

De l'intention à l'itinéraire : Comprendre la demande pour la multimodalité Air-Rail en Europe

Rapport complet

Résultats d'enquête de la Chaire TRAVEL



Auteurs de ce rapport

Sai Bravo¹, Luca Gallarati⁴, Zélie Gankon², Imane Hoummirat², Estelle Malavolti^{2,3}, Antoine Ronsain² (2026). *De l'intention à l'itinéraire : Comprendre la demande en matière de multimodalité air-rail en Europe*, Chaire Travel, ENAC.

Affiliations :

- ¹ CEA I-Tésé & Université Paris-Saclay
- ² Ecole Nationale d'Aviation Civile (ENAC)
- ³ Toulouse School of Economics
- ⁴ Université de Bergame

De l'intention à l'itinéraire :

Comprendre la demande en matière de multimodalité air-rail en Europe (2026), Travel Chair, ENAC.

Remerciements :

La chaire TRAVEL tient à remercier ses sponsors, Air Caraïbes, French bee et Aérogestion, pour leur précieux soutien.

Présentation de la Chaire

Lancée en juin 2024 par Estelle Malavolti, la chaire TRAVEL est parrainée par Air Caraïbes, French bee et AéroGestion. Son objectif principal est de comprendre comment évolue la demande de mobilité sur les moyennes et longues distances, en mettant l'accent sur la multimodalité, définie comme le recours à plusieurs modes de transport (train, avion, ferry ou bus) au cours d'un même trajet. Pour ce faire, la recherche identifie qui opte pour la multimodalité (profils des passagers) et quels attributs de service motivent ce choix.

Si cette approche intégrée est bien établie en Asie, notamment en Chine, son adoption par les voyageurs européens reste marginale. Cela est vrai malgré l'existence de partenariats européens, tels que ceux entre Air France et la SNCF ou entre Lufthansa et la Deutsche Bahn. Il est donc nécessaire d'étudier les causes profondes de cette friction du marché. En analysant ces obstacles, nous pouvons comprendre pourquoi les consommateurs délaissent les offres multimodales au profit des voyages unimodaux traditionnels, ou choisissent de renoncer complètement à leurs déplacements.



Estelle Malavolti

Professeur & Chercheuse,
Directrice de la chaire



Shangrong Chen

Chercheuse associée



Sai Bravo

Chercheuse



Luca Gallarati

Doctorant



Zélie Gankon

Chercheuse postdoctorale



Imane Hoummirat

Chercheuse postdoctorale



Antoine Ronsain

Ingénieur de recherche

Sommaire

1	Axes et cadre de recherche	6
1.1	Études rétrospectives : enseignements tirés des données historiques	7
1.1.1	Tendances de la multimodalité Air-Rail en France	7
1.1.2	Évaluation d'impact d'une politique : La réforme 2025 de la taxe aérienne française.	17
1.2	Études prospectives : Anticiper les comportements futurs en matière de mobilité	22
1.2.1	Enquête sur les préférences déclarées et modélisation des choix	22
1.2.2	Économie expérimentale : Approches en laboratoire	26
2	L'enquête européenne : Design et portée	28
2.1	Objectifs de recherche	28
2.2	Architecture du questionnaire	29
2.2.1	Expérience de choix discret	29
2.2.2	Évaluation des déterminants psychologiques	30
2.2.3	Habitudes de voyage en tant que préférences révélées	32
2.3	Déploiement européen	33
3	Résultats d'enquête	34
3.1	Profil psychologique des personnes enquêtées	34
3.1.1	Distribution générale des piliers psychologiques	34
3.1.2	Disparités sociodémographiques en matière de sensibilité psychologique	35
3.2	Expériences de voyage passées et habitudes	37
3.2.1	Archétypes de voyageurs et exclusion du marché	37
3.2.2	Facteurs sociodémographiques influant sur les choix de mobilité	39
3.2.3	Motifs de voyage et arbitrages modaux	40
3.2.4	Contexte du voyage : compagnons de voyage, compagnies aériennes et préférences	42
3.3	Préférences déclarées : choix effectués dans le cadre d'une expérience de choix discret (DCE)	42
3.3.1	Répartition globale des préférences en matière de modes de transport	42
3.3.2	L'influence des caractéristiques sociodémographiques sur le choix du mode de transport	44
3.4	Analyse croisée : lier les habitudes, les choix déclarés et la psychologie	45
3.4.1	Évaluation de l'inertie modale : de l'expérience passée au choix déclaré	45
3.4.2	Les signatures psychologiques des reports modaux	48
3.4.3	Le paradoxe environnemental : sensibilité déclarée vs action concrète	50
3.5	Comparaison transnationale des comportements de mobilité	51
3.5.1	Expérience de choix discrets (DCE) et accès au marché	51
3.5.2	Activité de voyage et habitudes multimodales	52
3.5.3	Compensation CO ₂ et paradoxe environnemental	53

Chapitre 1

Axes et cadre de recherche

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur les différents axes de recherche abordés au sein de la Chaire TRAVEL. L'objectif principal de cette Chaire est de comprendre comment évolue la demande de mobilité à moyenne et longue distances, en mettant particulièrement l'accent sur l'analyse du comportement des consommateurs et des voyageurs face aux transformations de l'industrie.

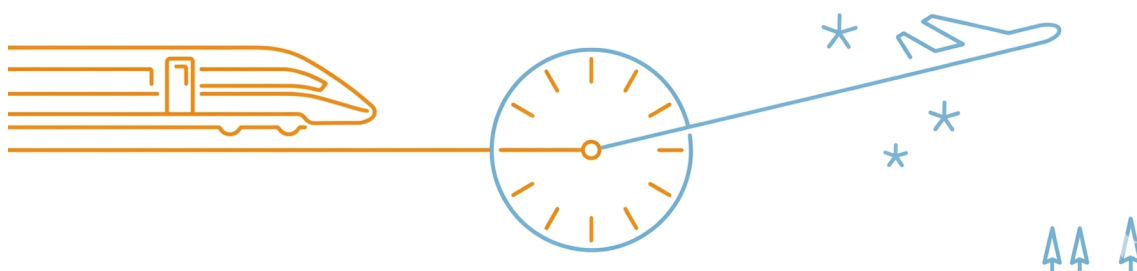
Cette compréhension s'appuie sur une stratégie de production de preuves multi-sources. D'une part, nous analysons les préférences révélées et l'impact des politiques publiques à partir de bases de données historiques existantes. D'autre part, nous anticipons la manière dont les usagers pourraient se comporter face à de nouvelles offres de voyage grâce à des enquêtes européennes dédiées sur les choix discrets et à des expériences contrôlées en laboratoire.

