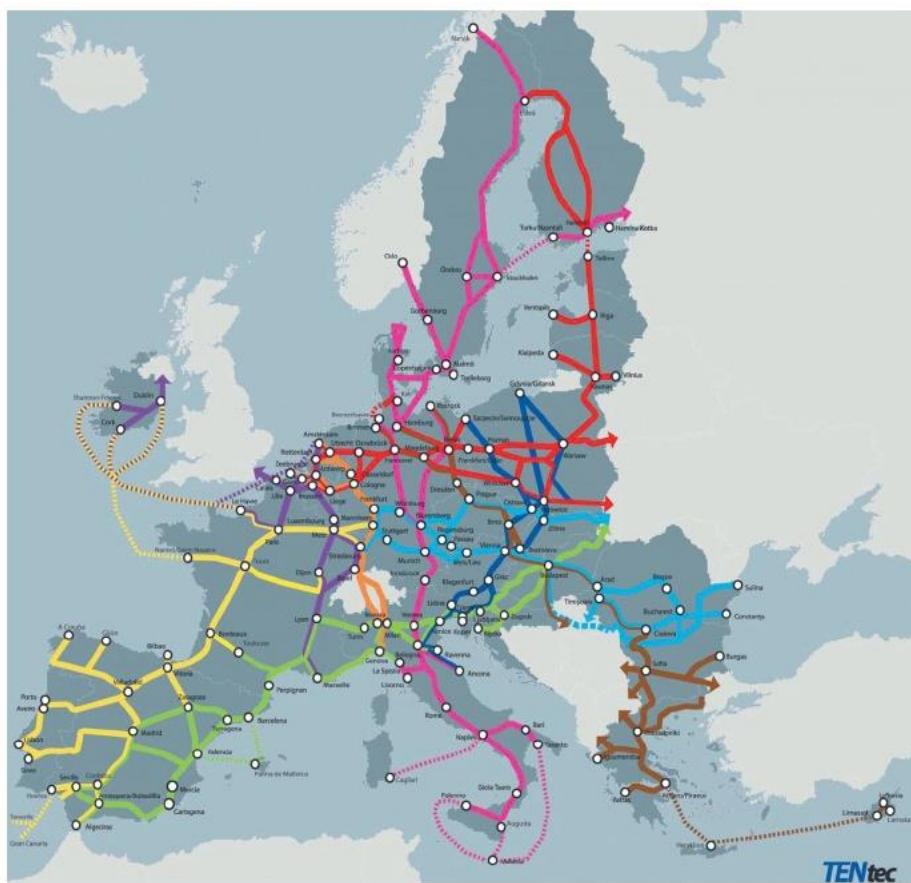
L'adoption du traité de Lisbonne en 2009 a marqué un tournant important, plaçant l'intégralité de la politique des transports sous la procédure législative ordinaire. Les articles 170 et 194 prévoient désormais que le Parlement européen et le Conseil européen codéclinent des orientations stratégiques, identifiant ainsi les "projets d'intérêts communs" et les "projets prioritaires", ainsi que les objectifs, les priorités et les grandes lignes des actions à entreprendre.

Actuellement, le RTE-T comprend deux strates de planification :

- Le réseau central : concernant les connections principales au sein du réseau global, reliant les nœuds les plus importants à l'horizon 2030.
- Le réseau global : couvrant toute l'UE à l'horizon 2050.

D'ici à 2030, de nouvelles orientations ambitieuses visent à établir un réseau central de transport qui servira de colonne vertébrale aux déplacements au sein du marché unique européen. Ce réseau central compte neuf couloirs de transports reliant plusieurs pays. En parallèle, un deuxième niveau de structure, sera mis en place d'ici à 2050 pour assurer les connexions vers toutes les régions de l'UE, complétant ainsi le RTE-T. (Vieilledent, 2022).

Plan de développement des couloirs du réseau central du RTE-T pour 2050



European Commission. (2024). Mobility and Transport - Trans-European Network for Transport (TEN-T) : https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_en

Au cœur de ce système se trouve le système européen de gestion du trafic ferroviaire européen (ERTMS), une avancée technologique majeure. Le dispositif, qui comprend le système de contrôle européen des trains (ETCS) et le système de communication mobile (GSM-R), permettra une gestion unifiée du trafic ferroviaire à travers toute l'Europe. Avec l'objectif de remplacer les 20 systèmes différents actuellement en place dans l'UE, l'ERTMS représente une avancée significative vers une interopérabilité totale des réseaux ferroviaires européens.

Financements

Le financement de ces projets ferroviaires repose sur une combinaison de ressources provenant des budgets nationaux et de contributions de l'Union européenne (UE) à travers divers fonds. Bien que les budgets nationaux jouent un rôle crucial dans les investissements ferroviaires, l'UE complète ces financements par le biais de différents mécanismes financiers. Ces mécanismes comprennent souvent des instruments financiers tels que des prêts et des garanties de prêts, qui ont un effet multiplicateur sur les investissements. Selon les prévisions de la Commission européenne, chaque euro investi au niveau européen génère cinq euros de financement public national et 20 euros du secteur privé. (Tobelem, 2023).

Le programme « Horizon Europe » constitue l'une des principales sources de financement pour la recherche et l'innovation dans le domaine des transports, y compris les technologies novatrices et respectueuses de l'environnement pour le secteur ferroviaire. Doté d'un budget de 95,5 milliards d'euros pour la période 2021-2027, ce programme est structuré autour de quatre axes principaux : l'excellence scientifique, la compétitivité industrielle européenne, l'innovation européenne et le renforcement de l'espace européen de la recherche. (Commission européenne, 2021).

Le futur de la mobilité européenne par le rail

Le train, souvent rappelé comme étant le "moyen de transport le plus écologique" par Christophe Fanichet, PDG de SNCF Voyageurs, se trouve désormais au cœur d'une nouvelle

vague de motivation. Malgré des efforts de communication moins marqués que dans d'autres secteurs, tels que l'automobile ou l'aérien, le potentiel du train en termes de durabilité est selon lui incontestable. Pourtant, pour atteindre pleinement son potentiel, un changement de cap s'avère nécessaire. (Tobelem, 2021). À cet égard, les propositions issues des 'Connecting Europe Days' offrent un aperçu prometteur de l'avenir du train : Favoriser son utilisation pour les trajets courts, encourager les voyages de nuit pour les longues distances, et renforcer l'intermodalité avec d'autres modes de transport doux, comme les vélos et les trottinettes, sont autant de mesures envisagées. De plus, l'introduction de nouveaux carburants, tels que l'hydrogène, et l'installation de points d'eau dans les gares pour remplir les gourdes témoignent d'une volonté croissante d'innovation et de durabilité. La généralisation de dispositifs tels que le 'Pass Interrail' pour stimuler la mobilité des jeunes à travers l'Europe et l'amélioration de l'accessibilité aux gares renforcent cette vision d'un réseau ferroviaire modernisé et résolument tourné vers l'avenir.

En résumé, améliorer l'expérience de l'utilisation des trains pour en favoriser l'utilisation.

C'est dans ce sens que la commissaire aux transports, Adina Valean, a déclaré (Commission européenne, 2023) : « *Avec une demande de mobilité verte en nette augmentation, le marché ferroviaire doit très rapidement être en mesure de proposer une meilleure offre, en particulier pour les longs voyages et les voyages transfrontaliers. C'est la raison pour laquelle la Commission européenne souhaite aujourd'hui aider les entreprises ferroviaires à créer de nouvelles liaisons internationales, de jour comme de nuit, en éliminant les nombreux obstacles au transport ferroviaire transfrontalier.*

La déclaration de la Commissaire, sur l'augmentation de demande de mobilité verte m'a été confirmé par Elmer van Buuren, co-fondateur de la compagnie de trains de nuit 'European Sleeper'. Il m'a en effet annoncé que entre 2019 et 2023, la demande pour les trains a connu une augmentation de 30%. (voir Annexe 3).

Dans cette optique, la Commission a annoncé avoir sélectionné une dizaine de projets pilote européens. Ces projets ont été adoptés en 2023 sur base de propositions par le secteur ferroviaire en réponse au 'Plan d'action' de la Commission qui date de décembre 2021. Selon

Adina Valean, il est crucial à présent d'aller au bout de ces projets et d'en encourager d'avantages.

Les 10 projets de développement ferroviaires adoptés en réponse au 'plan d'action' de la Commission :



Directorate-General for Mobility and Transport. (2023). European Commission – Mobility and Transport. "Connecting Europe by train: 10 EU pilot services to boost cross-border rail" :

https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/connecting-europe-train-10-eu-pilot-services-boost-cross-border-rail-2023-01-31_en

Le secteur ferroviaire européen fait donc face à une période cruciale pour, à la fois, atteindre les objectifs environnementaux ambitieux de l'Union européenne, mais aussi proposer des solutions de remplacement pour les modes de transports carbonés qui vont devoir être progressivement abandonnés. Malgré les progrès réalisés, des efforts supplémentaires, par exemple grâce à un soutien politique, sont nécessaires pour positionner le rail comme le pilier central d'une mobilité durable et résiliente au sein de l'Union européenne.

Mieux gérer et coordonner le trafic ferroviaire européen.

De nouvelles mesures sont mises en place pour améliorer la gestion et la coordination du trafic ferroviaire européen. Pour assurer la sécurité de toutes les parties sur les voies partagées, une planification et une coordination précises des opérations sont nécessaires. Ainsi, la Commission propose de remplacer le cadre actuel de l'UE par un cadre plus flexible et efficace, permettant aux gestionnaires de mieux répondre aux besoins des usagers du rail. Cela inclut des horaires stables et la possibilité de réserver des billets plus tôt pour les voyageurs, ainsi que des mouvements de trains flexibles adaptés aux besoins des expéditeurs de fret. (Présidence belge Conseil de l'Union européenne, 2024) Ces mesures offriront plusieurs avantages aux passagers, notamment des services supplémentaires grâce à une meilleure utilisation de la capacité du réseau. De plus, l'entrée de nouveaux concurrents sur le marché sera facilitée, notamment pour les liaisons transfrontalières et par des trains de nuit, offrant ainsi aux voyageurs européens des temps de trajet, des fréquences de liaisons et des correspondances plus attrayants. En outre, les voyageurs auront la possibilité d'acheter des billets plus tôt, car une plus grande stabilité de la capacité du réseau permettra aux opérateurs de services ferroviaires d'ouvrir la vente de billets plus tôt qu'auparavant.

L'avenir du train

D'ici 2030, le trafic ferroviaire à grande vitesse connaîtra une augmentation significative à travers l'Europe, tandis qu'à l'horizon 2050, un réseau de transport transeuropéen (RTE-T) entièrement opérationnel et multimodal sera en place, favorisant un transport durable et intelligent avec une connectivité à grande vitesse. Pour atteindre ces objectifs ambitieux, la Commission européenne (2023) s'engage à renforcer la résilience financière, en mettant l'accent sur le renforcement du marché unique. Cela implique notamment une intensification des efforts et des investissements pour achever le réseau de transport transeuropéen (RTE-T) d'ici 2030, ainsi qu'un soutien accru au secteur pour moderniser les flottes dans tous les modes de transport, grâce à des investissements à la fois publics et privés.

Dans le cadre du pacte vert pour l'Europe et de l'objectif de neutralité carbone d'ici 2050, les transports devront subir une transformation majeure pour devenir 'Net zéro' émissions. Actuellement responsables de 27% des émissions de CO₂, le secteur des transports doit réduire son impact environnemental. Les trains sont considérés comme une solution précieuse dans la réalisation de cet objectif.

L'émergence de liaisons alternatives encourage de plus en plus de personnes à choisir le train plutôt que l'avion, en particulier pour les trajets longs (<500km) et transfrontaliers. Un exemple probant est le lien ferroviaire à grande vitesse entre Madrid et Barcelone, où le train transporte désormais, en deux heures trente pour un trajet de 626 km, environ les deux tiers de tous les passagers entre les deux villes. Adina Valean, (rappel : Commissaire européenne aux Transports), souligne l'importance de répondre efficacement à la demande croissante pour une mobilité verte en aidant les compagnies ferroviaires à développer de nouvelles liaisons internationales de trains, tant de jour que de nuit. (Commission européenne, 2023). La question se pose à présent de savoir : 'Comment ?'. Et nous verrons plus loin que Elmer van Buuren y apporte une réponse.

Interrail

A la fin de 2021, se clôturait l'Année européenne du rail, et Catherine Vieilledent expert en questions européennes, explorait l'évolution de la politique ferroviaire européenne au cours des dernières décennies. Sa publication dans 'Futuribles' (2022), met en lumière les avantages des transports ferroviaires intra-européens, et insiste sur la nécessité de rééquilibrer les modes de transport pour encourager le transfert modal.

Dans ce cadre, le train émerge comme une solution prometteuse. Face, par exemple, à la proposition d'interdiction des voitures à moteur thermique neuf à partir de 2035, bien que cette date puisse éventuellement être sujette à des ajustements.

Une première étape cruciale se trouve dans la place accordée au train pour les trajets de courte distance, encourageant ainsi une alternative écologique aux déplacements en voiture.

De plus, la promotion des trains de nuit pour des plus longues distances s'inscrit dans une vision de mobilité durable en substituant l'avion.

Cette orientation écologique est renforcée par la généralisation de dispositifs tels que le 'Pass Interrail', qui vise à stimuler la mobilité des jeunes à travers l'ensemble du continent européen. (Kettle, 2023).

Cette option n'est pas neuve car le Pass Interrail a été créé en 1972, lors de l'année des 50 ans de l'Union Internationale des Chemins de Fer. Elle offre la possibilité d'explorer l'ensemble de l'Europe sans avoir à prendre l'avion, privilégiant plutôt des trajets plus authentiques en train à travers différents pays.

Le Pass permet aujourd'hui d'explorer librement plus de 40 000 destinations réparties dans 33 pays, offre une flexibilité horaire accrue par rapport aux vols réguliers. Ce Pass donne accès à 40 compagnies ferroviaires et de ferry, offrant une expérience relaxante avec des vues panoramiques variées, en longeant les côtes ou en traversant les massifs montagneux. Étant ouvert à tous les résidents de pays européens, l'Interrail propose également des réductions pour les seniors, et des options de réservation de sièges. (Kettle & Emilia, 2023).

Avec des tarifs débutant à 194 € pour quatre jours jusqu'à 711 € pour trois mois en 2e classe, cette alternative présente une option économique et durable pour les personnes souhaitant voyager au sein de l'Union européenne.

Le retour des trains de nuit

L'histoire du train de nuit est étroitement liée à celle du développement du réseau ferroviaire. À ses débuts, la vitesse limitée des trains imposait des voyages étalés sur la journée, incluant souvent une partie de la nuit. Ces trains de nuit étaient alors peu différenciés des trains diurnes, avec des arrêts fréquents même en pleine nuit et un matériel peu adapté au repos. Ce n'est qu'à la fin du XIXe siècle que les voitures-couchettes firent leur apparition, suivies plus tard par les voitures lits, destinées à une clientèle plus aisée. (Thomas, 2021).

Dans les années 1950, le service auto-couchette fut inauguré, permettant le transport simultané de voitures et l'apparition des trains neiges, reliant directement les grandes gares aux stations de ski.

Les années 1960 marquent l'apogée du train de nuit, mais ce mode de transport fut progressivement éclipsé par le développement des trains à grande vitesse. Avec l'émergence du TGV, la pertinence des trains de nuit fut remise en question, notamment en raison de leur déficit financier et du déclin de la clientèle.

En Europe, la suppression des trains de nuit a été justifiée par les mêmes arguments qu'en France, avec des décisions similaires prises par exemple en Allemagne en 2016 pour des raisons de rentabilité et de fréquentation.

Pourtant, dans son discours sur le marché ferroviaire, A. Valean aborde le besoin d'une augmentation de l'offre pour les longs voyages et les voyages transfrontaliers, qui se traduit par la création de nouvelles liaisons internationales, de jour comme de nuit.

Et justement, le train de nuit connaît actuellement un regain d'intérêt, poussé par la recherche d'alternatives à l'avion et la prise de conscience de son faible impact sur le climat. Selon l'Agence européenne de l'environnement (2023), le train produit significativement moins de CO₂ par voyageur et par kilomètre que la voiture ou l'avion.

D'ailleurs, le lundi 11 décembre 2023, une nouvelle liaison ferroviaire de nuit a été inaugurée entre la capitale allemande, Berlin, et Bruxelles, marquant ainsi une augmentation significative du nombre de trains de nuit entre ces deux grandes villes européennes.

Bien que l'European Sleeper proposait déjà cette option, le nouveau service connecte désormais Berlin non seulement à Bruxelles mais aussi à Paris. (Walker, 2023)

Cette initiative est le fruit de la collaboration entre la compagnie ferroviaire autrichienne ÖBB, déjà connue pour sa liaison en train de nuit entre Bruxelles et Vienne en Autriche, et la Deutsche Bahn (DB), la société ferroviaire allemande.

Dans un premier temps, les trains circuleront trois fois par semaine, avec une augmentation prévue de la fréquence quotidienne à partir de l'automne 2024.

ÖBB a souligné que ces nouvelles liaisons entre Berlin, Paris et Bruxelles témoignent de la confiance de la DB et de l'ÖBB dans le potentiel des trains de nuit. La compagnie autrichienne a également exprimé son intention d'étendre davantage son offre, soulignant ainsi son engagement envers le développement et la promotion des services ferroviaires nocturnes en Europe. (Martin, 2023)

Ainsi, le train de nuit est devenu un maillon essentiel dans la décarbonation des transports, offrant une solution pratique et écologique. Son retour, s'il est soutenu par des investissements adéquats, pourrait constituer une alternative compétitive à l'avion, contribuant ainsi à la transition écologique des voyages européens.

Confrontation au terrain :

Pendant mon interview avec Elmer van Buuren, Co-fondateur de la compagnie de trains de nuit 'European Sleeper', j'ai abordé plusieurs aspects concernant l'avenir des trains de nuit en Europe en tant qu'alternative durable aux voyages en avion.

Un premier point qu'il a souligné, est que les trains de nuit sont encore utilisés dans certains pays européens et sont encore une partie importante du réseau ferré dans certaines régions. C'est le cas notamment en Italie, en Roumanie, en Pologne, en République tchèque et en Slovaquie. Le point commun entre ces régions est que les infrastructures contraignent les trains à circuler lentement et dans ces endroits, les lignes à grande vitesse ne sont pas fortement développées.

Selon E. van Buuren, une des principales difficultés à la revitalisation des trains de nuit en Europe réside dans le besoin de services de qualité, ce qui nécessite une concurrence équitable avec les avions. Il explique que pour faire augmenter la demande de trains et de trains de nuit, il faut améliorer la qualité des services proposés aux usagers. Cette amélioration des services viendra naturellement selon lui si le marché connaît une plus forte concurrence. Cependant, il dit aussi qu'une concurrence n'est possible que si les conditions de concurrences équitables sont mises en place face à l'avion.

Il déclare par exemple, qu'il est nécessaire de revoir la tarification des billets d'avion. En incorporant les coûts environnementaux de la pollution, les billets d'avions ne seraient pas aussi bon marché, ce qui équilibrerait davantage la concurrence.

Il ne pense pas que tous les avions seront remplacés mais juge que les trains de nuit pourraient devenir une alternative aux avions dans les bonnes conditions. Avec une planification intelligente, dans certains cas, les trains de nuit sont bien plus pratiques que les trains de jour ou les avions. Si l'on prend l'exemple d'un voyage de Bruxelles à Berlin où quelqu'un doit arriver à Berlin le matin pour une réunion de travail, les premiers trains de jour n'arriveront pas à Berlin avant 10h ou 11h, et pour y arriver en avion, il faut se lever avant 4h pour être à l'heure à l'aéroport. Un train de nuit permet, à l'inverse, d'arriver à 7h du matin, en ayant passé une nuit complète de sommeil.

Pour la tarification, outre les éléments déjà vu précédemment, (l'absence de taxe sur le kérósène et de TVA sur les vols internationaux, les billets de train incluent la TVA sur l'énergie utilisée et doivent payer un péage au kilomètre pour l'utilisation de l'infrastructure ferroviaire) les avions et les trains paient tous deux des frais d'accès, mais les avions ne paient qu'une infime partie de leur distance parcourue, car ils ne paient que pour la distance de la piste, tandis que les trains paient pour chaque kilomètre parcouru.

Pour les trains, et surtout les trains de nuit, les heures de travail sont très longues, ce qui entraîne des coûts de main-d'œuvre plus élevés. En revanche, il est possible de transporter cinq fois plus de passagers dans un train que dans un avion. Ce qui permet, dans une certaine mesure, de diviser ce coût.

D'autres éléments sont à prendre en compte, comme le coût de l'énergie, et pas seulement la TVA sur celui-ci, le coût de l'entretien,... Mais l'élément principal ayant un impact sur le prix du billet est le péage en €/passager/kilomètre.