Bien que l'objet principal de ce rapport soit de détailler les résultats du questionnaire européen — visant à développer une meilleure compréhension de la demande de transport multimodal —, nous profitons de ce chapitre introductif pour mettre en lumière le cadre de recherche et de collecte de données plus large que la Chaire déploie activement.

Dans la littérature existante, les termes *multimodalité* et *intermodalité* sont fréquemment utilisés de manière interchangeable, bien qu'ils renvoient à des concepts différents. Dans le transport de marchandises, un trajet multimodal désigne l'utilisation de plusieurs modes de transport sous la gestion d'une seule et même entreprise, tandis qu'un trajet intermodal implique plusieurs opérateurs coordonnant l'utilisation de différents modes de transport. Lorsque ces concepts sont transposés au transport de passagers, la distinction devient moins évidente.

Les voyages multimodaux peuvent nécessiter l'achat de plusieurs billets, tandis que les voyages intermodaux impliquent un billet unique pour l'ensemble des modes de transport. Dans cette analyse, nous définissons l'intermodalité comme un transport coordonné à travers différents réseaux avec un billet unique, tandis que la multimodalité fait référence à un transport non coordonné nécessitant l'achat de plusieurs billets.

Image inspirée par le site web de Lufthansa Express Rail.



1.1 Études rétrospectives : enseignements tirés des données historiques

Nous présentons deux études basées sur des bases de données existantes. La première définit la demande de transport aérien à l'aide de l'enquête *National Airport Passenger Survey* (ENPA) de la Direction Générale de l'Aviation Civile, menée dans 10 grands aéroports français². La seconde mesure l'impact de l'augmentation de la « Taxe de Solidarité » (TSBA) sur l'offre et la demande, en utilisant des données issues de diverses sources telles que les données de marché d'AéroGestion, Eurostat, l'OCDE et la Banque mondiale.

1.1.1 Tendances de la multimodalité Air-Rail en France

Ce projet est guidé par notre considération de la multimodalité *Air-Rail* comme un substitut plus écologique aux vols d'appoint court-courriers (Vespermann and Wald, 2011; Chiambaretto and Decker, 2012; Zanin et al., 2012). Cette substitution repose sur un arbitrage favorable : le temps de trajet supplémentaire est souvent non prohibitif lorsqu'il est mis en balance avec l'atténuation significative des émissions de CO₂ (Avogadro et al., 2021). Au-delà de l'argument écologique, l'intégration *Air-Rail* est également perçue comme un outil de décongestion du trafic aérien dans certains pays comme la Chine (Li and Sheng, 2016).

Cette étude examine les déterminants du voyage multimodal Air-Rail chez les passagers aériens français, en mettant l'accent sur l'évolution de ce comportement. Plus précisément, nous analysons dans quelle mesure les caractéristiques socio-démographiques, les habitudes de voyage et la sensibilité environnementale influencent la probabilité des passagers de choisir un itinéraire multimodal plutôt qu'un itinéraire unimodal. L'analyse apporte un éclairage nouveau sur la part de passagers optant déjà pour des alternatives de voyage plus écologiques, les segments les plus enclins à le faire, ainsi que les facteurs clés favorisant l'adoption des connexions Air-Rail.

À cette fin, nous nous appuyons sur l'enquête ENPA, menée annuellement en France depuis 2009 par la DGAC. Cette enquête transversale répétée est particulièrement bien adaptée à l'étude des moteurs du voyage multimodal pour deux raisons. Premièrement, elle capture des *préférences révélées* : les passagers déclarent les choix de mobilité qu'ils ont réellement faits en conditions réelles, fournissant ainsi des informations de bout en bout sur l'ensemble de leur voyage. Deuxièmement, ces enquêtes sont d'une richesse de contenu exceptionnelle, nous permettant de modéliser le choix modal en fonction des caractéristiques individuelles ainsi que de celles des personnes qui les accompagnent.

Présentation des données et critères de sélection

À chaque vague, l'ENPA interroge environ quarante mille passagers dans les plus grands aéroports commerciaux de France (Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), 2009-2025). Les informations recueillies se répartissent en trois grandes catégories :

- **Caractéristiques socio-démographiques** des passagers et des personnes les accompagnants (résidence, âge, genre, emploi, etc) ;
- **Caractéristiques du voyage** : tous les détails du voyage prévu (point de départ et destination, date du voyage, aéroport, informations relatives à la réservation et composition du billet) ;

2. Enquête Nationale des Passagers Aériens (ENPA), Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC).

- **Futures intentions de voyage** : les attentes que les passagers se fixent quant à leur comportement futur en matière de déplacements, compte tenu des défis environnementaux.

Pour étudier la multimodalité, nous restreignons l'échantillon aux passagers confrontés à un choix réel entre le rail, la route et l'aérien sur le premier segment de leur voyage. Plus précisément, nous sélectionnons les passagers au départ d'un vol international depuis l'aéroport de Paris Charles de Gaulle (CDG) et dont l'origine se situe dans une région française ou européenne suffisamment éloignée de l'Île-de-France, afin de s'affranchir de la simple question de l'accès à l'aéroport. La Figure 1.1 cartographie cette sélection, affichant les régions de départ en France et en Europe des passagers prenant un vol international depuis l'aéroport de Paris CDG.

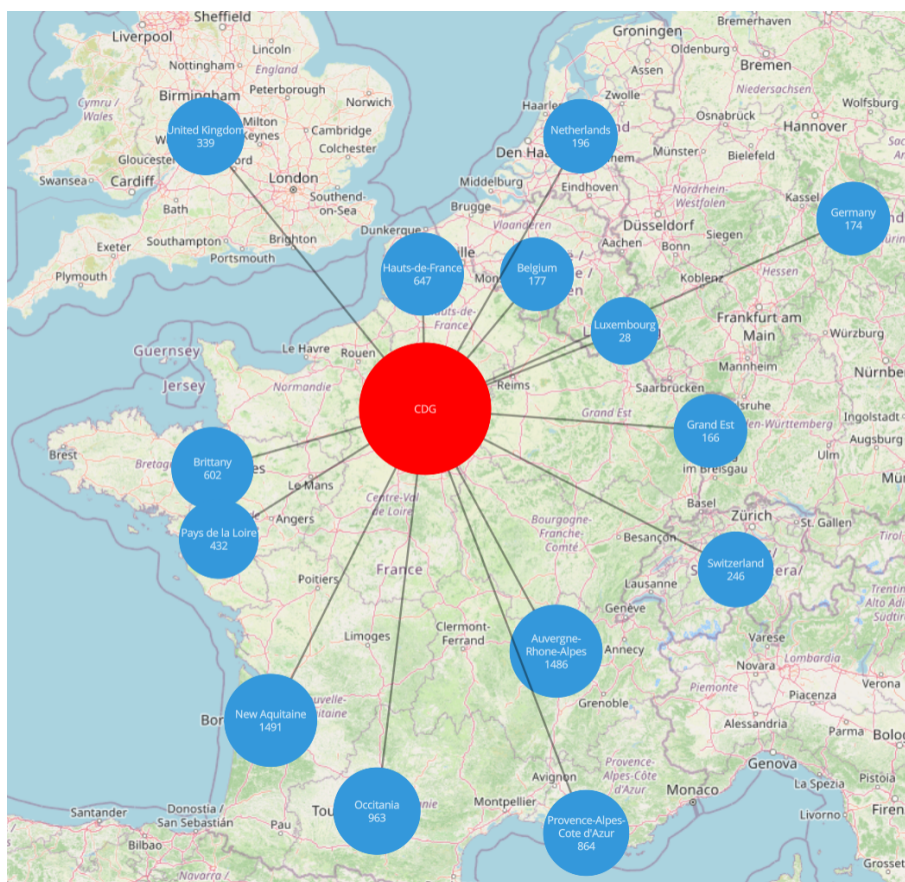


FIGURE 1.1 – Régions de départ des voyageurs atteignant l'aéroport Charles de Gaulle.

CDG est particulièrement adapté à notre analyse pour deux raisons. Premièrement, le hub est desservi par un vaste réseau routier et ferroviaire, ce qui le rend accessible aux passagers de toute la France par de multiples modes. Deuxièmement, CDG traite un volume important de passagers voyageant vers de nombreuses destinations internationales — 72 millions de passagers en 2025³ — ce qui garantit une puissance statistique suffisante pour l'ensemble des catégories modales.

Le Tableau 1.1 présente la taille de l'échantillon final (et le pourcentage) par année résultant du processus de sélection des données décrit ci-dessus. L'analyse des données et le travail

3. Source : Groupe Aéroports de Paris.

empirique reposeront sur ces 8 293 individus.⁴

Année d'enquête	Nombre de passagers
2012	819 (2,44%)
2013	441
2014	750
2015	700
2016	710
2023	2,502 (5.45%)
2024	2,503 (5.95%)
Total	8,293

TABLE 1.1 – Nombre de passagers enquêtés par année (% de passagers sélectionnés dans l'échantillon total)

Profils descriptifs de la multimodalité des passagers

Définition des combinaisons modales

Nous distinguons trois combinaisons modales possibles : *Air-Air*, *Air-Rail* et *Air-Route*. Les options Air-Rail et Air-Route correspondent respectivement aux passagers ayant emprunté le transport ferroviaire ou routier (autobus, voiture, etc.) sur la première partie de leur trajet pour rejoindre l'aéroport de CDG. Autrement dit, il s'agit du premier mode de transport utilisé avant de prendre leur vol à l'aéroport de CDG. L'option Air-Air s'applique aux passagers ayant pris un premier vol pour rejoindre l'aéroport de CDG. Il s'agissait donc de passagers en correspondance à l'aéroport au moment de l'enquête.

Tendances temporelles et saisonnalité

La Figure 1.2 présente la répartition des choix modaux au fil des années d'enquête. Aucune tendance monotone n'apparaît dans la variable dépendante : l'Air-Rail semble avoir été le choix prédominant avant 2016, avant de céder la place à l'Air-Air au cours des années suivantes. Cette absence de tendance inconditionnelle claire souligne la nécessité de contrôler par les caractéristiques individuelles et liées au voyage afin de comprendre les déterminants des choix modaux des passagers.

La figure 1.3 présente la même répartition ventilée par mois de voyage. Bien qu'aucune tendance saisonnière claire ne se dégage dans l'ensemble, la part des itinéraires air-rail augmente sensiblement en juillet, ce qui suggère un effet saisonnier potentiel pour ce mode de transport qui mérite d'être approfondi.

L'influence du motif du déplacement

Pour comprendre les comportements de voyage, il est nécessaire de prendre en compte les motifs de déplacement, car différents types de passagers sont susceptibles de présenter des fonctions de demande de transport distinctes. La figure 1.4 illustre la répartition des motifs de déplacement au fil des vagues d'enquête dans notre échantillon.

Le loisir s'impose systématiquement comme le motif dominant, représentant la plus grande part des voyages tout au long de la période observée, suivi par les déplacements profession-

4. Pour le moment, nous nous concentrons sur les individus au départ de CDG, mais étendre cette analyse aux passagers au départ d'autres grands aéroports fortement connectés, tels que Lyon-Saint Exupéry, constitue une piste prometteuse pour de futures recherches.