Malgré une augmentation de 30% entre 2019 et 2023 pour la mobilité verte, des mesures sont nécessaires pour encourager les investissements privés dans les infrastructures ferroviaires. « Nous avons besoin de services de meilleure qualité, et cela passe par la concurrence, qui nécessite une meilleure équité avec les avions. »

Pour E. van Buuren, c'est un choix politique. Les autorités devraient cesser de ne pas taxer le kérèsène.

La situation face à la problématique du développement ferroviaire est simple : il faut investir davantage pour augmenter l'offre. L'augmentation de l'offre nécessite plus de services et de qualité, et cela passe par une augmentation de la concurrence. Pour permettre l'arrivée de cette concurrence, il faut aider de nouveaux entrants sur le marché. En baissant le coût du péage au kilomètre parcouru. Cela demande également des investisseurs. Et le paradoxe avec les investisseurs, c'est que si le risque est trop élevé, ils n'investissent pas, et s'il est trop faible, ils n'investissent pas non plus car le retour sur investissement est trop faible. Par conséquent, les autorités doivent être très prudentes avec les mesures qu'elles mettent en place. Les institutions bancaires sont selon lui très conservatrices et donc réticentes à investir dans les systèmes ferroviaires.

Lorsque A. Valean souligne l'importance de répondre efficacement à la demande croissante pour une mobilité verte en aidant les compagnies ferroviaires à développer de nouvelles liaisons internationales de trains, tant de jour que de nuit, E. van Buuren trouve que ses propos sont fort sympathiques, mais dans la réalité, elle n'apporte pas beaucoup de soutien.

Au niveau européen, il y a des tensions entre la Commission européenne et les États membres. Ils sont divisés en ce qui concerne les besoins actuels en infrastructures, et ce sont les États membres qui sont à l'initiative. Ce qui signifie que si les États membres freinent sur ces questions, nous ne devrions pas être surpris que les développements soient ralentis.

Dans l'ensemble, l'interview de Elmer van Buuren met en évidence la nécessité d'une action politique concertée pour, ramener le prix de l'avion à un niveau qui permet une concurrence équitable avec le train, en y incorporant le coût environnemental.

Il faut aussi soutenir les investissements dans le réseau et faciliter l'entrée de nouveaux acteurs pour augmenter la compétition du rail. Ce qui amènera à plus d'offres de services qualitatifs et ainsi une augmentation de la demande et de l'usage.

De cette manière il sera possible de promouvoir les trains de nuit en Europe comme une alternative durable et efficace aux voyages en avion, afin de réduire les émissions de carbone et de favoriser une mobilité plus respectueuse de l'environnement.

Exemple concret de remplacement

L'inauguration du nouveau « Terminal Air&Rail » par Air France et KLM à la gare de Bruxelles-Midi illustre la transition vers des modes de transport plus durables et efficaces. (Moraes, 2024).

Ce terminal offre aux passagers la possibilité de combiner des trajets en train et en avion dans une même réservation, facilitant ainsi les déplacements intermodaux. En optant pour le train plutôt que l'avion pour les trajets courts en Europe, les voyageurs peuvent réduire leur empreinte carbone et contribuer à la protection de l'environnement. De plus, cette approche offre une plus grande flexibilité aux passagers en cas de retard, avec un siège garanti sur le prochain vol ou train disponible. En offrant des services de première classe à bord du TGV INOUI et des transferts pratiques depuis les gares jusqu'aux aéroports, cette solution présente des avantages tangibles en termes de commodité et d'efficacité pour les voyageurs soucieux de réduire leur impact environnemental.

Conclusion intermédiaire chapitre 4 :

- Le développement de la grande vitesse ferroviaire et l'émergence de l'avion ont progressivement diminué l'attrait du train de nuit, entraînant son déclin après son âge d'or dans les années 1960.
- Malgré les efforts de l'Union européenne pour promouvoir le train, des défis persistent, notamment en ce qui concerne la demande de transport ferroviaire et les politiques tarifaires.
- Le financement des projets ferroviaires repose sur une combinaison de ressources nationales et européennes, avec des mécanismes financiers innovants pour soutenir les investissements dans le secteur.
- M. Fanichet, PDG de SNCF Voyageurs, souligne le potentiel du train en tant que moyen de transport écologique, malgré un marketing moins agressif que d'autres secteurs comme l'automobile ou l'aérien.
- Les propositions des 'Connecting Europe Days' mettent en lumière des mesures pour favoriser l'utilisation du train, notamment pour les trajets courts, les voyages de nuit et l'intermodalité avec d'autres modes de transport doux.
- Malgré les progrès réalisés, des efforts supplémentaires, notamment un soutien politique, sont nécessaires pour faire du train le pilier central d'une mobilité durable au sein de l'Union européenne.
- De nouvelles mesures visent à améliorer la gestion et la coordination du trafic ferroviaire européen, offrant des avantages tels que des horaires stables et la possibilité de réserver des billets plus tôt pour les voyageurs.

- Le train de nuit connaît un regain d'intérêt, poussé par la recherche d'alternatives à l'avion et la conscience de son faible impact climatique, avec des initiatives telles que de nouvelles liaisons internationales entre Berlin, Paris et Bruxelles.
- Le 'Pass Interrail' offre une alternative économique et durable pour les voyageurs souhaitant explorer l'Europe sans prendre l'avion, avec des tarifs abordables et une flexibilité accrue.
- L'inauguration du nouveau 'Terminal Air&Rail' par Air France et KLM à la gare de Bruxelles-Midi illustre la transition vers des modes de transport plus durables et efficaces, offrant aux passagers la possibilité de combiner des trajets en train et en avion dans une même réservation.
- Une action politique coordonnée est nécessaire pour ramener le prix des billets d'avion à un niveau concurrentiel avec celui des billets de train.
- Il est également crucial de soutenir les investissements dans le réseau ferroviaire et de faciliter l'entrée de nouveaux acteurs pour stimuler la concurrence. Cela entraînera une offre de services de meilleure qualité et une augmentation de la demande et de l'utilisation des trains.

Chapitre 5 : Recommandations opérationnelles

Après avoir déterminé le niveau de l'usage des différents modes de transport pour voyager en Europe, nous avons aussi déterminé l'impact environnemental que celui-ci implique. Après avoir scruté les diverses perspectives liées à la décarbonation de l'aviation par le biais de mesures et de technologies, et analysé les efforts déployés par les gouvernements et l'Union européenne pour promouvoir le transport ferroviaire, nous sommes à présent en mesure de formuler des recommandations opérationnelles pour orienter les voyages en Europe vers une transition écologique, en proposant aux usagers des moyens de voyager en conciliant défi climatique et moyens financiers disponibles.

Les recommandations ont comme objectif principal de renverser la tendance actuelle en réduisant drastiquement le recours aux liaisons aériennes, en ne conservant que celles jugées indispensables, et en faisant passer ces liaisons à une utilisation des carburants durables comme le SAF (Sustainable Aviation Fuel). Parallèlement, ces recommandations s'efforcent de propulser le train vers le devant de la scène en le rendant non seulement plus pratique, mais aussi plus rapide et plus abordable. En somme, il s'agit de créer un environnement propice au développement d'un réseau ferroviaire complet, efficace et compétitif, capable de répondre aux besoins de la mobilité en Europe tout en réduisant son empreinte carbone, pour répondre aux exigences que demande la réalisation des objectifs de durabilité de l'UE.

Baisser l'usage de l'avion

La première mesure consiste à réguler l'usage de l'avion par les prix, en mettant fin aux faveurs fiscales accordées à l'aviation commerciale. Actuellement, l'industrie aérienne bénéficie de plusieurs avantages fiscaux, tels que l'exonération de taxes sur le kérosène et la TVA réduite voire nulle sur les billets d'avion. Cette situation avantageuse a contribué à favoriser l'essor du transport aérien au détriment d'autres modes de transport plus respectueux de l'environnement, comme le train. (Chicheportiche, 2023).

En mettant fin à ces faveurs fiscales, on introduit une taxation plus juste et équitable de l'aviation, qui reflète mieux son impact environnemental. Taxer le kérosène, permettrait de prendre en compte les émissions de CO2 émis par les avions, contribuant ainsi à internaliser les coûts environnementaux associés aux voyages aériens.

De même, l'application de la TVA standard sur les billets d'avion alignerait le traitement fiscal de l'aviation sur celui des autres secteurs, éliminant ainsi un avantage concurrentiel, à la fois injuste pour le voyageur et pour l'environnement.

Ces mesures fiscales contraindraient les compagnies aériennes à augmenter leurs prix, et encourageraient les voyageurs à considérer d'autres options de transport, telles que le train, qui bénéficierait alors d'une concurrence plus équitable. De plus, les recettes fiscales ainsi générées pourraient être réinvesties dans le développement des infrastructures ferroviaires et d'autres initiatives visant à promouvoir la mobilité durable.

La seconde mesure consiste à imposer de plus hauts taux d'utilisation du SAF (Sustainable Aviation Fuel), tout en soutenant et accompagnant sa production. En augmentant les exigences en matière d'utilisation du SAF, les compagnies aériennes seraient contraintes d'incorporer une plus grande proportion de ce carburant durable dans leur carburant traditionnel. Cela stimulerait la demande de SAF, encourageant ainsi sa production à plus grande échelle.

Cependant, pour soutenir cette transition et être capable d'augmenter l'utilisation de SAF par les compagnies aériennes, il doit être disponible. Des mesures de soutien financier et technique doivent être mises en place pour accompagner les producteurs de SAF. Cela pourrait inclure des subventions, des incitations fiscales et des investissements dans la recherche et le développement de technologies de production de SAF plus efficaces et rentables. (Sentner, 2023).