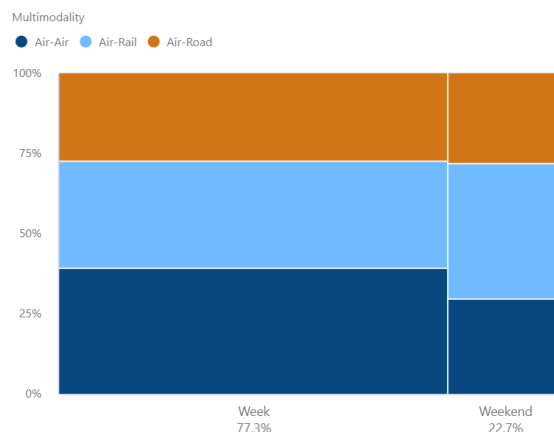


FIGURE 1.2 – Choix modaux à travers les années.

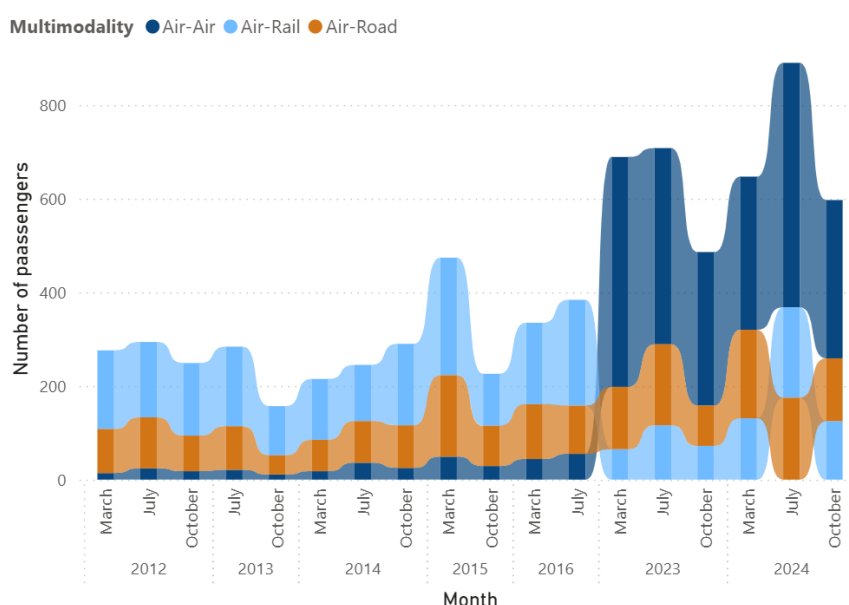


FIGURE 1.3 – Nombre de passagers par mode de transport, par mois et par année du voyage.

nels et les visites à des amis ou à des proches, dont l'ordre de grandeur reste comparable.⁵ Il est intéressant de noter qu'entre 2015 et 2016, la part des voyages de loisirs a nettement augmenté, reflétant une baisse correspondante des déplacements professionnels. Ce changement de composition représente une inversion de la tendance observée entre 2014 et 2015, période qui avait vu une expansion forte mais temporaire des voyages d'affaires. L'interruption de la collecte de données entre 2016 et 2023 empêche une évaluation plus granulaire de l'évolution des motifs de voyage sur cette période. Néanmoins, les vagues de 2023 et 2024 suggèrent que le classement général des motifs de voyage est resté globalement stable.

La Figure 1.5 présente la répartition des choix modaux selon les motifs de voyage. Les voyageurs de loisirs représentent la plus grande part des trajets Air-Rail, bien que la proportion d'adoption de l'Air-Rail reste globalement comparable d'un motif à l'autre. Une tendance notable apparaît chez les passagers voyageant pour rendre visite à de la famille ou à des amis, qui affichent une propension nettement plus élevée à choisir des connexions Air-Air par rap-

5. La catégorie *Autres* englobe les voyages pour raisons de santé, les événements culturels ou sportifs, les études et d'autres motifs non classés spécifiquement.

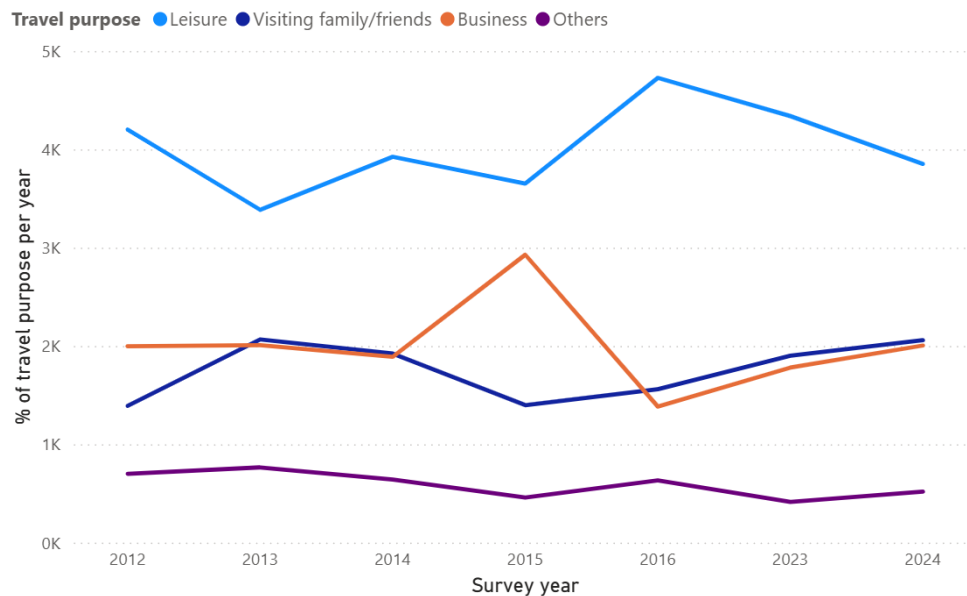


FIGURE 1.4 – Motifs de voyage à travers les années d'enquête.

port aux autres groupes. Inversement, la part des itinéraires Air-Rail est légèrement plus élevée pour les voyageurs de loisirs et quelque peu inférieure pour les voyageurs professionnels. Deux interprétations peuvent expliquer cette divergence. Premièrement, les voyageurs d'affaires et de loisirs peuvent différer dans leur valorisation du temps de trajet, les passagers professionnels accordant une importance accrue à la rapidité et à la fiabilité des horaires. De plus, les voyageurs rendant visite à des amis ou à des proches peuvent privilégier des horaires qui leur permettent de passer plus de temps avec leurs proches. Deuxièmement, les différents groupes de voyageurs peuvent avoir des niveaux de tolérance variables face à la charge logistique liée à la coordination de modes de transport distincts, une contrainte qui peut peser plus lourdement sur les voyages d'affaires sensibles au facteur temps.

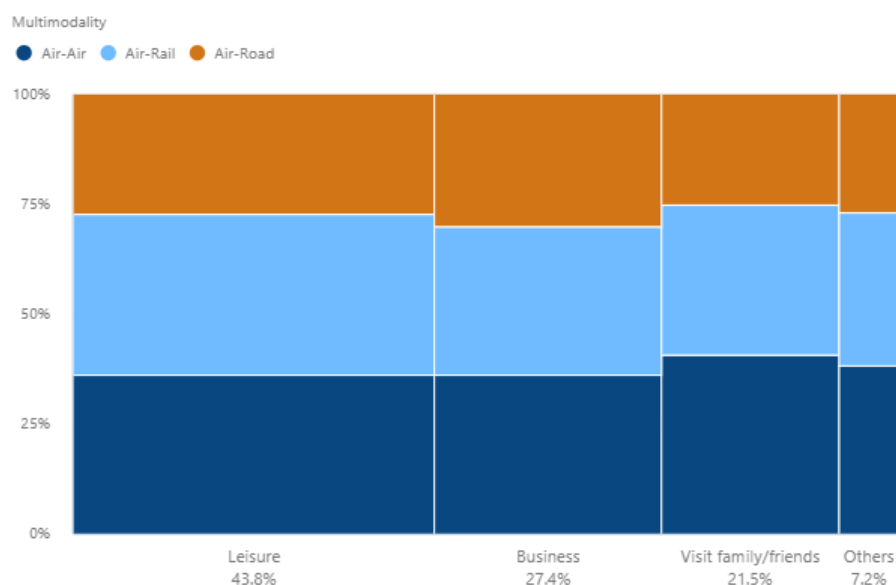


FIGURE 1.5 – La multimodalité à travers les différents motifs de voyage.

Day of the Week Dynamics

The survey data reveal different modal preferences between weekdays and weekends. As shown in Figure 1.6, Air-Rail combinations become the predominant choice during weekends, displacing a bit of Air-Air itineraries. Weekend trips are generally for leisure and visiting purposes, thus weekend passengers may have more time to combine rail transport with their flight. Conversely, business travelers traveling during the week may be constrained by professional obligations, limiting the time available to connect between modes.

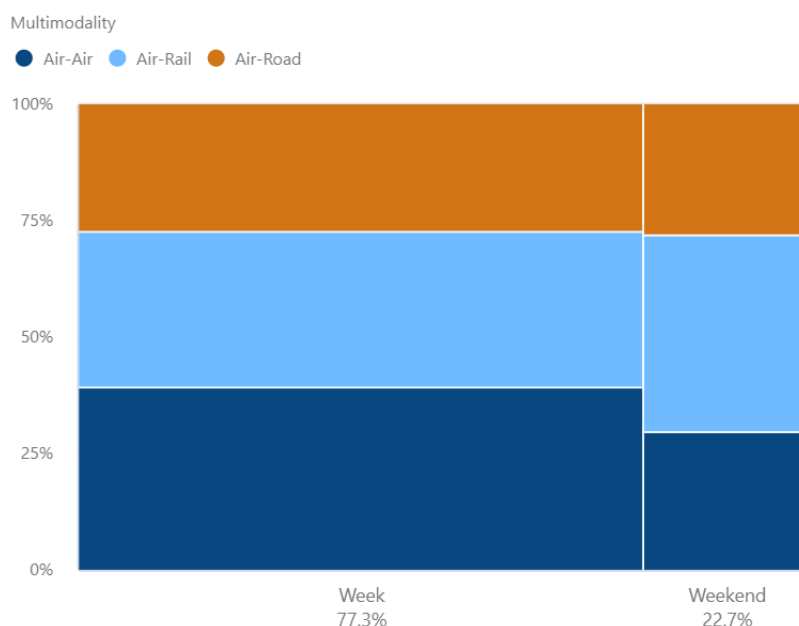


FIGURE 1.6 – La multimodalité sur l’ensemble des jours de voyage.

Horizon de réservation (achat anticipé)

Une autre variable intéressante est le délai d’achat, mesuré en nombre de jours écoulés entre l’achat du billet et la date du voyage. La figure 1.7 représente le délai d’achat moyen par mode de transport sur l’ensemble des années couvertes par l’enquête. Entre 2013 et 2026, on constate que les passagers air-air ont tendance à réserver leurs billets plus longtemps à l’avance que les autres passagers. Cependant, nous observons une tendance différente au cours des deux dernières années de notre échantillon (2023 et 2024), les passagers « avion-train » réservant plus tôt que les passagers air-air. En revanche, les passagers air-route affichent systématiquement l’horizon de réservation le plus court (2012 étant la seule exception).

Lorsque l’on ventile l’échantillon en fonction du motif du voyage, la tendance est légèrement différente (figure 1.8). En effet, les passagers air-rail réservent systématiquement leurs billets plus tôt que les autres passagers. Cela pourrait s’expliquer par le fait que cela a été largement le cas au cours des deux dernières années de notre échantillon (2023 et 2024), qui représentent une part plus importante de notre échantillon total (voir le tableau 1.1). Un autre fait intéressant, mais sans surprise, est que les voyageurs d’affaires réservent généralement moins à l’avance, tandis que les voyageurs d’agrément réservent plus à l’avance, avec un écart d’environ 30 jours.