En augmentant la disponibilité du SAF et en réduisant le coût de fabrication, cette mesure rendrait le carburant durable plus attractif pour les compagnies aériennes, les incitant à

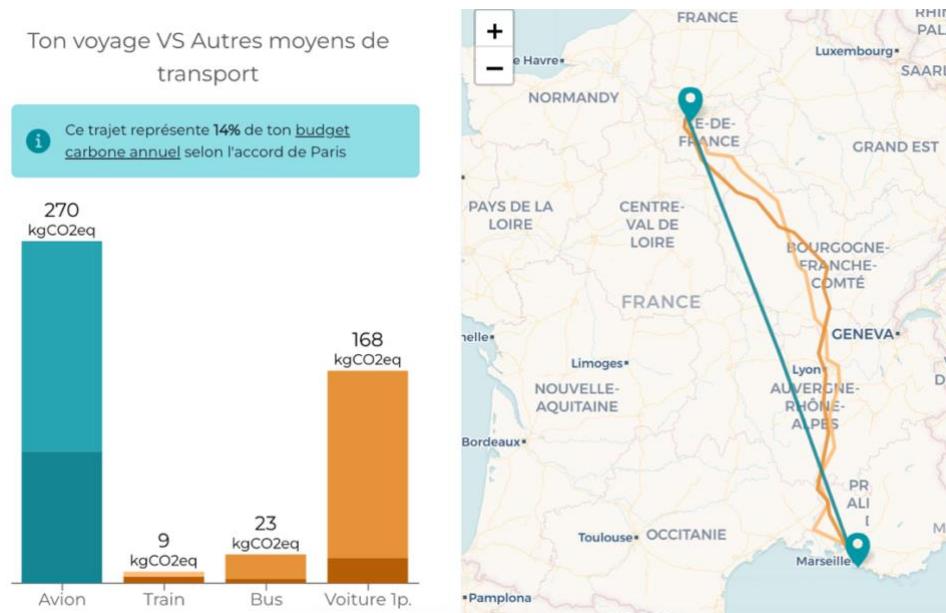
l'adopter davantage dans leurs opérations. Cette transition vers les carburants durables contribuerait ainsi de manière significative à la réduction des émissions de l'aviation.

La troisième mesure consiste à développer la directive européenne, qui est d'interdire les vols intérieurs courts pour lesquelles il existe une liaison en train de moins de 2h30, et de la pousser à des niveaux plus radicaux, pour être plus aligné avec les objectifs de durabilité de l'UE. (Jacquet, 2023).

- Le premier point, propose d'interdire les vols intérieurs, et ce sans conditions d'exceptions, avec pour objectif de remplacer toutes les liaisons aériennes à l'intérieur d'un même pays par des liaisons ferroviaires.

En interdisant tous les vols intérieurs sans exceptions, les gouvernements nationaux enverraient un signal concret quant à leur engagement envers les accords qu'ils ont signé lors de la COP21 concernant la réduction de leurs émissions de CO2. Cette mesure inciterait les voyageurs à opter pour le train plutôt que l'avion pour leurs déplacements nationaux, contribuant ainsi à la décarbonation du système de transport, à la fois de l'UE et de leur pays.

Comparaison d'émissions en équivalent CO2 pour un trajet entre Paris et Marseille en avion, en train, en bus et en voiture :



<https://lowtrip.fr/>

Pour un voyage entre Paris et Marseille par exemple, on voit que même seul dans une voiture thermique, les émissions de CO2 sont divisés par deux par rapport au même trajet en avion. Mais on voit surtout que en train, le trajet émet 30 fois moins de CO2 qu'en avion, pour 2h de trajet et plus.

Bien sûr, ce point suppose qu'au niveau national, il n'est pas difficile d'assurer la liaison entre 2 villes en train. Villes qui doivent être suffisamment importantes pour être desservies en avion.

- Le deuxième point, consiste à interdire aux compagnies aériennes de proposer des liaisons en avion, même internationales, pour lesquelles il existe une liaison directe en train. Cette initiative vise à encourager l'utilisation du train pour les trajets où il est une alternative pratique à l'avion, en partant du principe qu'un voyage en train sans correspondances est suffisamment confortable pour contrebalancer le temps supplémentaire du trajet.

En interdisant les compagnies aériennes de proposer des vols lorsque des liaisons ferroviaires directes sont disponibles, les membres de l'UE pourraient contraindre une transition vers des modes de transport plus respectueux de l'environnement.

- Le dernier point propose d'interdire les liaisons, qu'elles soient intérieures à un pays ou internationales, pour lesquelles il existe une liaison en train de moins de 5 heures. Cette initiative vise à promouvoir l'utilisation du train pour les trajets où il constitue une alternative pratique et écologique à l'avion.

Cette mesure ne fait que pousser la directive actuelle votée par la Commission, et elle doit s'accompagner d'un cadre plus cohérent, pour ne plus laisser de moyens de déroger à la règle, comme c'est le cas aujourd'hui (distances calculées depuis l'aéroport et pas depuis le centre-ville, voyage de transition, etc..)

En limitant l'offre de vols pour les trajets courts où le train est une alternative viable, cette mesure contribuerait à réduire les émissions de carbone du secteur de l'aviation et à promouvoir une mobilité plus durable. Elle favoriserait également une utilisation plus efficace des ressources en interdisant les liaisons aériennes qui sont des aberrations écologiques et encourageant les voyageurs à opter pour des modes de transport plus durables et respectueux de l'environnement.

Néanmoins, pour accompagner cette transition, les gouvernements doivent investir dans l'amélioration des infrastructures ferroviaires, pour augmenter la capacité et la fréquence des trains pour répondre à la demande qui se verrait croître en conséquence des restrictions sur les vols. Il est évident, pour être cohérent avec les interdictions de liaisons aériennes, qu'avant de les acter, il faut parallèlement mettre en place leurs alternatives.

Encourager l'usage du train

La première mesure consiste à étendre et à renforcer le réseau de transport européen conformément au programme RTE-T (Réseau transeuropéen de transport), qui comprend le réseau central et le réseau global.

Pour concrétiser cette initiative, les pays membres de l'Union européenne devraient investir dans l'amélioration des infrastructures de transport multimodaux,, notamment les voies ferrées, les autoroutes et les voies navigables, afin de créer un réseau de transport plus efficace et interconnecté à travers l'Europe.

Le réseau central du RTE-T vise à relier les principales régions de l'UE. Il s'agit de moderniser les axes de transport existants et de créer de nouvelles liaisons là où cela est nécessaire pour garantir une connectivité optimale. (Vieilledent, 2022).

Quant au réseau global, il englobe des liaisons de transport transfrontalières et régionales qui complètent le réseau central en assurant une connectivité plus large et en permettant un accès aux régions plus éloignées et moins peuplées.

En développant le réseau européen selon les programmes RTE-T, l'objectif est de favoriser une mobilité plus fluide et plus durable à travers l'Europe, tout en contribuant à la réduction des émissions de carbone en encourageant l'utilisation du transport en commun et du train en particulier, pour les trajets intra-européens.

La deuxième mesure est d'ordre financière, et propose d'utiliser les revenus provenant de l'aviation pour réduire le coût du train, en vue de promouvoir la justice climatique. Concrètement, les fonds perdus en raison des avantages fiscaux accordés à l'aviation seraient récupérés et réinvestis dans le développement du réseau ferroviaire.

En redistribuant les ressources financières de manière à réduire les tarifs ferroviaires, cette initiative vise à rendre le train plus attractif et plus compétitif par rapport à l'avion sur les trajets où les deux options sont disponibles.

Si, d'une part, les avantages fiscaux octroyés à l'aviation sont stoppés, en supprimant l'exonération fiscale sur le kérosène conventionnel, en intégrant le coût supérieur du SAF, et en appliquant une TVA normale sur les vols, et que d'autre part cet argent sert à développer et à soutenir par les prix le ferroviaire, cela contribuerait à inciter les voyageurs à opter pour le train plutôt que pour l'avion, en alignant les coûts sur les bénéfices environnementaux associés à ce choix. (voir Annexe 3).

Cette approche répond également à des considérations de justice climatique en réaffectant les recettes de l'aviation, qui contribue de manière significative aux émissions de CO₂, vers des solutions de transport plus respectueuses de l'environnement. En investissant dans le rail, les gouvernements pourraient améliorer l'accessibilité et la qualité des services ferroviaires, tout en soutenant la transition vers une mobilité plus durable et équitable.

La troisième proposition vise à favoriser l'entrée de nouveaux acteurs sur le marché ferroviaire en réduisant les barrières à l'entrée, en baissant par exemple le prix du péage au kilomètre de l'utilisation du réseau. Cela aurait pour effet d'accroître l'offre et de faire baisser les prix pour les voyageurs, en faisant attention à ne pas baisser les conditions de sécurité pour autant.

De plus, en assouplissant les réglementations et en simplifiant les procédures d'autorisation, les autorités pourraient encourager la concurrence et l'innovation dans le secteur ferroviaire. Cela permettrait à de nouveaux opérateurs d'entrer plus facilement sur le marché, diversifiant ainsi l'offre de services et créant une pression concurrentielle susceptible de stimuler la qualité et l'efficacité des transports ferroviaires. (Dailey, 2024).

La dernière mesure propose de développer l'interopérabilité entre le train et le vélo afin de promouvoir une mobilité plus durable pour l'avenir.

En facilitant le transport des vélos à bord des trains et en améliorant les infrastructures cyclables aux abords des gares, les autorités pourraient encourager l'utilisation conjointe du train et du vélo pour les déplacements quotidiens et les voyages plus longs. Cette approche intégrée offrirait aux voyageurs une solution de mobilité complète, combinant les avantages du train en termes de rapidité et d'efficacité sur de longues distances avec la flexibilité et la liberté de mouvement du vélo pour les trajets locaux.

Le développement d'un réseau de pistes cyclables dans les villes et également entre elles, serait à voir comme un prolongement supplémentaire du RTE-T sur une strate supplémentaire. (Réseau central, réseau global, et réseau cyclable) pour permettre à plus de personnes de bénéficier du développement de la mobilité durable en Europe.

En favorisant cette combinaison train-vélo, les autorités pourraient réduire la dépendance à la voiture individuelle et contribuer à désengorger les réseaux de transport routier, tout en offrant aux citoyens une alternative écologique et saine pour leurs déplacements. Cette initiative s'inscrit dans une vision globale de la mobilité durable, où le train et le vélo travailleraient ensemble pour répondre aux besoins de déplacement des populations tout en préservant l'environnement.

Ces recommandations de développement ferroviaires tiennent en deux volets distincts.

Tout d'abord, il est suggéré de mettre en place un financement européen pour les réseaux central et global, qui vise à relier les grandes villes à travers l'Europe. Ce financement permettrait de soutenir la construction de lignes à grande vitesse et de moderniser les infrastructures existantes pour assurer des liaisons efficaces et rapides entre les principales destinations du continent. En investissant dans ce réseau global, l'Union européenne pourrait renforcer la connectivité entre les pays membres et faciliter les déplacements transfrontaliers, contribuant ainsi à l'intégration économique et sociale de l'Europe. (Vieilledent, 2022).

Parallèlement, il est proposé de laisser aux pays membres le développement de leurs réseaux internes, tout en imposant des normes européennes pour faciliter l'interopérabilité des différents réseaux. Cette approche reconnaît la diversité des besoins et des priorités en matière de transport ferroviaire à l'échelle nationale, et permet aux États membres de concevoir et de mettre en œuvre des politiques adaptées à leurs spécificités locales. En laissant cette responsabilité aux pays, l'Union européenne favoriserait une approche plus flexible et décentralisée du développement ferroviaire, tout en garantissant une cohérence et une coordination à l'échelle européenne par le financement des réseaux 'central' et 'global'.