La figure 1.9 examine plus en détail si cette tendance varie selon les saisons. Quelle que soit la saison de voyage considérée — printemps, été ou automne —, les passagers air-rail réservent systématiquement leurs billets plus tôt que ceux qui optent pour d’autres modes de

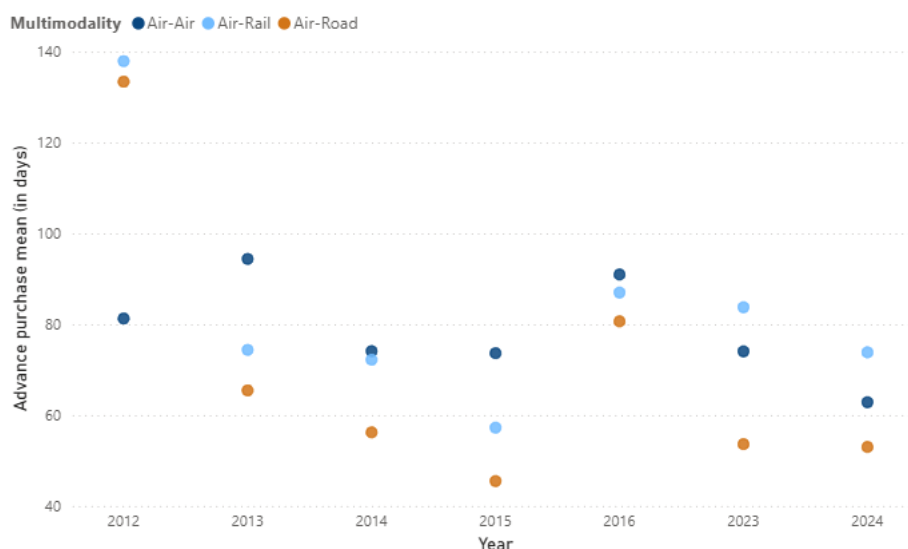


FIGURE 1.7 – Délai moyen d'achat : nombre de jours entre la réservation et le départ.

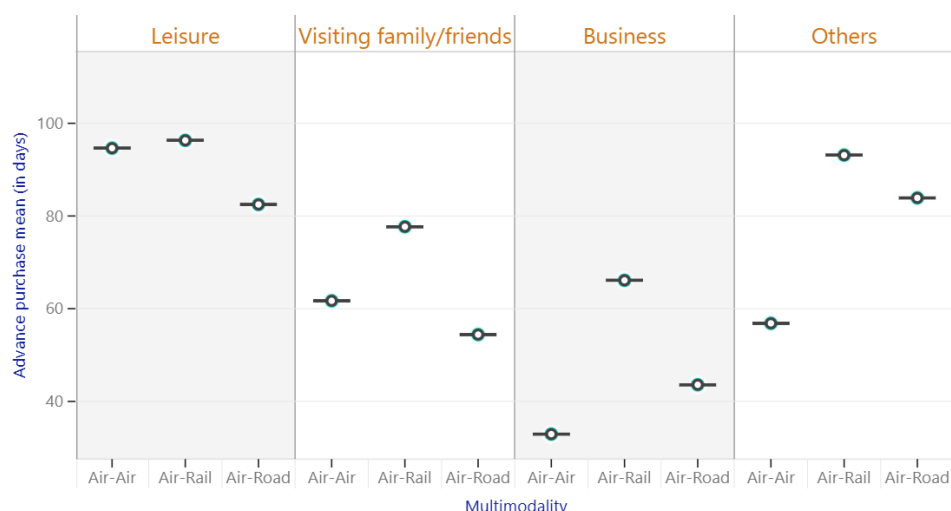


FIGURE 1.8 – Moyenne d'anticipation de l'achat par motif de voyage.

transport, le pic d'anticipation étant enregistré en octobre.⁶ En ce qui concerne les passagers air-air, l'horizon de réservation le plus long est observé en juillet, un mois principalement associé aux loisirs et aux visites à la famille ou aux amis, ce qui concorde avec la conclusion précédente selon laquelle les voyageurs d'agrément ont tendance à planifier leurs voyages plus longtemps à l'avance.

Distance parcourue

Nous examinons ensuite si les choix modaux varient en fonction de la distance parcourue. Comme l'illustre la figure 1.10, les passagers des liaisons long-courriers manifestent une préférence plus marquée pour les itinéraires air-air que les passagers des liaisons court- et moyen-courriers. Cette tendance corrobore l'idée selon laquelle les voyageurs long-courriers privilégient les correspondances fluides et cherchent à réduire au minimum la complexité des trans-

6. L'enquête ENPA est généralement menée en trois vagues distinctes par an : mars, juillet et octobre. Cependant, la collecte de données a été moins systématique certaines années, avec un nombre réduit de vagues. Par conséquent, notre échantillon n'inclut pas les passagers hivernaux.

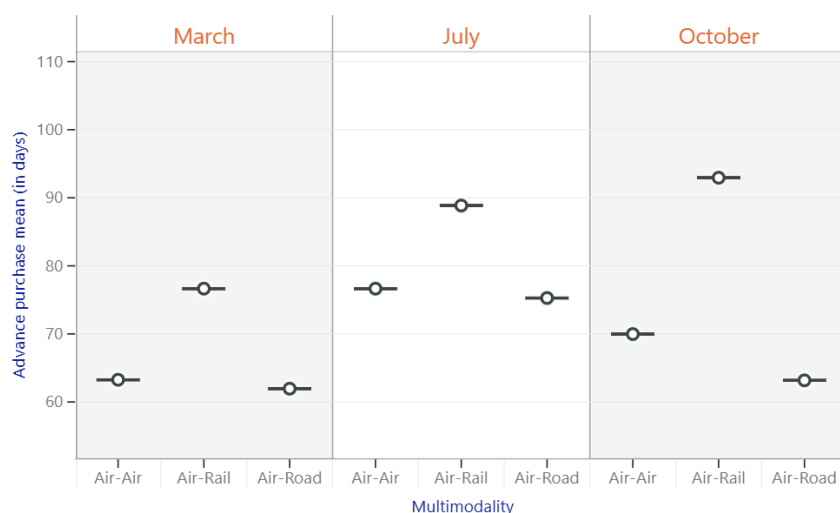


FIGURE 1.9 – Moyenne d'anticipation de l'achat en fonction de la saison de voyage.

ferts, ce qui rend un itinéraire entièrement aérien plus attractif. À l'inverse, les passagers des trajets court et moyen-courriers affichent une part nettement plus élevée de choix air-route, ce qui suggère que le transport terrestre reste un mode d'accès compétitif — voire préféré — pour les trajets plus courts, où les écarts de temps de trajet entre la route et le rail sont moins marqués.

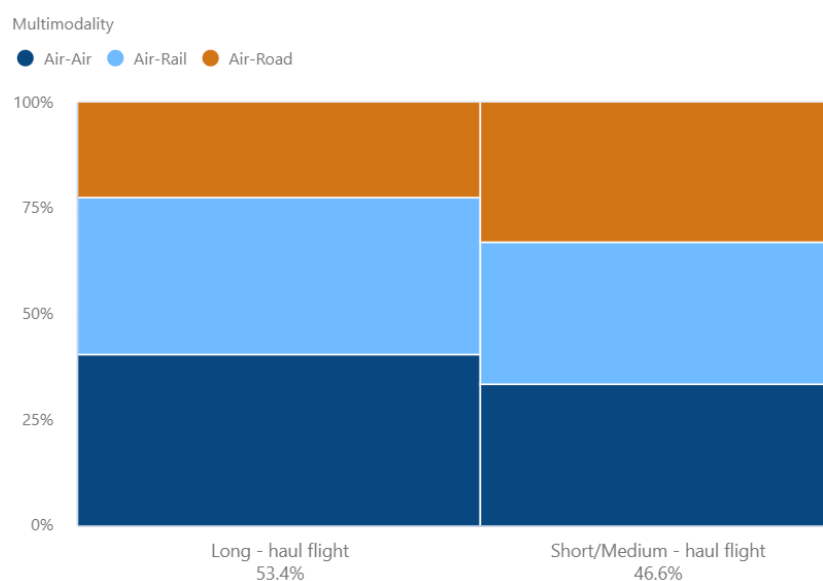


FIGURE 1.10 – Choix multimodal en fonction de la distance parcourue.

Caractéristiques socio-démographiques

Une analyse descriptive plus approfondie a été menée sur les autres variables de contrôle. En ce qui concerne l'âge, les données révèlent un gradient générationnel clair dans les préférences intermodales : les passagers plus jeunes présentent la plus forte propension à opter pour des trajets avion-train, tandis que les passagers plus âgés affichent une tendance plus marquée vers les itinéraires avion-avion. Ce schéma peut refléter des différences génération-

nelles en matière de familiarité avec les voyages en train, les plateformes de réservation en ligne, la conscience environnementale, ou simplement une préférence pour la simplicité offerte par un mode de transport unique.

Nous examinons ensuite la composition des groupes de voyageurs. Les passagers voyageant seuls représentent la plus grande part des choix air-rail, tandis que ceux voyageant en groupes de quatre personnes ou plus ont davantage tendance à opter pour des itinéraires air-air. Ce résultat est intuitif : pour les groupes plus importants, il peut s'avérer plus simple sur le plan logistique — et potentiellement plus économique — de s'en tenir à un seul itinéraire aérien plutôt que de coordonner un voyage multimodal entre plusieurs voyageurs. Nous avons également constaté que les trajets avion-route sont comparativement plus fréquents parmi les petits groupes de trois passagers ou moins, mais que leur part diminue nettement à partir de quatre passagers. Cet effet de seuil pourrait refléter l'inconfort et le coût croissants des déplacements routiers à mesure que la taille du groupe augmente, rendant les correspondances aériennes relativement plus attrayantes.

Une suite logique de cette analyse consisterait à examiner si la présence de jeunes enfants influence les préférences en matière de mode de transport. Cependant, il s'est avéré particulièrement difficile de prendre en compte cette catégorie démographique spécifique dans le cadre de l'ENPA. En raison de la sous-représentation probable des passagers voyageant avec des enfants de moins de 12 ans dans l'échantillon sélectionné, leur nombre est trop restreint pour tirer des conclusions statistiquement significatives ; cette dimension est donc laissée de côté.

Stratégie économétrique : Modèle Logit Multinomial

Pour estimer la probabilité de choisir une combinaison de trajet donnée (*air-air*, *air-rail* ou *air-route*), on utilise un **modèle logit multinomial**. Comme variables de contrôle dans les estimations, nous disposons de variables sociodémographiques (tranche d'âge des répondants, catégorie socioprofessionnelle, sexe, etc.) et de variables spécifiques au déplacement (motif du déplacement, nombre de personnes voyageant avec la personne interrogée, durée du séjour, etc.). Nous ajoutons également un effet fixe Origine-Destination afin de tenir compte des itinéraires mieux adaptés que d'autres aux combinaisons multimodales.

Modèle Logit Multinomial

Le modèle logit multinomial (MNL) est utilisé pour estimer la probabilité qu'un voyageur choisisse la combinaison intermodale $j \in \{\text{Air-Air}, \text{Air-Rail}, \text{Air-Road}\}$ étant donné un ensemble de caractéristiques observées $\mathbf{x}$. Chaque alternative j est associée à une utilité latente :

$$U_{ij} = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}_j + \varepsilon_{ij}$$

où $\mathbf{x}_i$ désigne les caractéristiques de l'individu et du voyage, $\boldsymbol{\beta}_j$ est le vecteur de coefficients spécifiques à l'alternative, et ε_{ij} est un terme d'erreur Gumbel i.i.d. (indépendant et identiquement distribué). Sous cette hypothèse, la probabilité de choix prend l'expression analytique suivante :

$$P(y_i = j \mid \mathbf{x}_i) = \frac{\exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}_j)}{\sum_{k=1}^J \exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}_k)}$$

Les coefficients sont estimés par maximum de vraisemblance et s'interprètent comme des ratios de log-odds (logarithmes des rapports de chances) par rapport au mode de référence (Air-Air).