En combinant ces deux approches, l'Union européenne pourrait stimuler efficacement le développement du train à l'échelle continentale, en investissant dans les liaisons transfrontalières, tout en laissant aux pays membres la liberté de développer leurs réseaux internes selon leurs besoins spécifiques. Cela permettrait de créer un réseau ferroviaire européen intégré et performant, contribuant ainsi à promouvoir une mobilité durable et à renforcer la cohésion au sein de l'Union européenne.

Appréciation personnelle

Convaincu par ces mesures, j'ai décidé de les appliquer lors de mon voyage en Corse.

Aller en Corse pour parcourir le GR20 en hiver était un objectif qui me tenait à cœur cette année, et j'ai vu ce voyage comme une opportunité de le lier à mon mémoire en servant moi-même d'exemple.

À l'approche de mon départ, j'ai pris conscience de l'impact environnemental de mes choix de transport. Réservant mon trajet seulement une semaine à l'avance, j'ai opté pour une combinaison de bus, de train et de ferry pour me rendre sur l'île française. J'ai dû partir de Bruxelles la veille du départ de mon ami qui, lui, a opté pour l'avion.

Le voyage en lui-même a été une aventure. Le trajet en bus m'a permis de lier Bruxelles à la gare ferroviaire de l'aéroport de Charles de Gaulle, tandis que le voyage en train m'a offert une vue sur les paysages de la campagne française.

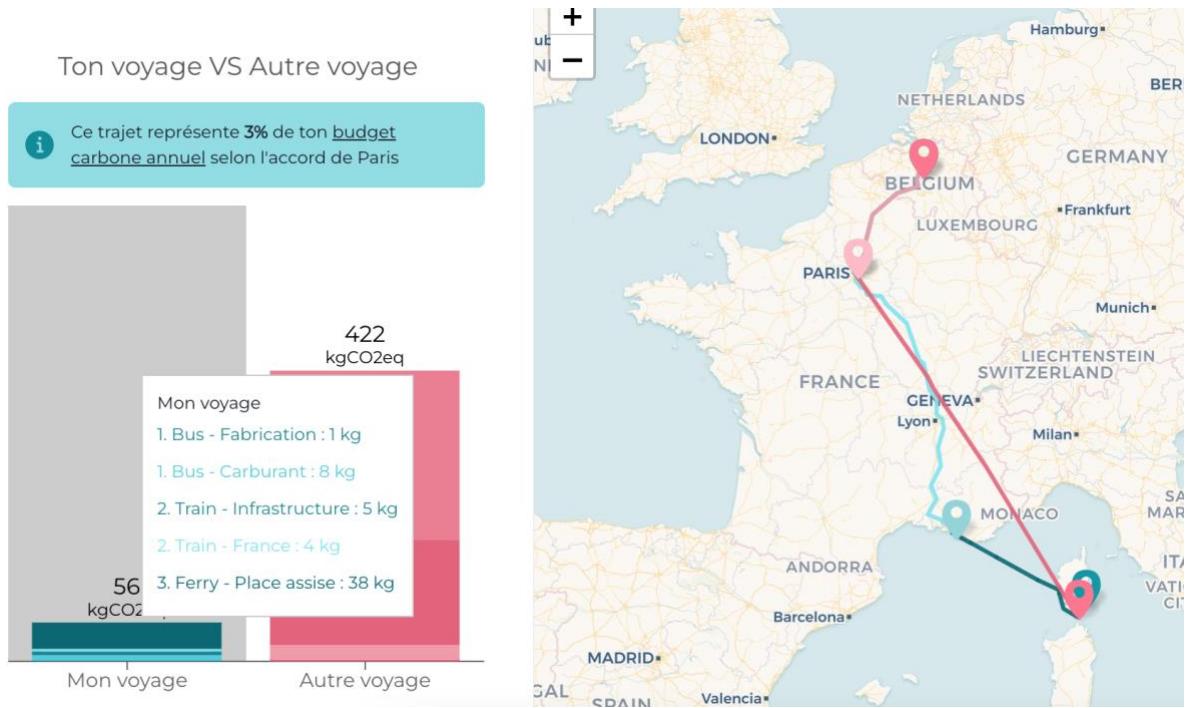
Après une correspondance à la gare d'Aix-en-Provence, je suis arrivé à la gare de Marseille, depuis laquelle j'ai dû marcher pendant 40 minutes pour traverser la ville et rejoindre le point d'embarquement du ferry.

Enfin, le ferry a ajouté une touche de découverte car c'était une expérience inédite pour moi. Je suis monté à bord à 19h et j'ai passé la nuit dans un 'salon' qui permet aux passagers sans cabines privées de s'installer dans des sièges individuels qui permettent une certaine inclinaison, et dont il faut se contenter pour dormir si l'on veut dépenser le moins d'argent possible à bord.

Ce voyage m'a également conduit à réfléchir à l'empreinte carbone de mes déplacements. Grâce à une nouvelle application, j'ai pu comparer les émissions en équivalent CO2 de mon trajet en transport en commun par rapport à un voyage similaire en avion.

Les résultats m'ont surpris, démontrant que mon choix de transport plus écologique avait un impact significativement plus faible sur l'environnement.

Comparaison sur 'Lowtrip.fr' de l'impact carbone de mon trajet, par rapport à celui en avion :



Grâce à l'application 'Lowtrip', j'ai pu comparer la quantité d'émissions de gaz à effet de serre en équivalent CO2, par rapport à celle de mon ami qui a pris l'avion.

On peut voir sur le graphique ci-dessus, que les émissions du trajet en avions sont presque huit fois supérieures à celle du voyage en bus, train et ferry.

On peut aussi constater que 68% des émissions de mon voyage proviennent de la traversée en ferry. Cette information est importante car l'usage du ferry est 'exceptionnelle' car inutile dans beaucoup de trajets à l'intérieur de l'Europe, et on peut donc partir du principe que les économies d'émissions de gaz à effet serres d'un voyage sans avion sont considérables.

De plus, l'application nous dit que les émissions de mon voyage représentent 3% de mon 'budget carbone annuel'. Ce qui signifie que c'est 3% du total des émissions dont je dispose pour être en accord avec les objectifs de l'accord de Paris.

Pour le trajet en avion, cette part est de 20%. Ce qui veut dire que mon ami, qui a fait l'aller-retour en avion, a 'dépensé' 40% de son budget carbone annuel, s'il veut être aligné avec l'engagement de l'accord de Paris.

Pour ce qui est du prix, mon ami a payé 160 euro pour l'aller-retour en avion, en s'y prenant environ 60 jours avant la date de départ.

Pour ma part, l'aller m'a coûté un peu moins de 200 euro, et le retour aussi. Mais le comparatif a malheureusement peu de valeur car j'ai réservé mes billets une semaine à l'avance pour l'aller, et ne sachant pas quand j'aurais fini la traversée de la Corse, je n'ai réservé mon retour que la veille de celui-ci.

En conclusion, cet aller-retour en Corse sans prendre l'avion a été une expérience riche en découvertes et en enseignements sur l'importance de faire des choix de transport plus durables pour réduire notre impact sur l'environnement. Mais surtout, il m'a fait réaliser l'importance des choix politiques nécessaires pour permettre de rendre ce genre de voyages plus pratiques.

Recherche et développement pour une aviation plus durable

L'utilisation de l'avion ne pouvant pas être totalement éradiqué, poursuivre la recherche et le développement dans le secteur de l'aviation est essentiel pour progresser vers une mobilité aérienne plus durable. (van Buuren, 2024).

Alors que les moteurs actuels sont déjà dotés d'une grande efficacité énergétique (Lammertyn 2024). , il est crucial d'explorer d'autres domaines pour réduire davantage les émissions de CO2 et améliorer l'efficacité des appareils.

Par exemple, des initiatives telles que le projet Gullhyver offrent des pistes prometteuses, en se concentrant sur des aspects autres que la motorisation, tels que l'efficacité des ailes pour réduire la traînée des avions. (Angrand, 2023). Avec ce genre d'améliorations, associées à l'efficacité des moteurs, qui plus est, alimentés par du SAF, des progrès supplémentaires en termes d'efficacité des appareils peuvent être atteints.

Investir dans la recherche de technologies aéronautiques innovantes peut conduire à des avions plus économies en carburant et moins polluants, contribuant ainsi à une aviation plus respectueuse de l'environnement. Il est donc impératif de soutenir et d'encourager ces efforts de recherche pour façonner l'avenir de l'aviation durable.

Amélioration de la communication

Au-delà des quelques recommandations qui pourraient avoir un impact positif pour la décarbonation du réseau aérien, et sur le développement du rail en Europe, il est crucial que les acteurs à la fois de l'aérien, et du rail intensifient leurs efforts de communication.

De manière proactive, les gouvernements nationaux et européens, devraient par exemple lancer des campagne de communication visant à expliquer en quoi les habitudes de voyage doivent changer pour atteindre l'objectif net zéro d'ici à 2050.

Il est essentiel de communiquer sur les progrès en cours dans le secteur aérien avec les SAF, et l'engagement que prend l'UE dans cette voie. L'objectif est d'avoir une communication crédible avec ses objectifs mais aussi avec la réalité. Il faut informer le public des actions qui sont en cours et communiquer sur les résultats qui sont obtenus. Il faut que le grand public prenne conscience de l'importance que joue la mobilité face aux défis actuels.

Il est également crucial de souligner les alternatives dont les gens disposent pour se déplacer et surtout des conséquences que leur choix a pour l'environnement. Des innovations, tels que l'application 'Lowtrip' (vu plus haut) en est un exemple. Il ne s'agit pas de faire culpabiliser les voyageurs, mais il n'est pas moral de laisser aux gens leurs habitudes sans leur donner les faits qui vont de pair. Des mouvements tels que le « Flygskam », qui signifie « La honte/culpabilité de prendre l'avion » et le « Tagskryt » qui signifie « la fierté de prendre le train » ont émergés dans les pays scandinaves doivent être mis à la mode dans l'esprit collectif à échelle européenne et même mondiale. (Martin, 2023). Il est essentiel de valoriser les voyages en train comme une alternative socialement responsable à l'avion.

Il est important que les gouvernements communiquent davantage sur leurs objectifs environnementaux et qu'ils considèrent les entreprises et voyageurs comme des partenaires dans ce travail d'équipe. Il est crucial de montrer que la réduction de l'impact environnemental de la mobilité intra-européenne doit devenir pour tous une priorité.

Conclusion intermédiaire chapitre 5 :

- Réduire l'usage de l'avion :

Il faut mettre fin aux faveurs fiscales accordées à l'aviation commerciale, telles que l'exonération de taxes sur le kérosène et la TVA réduite sur les billets d'avion. Cette action contribuerait à internaliser les coûts environnementaux associés aux voyages aériens.

Il faut aussi imposer des exigences plus élevées d'utilisation de SAF (Sustainable Aviation Fuel) et soutenir sa production. En augmentant la disponibilité de SAF et en réduisant les coûts de production, cette mesure rendrait le carburant durable plus attractif pour les compagnies aériennes, les incitant à l'adopter davantage dans leurs opérations.

- Encourager l'usage du train :

Développer le réseau ferroviaire européen selon les programmes RTE-T (Réseau transeuropéen de transport), en investissant dans l'amélioration des infrastructures de transport multimodales, y compris les voies ferrées, les autoroutes et les voies navigables. Cela vise à créer un réseau de transport plus efficace et interconnecté à travers l'Europe, favorisant une mobilité plus fluide et plus durable.

Utiliser les revenus de l'aviation pour réduire le coût du train et promouvoir la justice climatique. En réaffectant les recettes de l'aviation vers des solutions de transport plus respectueuses de l'environnement, les gouvernements pourraient améliorer l'accessibilité et la qualité des services ferroviaires, soutenant ainsi la transition vers une mobilité plus durable.

Assouplir les réglementations pour faciliter l'entrée de nouveaux acteurs sur le marché ferroviaire, en simplifiant les procédures d'autorisation et en favorisant la concurrence et l'innovation dans le secteur ferroviaire. Une plus grande concurrence entre les opérateurs pourrait stimuler la qualité et l'efficacité des transports ferroviaires, tout en favorisant l'accessibilité économique du train.

Favoriser l'interopérabilité entre le train et le vélo, en facilitant le transport des vélos à bord des trains et en améliorant les infrastructures cyclables aux abords des gares. Cette approche intégrée offrirait aux voyageurs une solution de mobilité complète, combinant les avantages du train en termes de rapidité et d'efficacité sur de longues distances avec la flexibilité et la liberté de mouvement du vélo pour les trajets locaux.

En adoptant ces mesures, l'Union européenne pourrait contribuer à créer un réseau ferroviaire moderne, efficace et compétitif, tout en réduisant l'empreinte carbone de la mobilité européenne.

Développer la communication pour mettre les usagers à la page sur les objectifs environnementaux, permettrait de les investir d'avantage sur la réalisation de ceux-ci.

III. Conclusion générale

Dans la conclusion de ce mémoire, nous allons prendre du recul sur le sujet de la mobilité en Europe face aux enjeux écologiques. Pour répondre à la question de recherche qui est de savoir quels sont les éléments à mettre en place pour proposer aux voyageurs une solution pertinente qui soit, au niveau des coûts pour les usagers, du temps de voyage, et d'impact environnemental, une alternative crédible à l'avion.

Ecologie contraignante

Au fil du temps, la question environnementale est devenue de plus en plus préoccupante, forçant les gouvernements, les entreprises et les individus à reconsidérer leurs modes de vie et leurs activités. Le changement climatique est un défi urgent qui exige des réponses rapides et décisives. Dans ce contexte, une question émerge de plus en plus : faut-il adopter une approche écologique contraignante pour préserver notre planète ?

L'interdiction des véhicules thermiques, à partir de 2035 dans l'UE, offre un exemple frappant d'une telle approche. (Commission européenne, 2022). En imposant des restrictions strictes à la production des voitures à combustion interne, les gouvernements visent à accélérer la transition vers des véhicules électriques et à réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur automobile. Cette mesure, bien que controversée, illustre la volonté des acteurs politiques de l'UE d'adopter des politiques environnementales ambitieuses pour lutter contre le changement climatique.

Dans ce contexte, se pose la question de savoir si une approche similaire devrait être adoptée pour l'aviation, un secteur qui, comme on l'a constaté dans ce mémoire, est actuellement relativement exempté des restrictions environnementales. Alors que les émissions de CO2 par passager/km sont beaucoup plus élevées pour l'aviation que pour la voiture, il est légitime de se demander si des mesures plus contraignantes devraient être mises en place pour réduire l'impact environnemental de ce mode de transport.

L'hypothèse d'une écologie contraignante pourrait donc être explorée dans le contexte de l'aviation. Tout comme l'interdiction de production de véhicules thermiques, une interdiction progressive des vols commerciaux pourrait être envisagée, avec des échéances fixées à l'avenir. Cette approche radicale, bien qu'elle soulève des défis majeurs, pourrait être vue comme nécessaire pour répondre à l'urgence climatique et préserver les écosystèmes fragiles de notre planète.

Quota voyage

Dans une optique similaire, des mesures politiques radicales sont parfois évoquées, telles que l'instauration d'un quota de voyage pour réduire l'empreinte carbone de l'aviation.

L'hypothèse d'un quota de voyage, en limitant le nombre de vols qu'un individu peut effectuer par an ou au cours de sa vie, est une mesure qui vise à réduire l'impact environnemental de l'aviation en décourageant les déplacements non essentiels et en favorisant une utilisation d'autres moyens de transports.

À première vue, l'instauration d'un quota de voyage peut sembler une solution efficace pour réduire les émissions de carbone du secteur de l'aviation. En fixant des limites strictes sur le nombre de vols autorisés, les gouvernements pourraient contraindre les citoyens à repenser leurs habitudes de voyage et à privilégier des alternatives plus durables telles que le train ou le covoiturage.

C'est en tout cas ce qu'avait évoqué Jean-Marc Jancovici (RMC, 2023), fondateur de Carbon 4, un cabinet de conseil spécialisé dans la transition bas carbone. Il expliquait ce raisonnement par le fait que, selon lui, une régulation par les quantités est plus égalitaire qu'une régulation par les prix, qui ne désavantagerait que les gens aux moyens modestes.

Le problème c'est que la mise en œuvre d'un quota de voyage nécessiterait une surveillance et un contrôle étroit de la part des autorités, ce qui soulèverait des préoccupations, pas

seulement en matière de vie privée et de liberté de mouvement des personnes, mais aussi sur les libertés individuelles et la responsabilité collective en matière d'environnement.

De telles politiques ne seraient pas sans controverse. De plus, elles nécessiteraient une coopération internationale sans précédent pour être mises en œuvre. Il s'agit d'un équilibre délicat entre la protection de l'environnement et le respect des droits fondamentaux des citoyens, et ce, à l'échelle mondiale. Et comme nous l'a expliqué Louis Lammertyn (voir annexe 1), c'est quelque chose qui risque d'être très compliqué à obtenir.

Compensation environnementale

Lorsqu'on évalue l'empreinte carbone d'une entreprise, il faut se concentrer sur les émissions liées aux processus nécessaires à son fonctionnement. Cela inclut les émissions directes de l'activité de l'entreprise, mais également celles provenant des matières premières utilisées, des processus de fabrication, ainsi que des moyens de transport utilisés pour distribuer les produits ou fournir les services. (Jancovici, 2024).

Pour réduire efficacement les émissions d'une entreprise, il est essentiel de réduire sa dépendance aux processus d'activités. Ce qui nécessite souvent des investissements dans des technologies plus propres, des pratiques de production durables et une optimisation des chaînes d'approvisionnement.

Cependant, certaines entreprises, et notamment des compagnies aériennes comme on l'a vu au chapitre 3 de ce mémoire, adoptent une approche différente en matière de réduction de leur empreinte carbone. Elles choisissent de compenser leurs émissions en finançant des projets qui sont censés compenser et donc annuler leurs émissions de gaz à effet de serre. Ces projets comprennent souvent des initiatives de reforestation, des programmes de capture et de stockage du carbone, ou des investissements dans des projets d'énergies renouvelables.

Malheureusement, cette approche ne diminue pas réellement les émissions du secteur. En effet, financer des projets de compensation ne réduit pas la dépendance de l'entreprise aux

processus générant des émissions. Cela revient essentiellement à un tour de passe-passe, où les entreprises peuvent prétendre réduire leur empreinte carbone sans réellement changer leurs pratiques commerciales.

Cette pratique s'apparente à du 'greenwashing', car elle permet aux entreprises de se présenter comme étant écologiquement responsables sans prendre de mesures concrètes pour réellement réduire leurs émissions. En réalité, la compensation environnementale ne règle en aucun cas le problème sous-jacent des émissions excessives d'un secteur.

Lors de mon interview avec Louis Lammertyn (voir Annexe 1), il m'expliqua que même s'il est effectivement louable de planter des arbres et d'investir dans d'autres projets climatiques, le lien de ces projets avec un voyage en avion est beaucoup trop vague et il est presque impossible de suivre les émissions exactes de CO2 qu'il compensera.

L'utilisation du SAF est bien meilleure car c'est le moyen le plus direct, enregistré et certifié, par lequel une quantité précise et calculée de CO2 est compensée par le montant d'argent que le voyageur choisit d'investir dans son vol. Cette production de SAF devrait d'ailleurs être accompagnée de la séquestration et du stockage de CO2 dans les raffineries. Car malgré qu'elle soit très couteuse, elle est la seule options viable que nous ayons aujourd'hui pour atteindre une neutralité carbone.

Pour respecter les objectifs de l'Accord de Paris visant à limiter le réchauffement climatique à moins de 2 degrés Celsius, une baisse d'au moins 5 % des émissions par an est nécessaire. Pour de nombreuses entreprises, cela représente un défi considérable, d'où la tentation de recourir à des pratiques de compensation plutôt que de s'attaquer réellement à la réduction des émissions.

Utilisation de véhicules électriques pour la logistique aéroportuaire

AFIR :

La décarbonation du secteur aérien ne se fera pas uniquement en réduisant les émissions de CO2 des avions en vol. La transition vers des véhicules électriques dans les aéroports pourrait également réduire les émissions de gaz à effet de serre et les polluants atmosphériques, améliorant ainsi la qualité de l'air, et limitant le réchauffement climatique lié au secteur de l'aviation.

La régulation d'infrastructure pour les carburants alternatifs ('AFIR' pour Alternative Fuel Infrastructure Regulation), approuvée par le Conseil européen en 2023, vise à encourager les états membres à déployer les infrastructures nécessaires pour alimenter la mobilité de demain en carburants alternatifs et électricité décarbonée. (van den Bosch, 2023)

Cette régulation pourrait également viser à encourager les aéroports à électrifier leurs opérations de logistique, en imposant l'utilisation d'unités d'alimentation au sol fournissant de l'électricité "d'origine non fossile" aux avions.

Bien que les émissions des opérations au sol ne soient peut-être pas le cœur du problème à traiter, par rapport à celles générées par les réacteurs d'avions lors des décollages et atterrissages, cette initiative représente tout de même une étape vers une réduction de l'empreinte carbone du secteur aérien de manière générale.

Pour faciliter cette transition, des subventions et des incitations fiscales pourraient être instaurées pour encourager les aéroports à investir dans des flottes de véhicules électriques et les infrastructures de recharge allant de pair. Aussi, l'adoption de normes à un niveau européen pour ce genre de véhicules de logistique utilisés dans les aéroports pourrait standardiser et accélérer cette transition à travers toute la zone de l'UE.

Un choix politique

Pour prendre encore plus de distance, il faut se rappeler que la transition de la mobilité européenne vers un système décarboné soulève des interrogations quant à la cohérence des choix politiques et énergétiques adoptés.

Pour que cette transition soit efficace, il est crucial que les sources d'énergie soient en adéquation avec les objectifs de décarbonation, favorisant ainsi l'utilisation de carburants durables tels que les biocarburants, l'hydrogène vert, et de l'électricité décarbonée.

De plus, les politiques gouvernementales doivent être conçues de manière logique et cohérente, en accord avec les objectifs de réduction des émissions de CO2 et de transition des modes de transport vers des moyens plus durables et respectueux de l'environnement.

Il est impératif que ces choix soient appliqués et assurés sur le long terme, évitant ainsi les changements de cap à chaque nouvelle réélection politique. En maintenant une vision claire et constante à travers les différents mandats politiques, la mobilité européenne pourra progresser de manière cohérente vers un système décarboné et durable.

Sensibilisation du public et coexistence des transports aérien et ferroviaire

Pour encourager davantage la transition vers une mobilité durable, une campagne d'information et de sensibilisation supplémentaire pourrait être nécessaire. Actuellement, la prise de conscience environnementale, bien que croissante, reste insuffisante, et le choix des modes de transport est encore beaucoup conditionné par la variable de prix.

Malgré l'ampleur du problème qui lie l'activité aérienne et l'environnement, des projets d'expansion de l'aviation continuent d'émerger, soulignant l'importance d'une action rapide pour influencer les décisions des consommateurs. Il est impératif de souligner les avantages environnementaux du transport ferroviaire, en mettant en avant les investissements dans le développement du train.

Pour une transition réussie des moyens de mobilité, il est essentiel de promouvoir une coexistence harmonieuse entre l'avion et le train, et de montrer leur complémentarité. Si l'avion est dans certains cas une solution logique en raison de sa rapidité, dans d'autres cas, son impact environnemental contrebalance ses avantages de temps, et là où le train offre une alternative, il doit être privilégié.

Une campagne de sensibilisation à grande échelle devrait donc mettre en avant les bénéfices écologiques du train par rapport à l'avion, notamment en termes d'émissions de gaz à effet de serre. En associant l'avion et le train dans l'esprit collectif comme des moyens de transport complémentaires, nous pourrions encourager une approche intégrée de la mobilité durable, favorisant ainsi une utilisation cohérente des deux modes de transport pour atteindre les objectifs environnementaux.

Nous pourrions imaginer pour cela, une communication et information dans les écoles et universités, visant à éduquer les jeunes générations sur l'importance de choisir des modes de transport durables. Des campagnes de sensibilisation, des ateliers interactifs, et des séminaires pourraient également être organisés pour encourager la réflexion sur les choix de mobilité responsables.

En apprenant aux gens à se servir d'applications comme 'Lowtrip', nous pouvons espérer instaurer une culture de la durabilité qui influencera les décisions de voyage futures et contribuera à un changement positif à long terme.

Une mention que tout le monde connaît : « Emprunter de l'argent coûte aussi de l'argent », est un avertissement qui doit figurer dans toutes les publicités, qui mentionnent ou non, un taux d'intérêt ou un montant relatif au coût du crédit. (Economie, 2021).

Il pourrait également être intéressant de considérer des messages d'avertissement environnementaux similaires à ceux utilisés dans les publicités à caractère financier. Nous pourrions imaginer des mentions comme « Chaque trajet en avion alourdit l'empreinte carbone, contribuant au changement climatique » ou « Choisir le train plutôt que l'avion, c'est respecter l'environnement » .

En conclusion, une approche intégrée et complémentaire des modes de transport, soutenue par une sensibilisation efficace, pourrait permettre d'aligner l'esprit collectif sur les objectifs environnementaux communs et de favoriser le choix d'une mobilité plus durable à long terme.

Bibliographie

ADEME Infos. (2022). Trois stratégies pour décarboner le transport aérien .

<https://infos.ademe.fr/magazine-novembre-2022/decryptage/trois-strategies-pour-decarboner-le-transport-aerien/>.

ADEME. (2019). Documentation des jeux de données monocritères issus de la Base Carbone .

<https://base-empreinte.ademe.fr/documentation/base-carbone?docLink=Aerien2>.

Al Asy'ari, M. R. A., Adityatama, D. W., Tobing, J., & Purba, D. (2023). Towards Less Carbon Future: Integrated Strategy for Abating Carbon Emissions in Geothermal Drilling project. ResearchGate.

[https://www.researchgate.net/publication/369202034 Towards Less Carbon Future Integrated Strategy for Abating Carbon Emissions in Geothermal Drilling Project](https://www.researchgate.net/publication/369202034_Towards_Less_Carbon_Future_Integrated_Strategy_for_Abating_Carbon_Emissions_in_Geothermal_Drilling_Project)

Al Asy'ari, M. (2023). Global Greenhouse Gas Emissions and Warming Scenarios. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/figure/Global-greenhouse-gas-emissions-and-warming-scenarios-Ritchie-H-and-Roser-M-2019_fig2_369202034.

Angrand, A. (2023). Le Bourget 2023 : Gullhyver, le futur monocouloir vu par l'ONERA . Air et Cosmos. <https://air-cosmos.com/article/le-bourget-2023-gullhyver-le-futur-monocouloir-vu-par-l-onera-65241>.

Brussels Airlines. (s. d.). « Compensate ». Consulté le 18 mai 2024.

<https://www.brusselsairlines.com/be/fr/flying-with-us/social-responsibility/compensate>.

Chiambaretto, P. Combe, E. (2023). Fiche de lecture : “Le transport aérien” partie 1/3. *Major Prépa* (blog). <https://major-prepa.com/economie-litteraire/fiche-de-lecture-le-transport-aerien-e-combe-p-chiambaretto-2023-partie-1-3/>.

Chiambaretto, P. Combe, E. (2023). L'évolution du transport aérien et ses différents impacts, 5-28. Repères. Paris: La Découverte. <https://www.cairn.info/le-transport-aerien--9782348077098-p-5.htm>.

Chiambaretto, P. Combe, E. (2023). Le modèle économique d'une compagnie aérienne, 57-74. Repères. Paris: La Découverte. <https://www.cairn.info/le-transport-aerien--9782348077098-p-57.htm>.

Chicheportiche, O. (2023). Taxes, décarbonation..., pourquoi vos billets d'avion vont coûter encore plus cher dans les prochaines années. BFM BUSINESS. https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/transport/taxes-decarbonation-pourquoi-vos-billets-d'avion-vont-couter-encore-plus-cher-dans-les-prochaines-annees_AV-202306030116.html.

Clément, H. (2023). *Pourquoi le train est-il toujours plus cher ?*. Sur le front avec Hugo Clément. <https://www.youtube.com/watch?v=oeh8bjOCCXo>.

Commission européenne. (2022). L'ambition des normes "Euro 7". Blog du commissaire Thierry Breton. Commission européenne. Consulté le 19 mai 2024. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/statement_22_6765.

Commission européenne. (2011). «Transports 2050»: la Commission présente un plan ambitieux pour accroître la mobilité et réduire les émissions. European Commission. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_11_372.

Commission européenne. (2020). Mobility and transport - Eurobarometer survey. <https://ec.europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2226>.

Commission européenne. (2021). Attitudes of Europeans towards tourism. <https://ec.europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2283>.

Commission européenne. (2021). Les transports et le pacte vert pour l'Europe - Commission européenne. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal_fr.

Commission européenne. (2021). Research and innovation. Horizon Europe. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

Commission européenne. (2023). Connecting Europe by Train: 10 EU Pilot Services to Boost Cross-Border Rail. European Commission. https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/connecting-europe-train-10-eu-pilot-services-boost-cross-border-rail-2023-01-31_en.

Conseil européen. (2019). Révision du système d'échanges de quotas de l'UE. <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/climate-change/reform-eu-ets/>.

Conseil européen. (2022). Le Conseil adopte une décision sur les exigences de compensation des émissions du transport aérien (CORSIA). <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2022/12/19/council-adopts-decision-on-offsetting-requirements-for-air-transport-emissions-corsia/>.

Conseil européen. (2024). Accord de Paris sur le changement climatique. <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/climate-change/paris-agreement/>.

Conseil européen. (2024). Ajustement à l'objectif 55: vers des modes de transport plus durables . <https://www.consilium.europa.eu/fr/infographics/fit-for-55-afir-alternative-fuels-infrastructure-regulation/>.

Dailey, E. (2024). RTE'24 : Les défis de la libéralisation du marché en Europe. RailTech.be. <https://www.railtech.be/fr/policy/2024/02/16/rte24-les-defis-de-la-liberalisation-du-marche-en-europe/>.

Danson, T. (2023). Applying Circular Economy Principles to Aviation Scaling up sustainable practices to achieve net zero. WSP. <https://www.wsp.com/en-gl/insights/applying-circular-economy-principles-to-aviation>.

Daubresse, C. Hoornaert, B. Laine, B. (s. d.) Bureau fédéral du Plan - Publication - Perspectives de la demande de transport en Belgique à l'horizon 2040. Consulté le 15 mai 2024. <https://www.plan.be/publications/publication-2240-fr-perspectives-de-la-demande-de-transport-en-belgique-a-l-horizon-2040>.

Debyser, A. Polluweer, K. (2023). Réseaux transeuropéens — Orientations | Fiches thématiques sur l'Union européenne. Parlement européen. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/135/reseaux-transeuropeens-orientations>.

Dehousse, F. Galer, B. (1996). La politique européenne du rail. *Courrier hebdomadaire du CRISP* 1544, n° 39: 1-44. <https://www.cairn.info/revue-courrier-hebdomadaire-du-crisp-1997-20-page-1.htm>

Demoli, Y., & Subtil, J. (2019). Boarding Classes. Mesurer la démocratisation du transport aérien en France (1974-2008). <https://www.cairn.info/revue-sociologie-2019-2-page-131.htm?contenu=resume>.

Economie. (2021). VII.64, § 2 - Emprunter de l'argent coûte aussi de l'argent – Crédit Consommation. <https://credit2consumer.be/fr/article/vii64-ss-2-emprunter-de-largent-coute-aussi-de-largent>.

European Environment Agency. (2021). Transport and Environment Report 2020 - Train or Plane?. <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2020>.

European Environment Agency. (2021). Transports motorisés: train, avion, route ou bateau — quel est le plus écologique?. <https://www.eea.europa.eu/fr/highlights/transport-motorises-train-avion-route>.

Eurostat. (2023). Tourism Statistics - Characteristics of Tourism Trips. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Tourism_statistics_-_characteristics_of_tourism_trips.

Fainsilber, D. (2023). Train : feu vert pour l'augmentation tarifaire des péages de SNCF Réseau. Les Echos. <https://www.lesechos.fr/industrie-services/tourisme-transport/feu-vert-pour-laugmentation-tarifaire-des-peages-de-snfc-reseau-1909736>.

Finez, J. (2014). La construction des prix à la SNCF, une socio-histoire de la tarification. De la péréquation au yield management (1938-2012). Revue française de sociologie. <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-sociologie-2014-1-page-5.htm?ref=doi>

Gay, J. Decroly, J. (2018). Les logiques de la diffusion du tourisme dans le monde : une approche géo-historique. <https://www.cairn.info/revue-espace-geographique-2018-2-page-102.htm#s2n1>.

Georgiadis, P. Hancock, A. Jones, C. (2024). Can Europe's trains compete with low-cost airlines? Financial Times. <https://www.ft.com/content/b5591361-7e10-4926-ae90-851fb5c1520d>.

GIFAS. (2021). Le secteur européen de l'aviation lance « Destination 2050 » et se fixe un objectif de zéro émission nette de CO2 d'ici à 2050. [https://www.gifas.fr/news/le-secteur-europeen-de-l-aviation-lance-destination-2050-et-se-fixe-un-objectif-dezero-emission-nette-de-co2-d-ici-a-2050](https://www.gifas.fr/news/le-secteur-europeen-de-l-aviation-lance-destination-2050-et-se-fixe-un-objectif-de-zero-emission-nette-de-co2-d-ici-a-2050).

Goulding Carroll, S. (2023). Taxonomie verte : les écologistes critiquent les règles pour l'aviation et le transport maritime. Euractiv. <https://www.euractiv.fr/section/maritime/news/taxonomie-verte-les-ecologistes-critiquent-les-regles-pour-laviation-et-le-transport-maritime/>.

ICAO environment. (2023). Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx>.

INC-Conso. (2020). Le yield management : qu'est-ce que c'est ?. Institut national de la consommation. <https://www.inc-conso.fr/content/le-yield-management-quest-ce-que-cest>.

Jacquet, T. (2023). France : la suppression de vols intérieurs courts entre en vigueur. RTBF. <https://www.rtbf.be/article/france-la-suppression-de-vols-interieurs-courts-entre-en-vigueur-11201964>.

Jancovici, J. (2024). Climat : Jean-Marc Jancovici explique pourquoi la compensation pour réduire l'empreinte carbone est contre-productive. RTL. <https://www rtl fr/actu/economie-consommation/climat-jean-marc-jancovici-explique-pourquoi-la-compensation-est-contre-productive-pour-reduire-l-empreinte-carbone-7900376268>.

Kettle, E. (2023). Interrail: How You Can Travel across Europe by Train. <https://www.proquest.com/docview/2829113967/citation/CE8B64BA3D0E4F17PQ/1>.

La consultation socio-économique. (2023). Mobilité : Concrétiser la Vision Rail 2040. <https://www.ccecrb.fgov.be/p/fr/893/concretiser-la-vision-rail-2040>.

Laurent, R. (2024). VIDEO - SNCF : la concurrence peut-elle faire baisser le prix des billets de train ? Les Echos. <https://www.lesechos.fr/industrie-services/tourisme-transport/video-sncf-la-concurrence-peut-elle-faire-baisser-le-prix-des-billets-de-train-2082423>

Lecler, S. (2008). Le monde à portée de main. Alternatives économiques. <https://www.cairn.info/magazine-alternatives-economiques-2008-7-page-65.htm>.

Lee, D., Fahey, D. Forster, P. Newton, P. Wit, R. Lim, L. Owen, B. Sausen, R. (2009). Aviation and global climate change in the 21st century. *Atmospheric Environment*. ScienceDirect.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231009003574?via%3Dihub>

Martin, Andrew. (2023). The New Age of the Night Train.
<https://www.proquest.com/docview/2800541262/citation/6ED6457F7F6741C2PQ/1>.

Mazurier, J. (2024). Pourquoi le train est-il devenu si cher ? Pigé.
<https://www.youtube.com/watch?v=i4tL2nIOBsQ>

Moraes, R. (2024). Air France et KLM inaugurent un nouveau « terminal Air&Rail » à la gare de Bruxelles-Midi. *Air Journal*. <https://www.air-journal.fr/2024-03-27-air-france-et-klm-inaugurent-un-nouveau-terminal-airrail-a-la-gare-de-bruxelles-midi-5254815.html>.

Normand, T. (2024). La décarbonation du secteur aérien au défi de l'accès à l'énergie décarbonée . Annales des Mines. <https://www.cairn.info/revue-responsabilite-et-environnement-2024-1-page-15.htm?ref=doi>.

Parlement européen. (2019). Émissions de CO2 des avions et des navires : faits et chiffres (infographie).
<https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20191129STO67756/emissions-de-co2-des-avions-et-des-navires-faits-et-chiffres-infographie>.

Parlement européen. (2023). Fit for 55: accord sur des carburants plus écologiques pour l'aviation.
<https://www.europarl.europa.eu/news/fr/press-room/20230424IPR82023/fit-for-55-accord-sur-des-carburants-plus-ecologiques-pour-l-aviation>.

Présidence belge Conseil de l’Union européenne. (2024). Écologisation des transports : quelles sont les perspectives ? <https://belgian-presidency.consilium.europa.eu/fr/actualites/écologisation-des-transports-quelles-sont-les-perspectives/>.

Ritchie, H., and Roser, M. (2019) Global greenhouse gas emissions and warming scenarios. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Global-greenhouse-gas-emissions-and-warming-scenarios-Ritchie-H-and-Roser-M-2019_fig2_369202034.

Rivière, A. Bonneveux, E. Coutelle-Brillet, P. Deville, A. (2017). Les stratégies low-cost. Synthèse et perspectives. Revue française de gestion. <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2017-5-page-71.htm>.

RMC. (2023). G.D. Quota de 4 vols en avion dans une vie : L'idée de Jean-Marc Jancovici fait polémique. https://rmc.bfmtv.com/actualites/economie/travail/quota-de-4-vols-en-avion-dans-une-vie-l-idee-de-jean-marc-jancovici-fait-polemique_AV-202305310469.html.

Roux, E. (2023). Lancement du Flex Abonnement pour des déplacements domicile-travail flexibles. SNCB Press. <http://press.sncb.be/lancement-du-flex-abonnement-pour-des-deplacements-domicile-travail-flexibles>.

Sentner, I. (2024). The Airline CEO Pessimistic about Alternative Fuels. POLITICO. <https://www.politico.com/newsletters/the-long-game/2023/06/21/the-airline-ceo-pessimistic-about-alternative-fuels-00102870>.

Statista. (2024). Lufthansa - Operational Figures 2023. <https://www.statista.com/statistics/273868/quarterly-figures-for-lufthansa/>.

Thomas, U. (2021). Vie et mort du train de nuit. LVSL. <https://lvsl.fr/vie-et-mort-du-train-de-nuit/>.

Tobalem, B. (2021). Pour l'Union européenne, le train est l'avenir de la mobilité en Europe. Toutleurope. <https://www.toutleurope.eu/societe/pour-l-union-europeenne-le-train-est-l-avenir-de-la-mobilite-en-europe/>.

Tobalem, B. (2023). La politique européenne des transports. Toutleurope. <https://www.toutleurope.eu/economie-et-social/la-politique-europeenne-des-transports/>.

Transport & Environment. (2022). Comment Décarboner l'aviation En Europe d'ici 2050? <https://www.transportenvironment.org/articles/comment-decarboner-laviation-en-europe-dici-2050>.

Turcan, M. (2023). Noël : est-ce vraiment moins cher de réserver son train SNCF 3 mois à l'avance ? Numerama. <https://www.numerama.com/vroom/1593454-noel-est-ce-vraiment-moins-cher-de-reserver-son-train-3-mois-a-lavance.html>.

Van den Bosch, M. (2023). AFIR : le verdissement de la mobilité en ordre de bataille sous l'impulsion de l'Europe. FEBEG Fédération Belge des Entreprises Électriques et Gazières. <https://www.febeg.be/fr/nieuwsbericht/afir-le-verdissement-de-la-mobilite-en-ordre-de-bataille-sous-limpulsion-de-leurope>.

Ventura, A. (2023). ÉDITO - Quota de 4 vols en avion dans une vie : "À ce compte-là, pourquoi ne pas interdire les avions ?", demande Alba Ventura. RTL. <https://www.rtl.fr/actu/politique/edito-quota-de-4-vols-en-avion-dans-une-vie-ce-compte-la-pourquoi-ne-pas-interdire-les-avions-demande-alba-ventura-7900270132>.

Vieilledent, C. (2022). Le rail, locomotive de la mobilité future en Europe ? *Futuribles* <https://www.cairn.info/revue-futuribles-2022-3-page-23.htm?ref=doi>.

Vincelot, S. (2023). Le droit de péage, cette taxe qui fait exploser le prix du train en France. Le Figaro. <https://www.lefigaro.fr/voyages/connaissez-vous-le-droit-de-peage-cette-taxe-qui-fait-exploser-le-prix-de-vos-billets-de-train-20230302>.

Virgin Atlantic. (2023). Virgin Atlantic flies world's first 100% Sustainable Aviation Fuel flight from London Heathrow to New York JFK. <https://corporate.virginatlantic.com/gb/en/media/press-releases/worlds-first-sustainable-aviation-fuel-flight.html>.

Walker, L. (2023). New Brussels-Berlin Night Train Sets off on Monday. The Brussels Times. <https://www.brusselstimes.com/833554/new-brussels-berlin-night-train-sets-off-on-monday>.

Worth, K. (2023). L'accord de la COP28 marque le "début de la fin" de l'ère des combustibles fossiles. United Nations Climate Change (CCNUCC). <https://unfccc.int/fr/news/l-accord-de-la-cop28-marque-le-debut-de-la-fin-de-l-ere-des-combustibles-fossiles>.