Résultats préliminaires sur le choix modal

La Figure 1.11 présente les log-odds (logarithmes des rapports de chances) de choisir l’Air-Rail ou l’Air-Route. La modalité de référence est *Air-Air*, ce qui signifie que les coefficients d’estimation sont calculés par rapport à cette catégorie de mode de transport. Plusieurs coefficients significatifs issus de nos premières estimations retiennent notre attention.

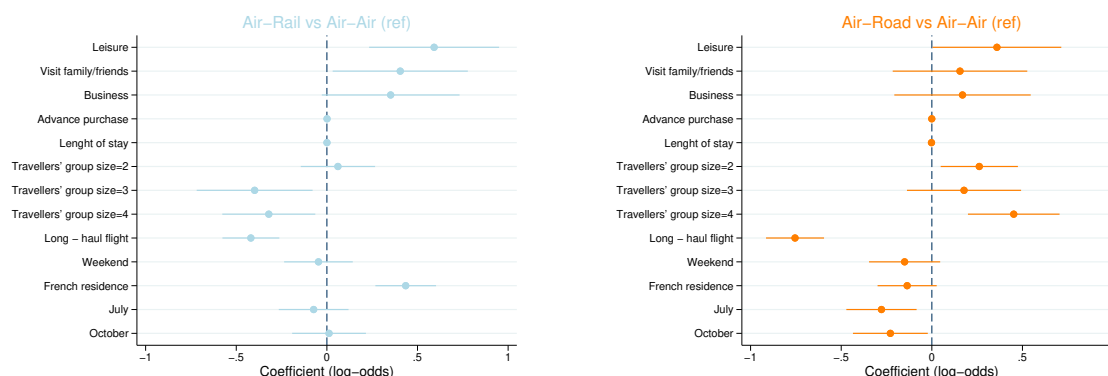


FIGURE 1.11 – Modèle Logit Multinomial, référence : Air-Air.

- **Motif de voyage :** Par rapport à la catégorie de référence (*Autres*), les motifs liés aux vacances et aux visites sont associés à une probabilité nettement plus élevée de choisir la combinaison avion-train plutôt que la combinaison avion-avion, tandis que le motif professionnel est également significatif au niveau de 10 %.
- **Anticipation de l’achat du billet :** Le nombre de jours entre la réservation et le départ est positivement et significativement associé à la probabilité de choisir la combinaison avion-train plutôt que la combinaison avion-avion, ce qui suggère que les passagers optant pour la combinaison avion-train ont tendance à planifier leur voyage plus longtemps à l’avance. Il convient de noter un problème potentiel de causalité inverse concernant la variable relative à l’achat anticipé. D’une part, le temps restant avant le départ peut limiter l’éventail des options de transport envisageables, poussant de fait les passagers vers un choix modal particulier. D’autre part, une préférence préalable pour un mode de transport donné peut amener les passagers à adapter leur date de réservation en conséquence. Pour répondre à cette préoccupation d’endogénéité, il faudrait une stratégie empirique spécifique, ce que nous reconnaissons comme une piste importante pour de futurs travaux.
- **Âge :** Les passagers plus âgés sont nettement moins enclins à opter pour des solutions intermodales par rapport au mode air-air. Cet effet négatif atteint le seuil de signification statistique à 10 % à partir de la tranche d’âge des 25-34 ans pour le mode « avion-route », et à partir de la tranche d’âge des 55-64 ans pour le mode air-rail, ce qui confirme l’existence d’un gradient générationnel dans l’adoption des solutions intermodales.
- **Taille du groupe :** Voyager à trois réduit considérablement la probabilité d’opter pour la combinaison air-rail par rapport à la combinaison air-air, tandis que les groupes de deux personnes et ceux de quatre personnes ou plus sont nettement plus enclins à choisir la combinaison avion-train.
- **Longueur du trajet :** Les vols long-courriers s’accompagnent d’une probabilité nettement plus faible de choisir les combinaisons air-rail et air-route par rapport à la combinaison air-air, ce qui corrobore l’analyse descriptive montrant que les passagers long-courriers privilégient nettement les correspondances air-air sans rupture.

La robustesse des estimations est vérifiée à l'aide de plusieurs analyses d'hétérogénéité. Tout d'abord, nous distinguons les passagers selon qu'ils résident ou non en France (voir la figure 1.12). L'idée étant que les passagers français sont peut-être plus enclins que les étrangers à intégrer le transport ferroviaire dans leur trajet, grâce à une meilleure connaissance des offres de la compagnie ferroviaire.

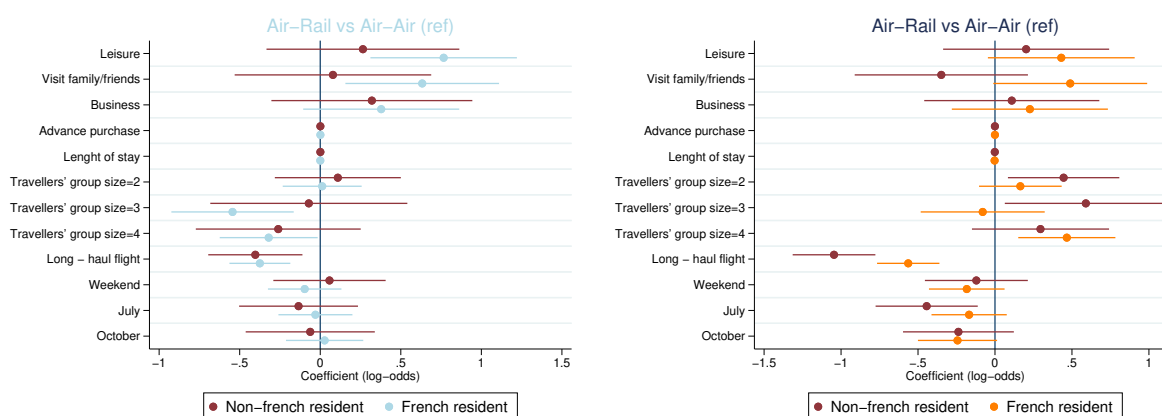


FIGURE 1.12 – Modèle multinomial logit, analyse d'hétérogénéité par rapport à la résidence française.

Nous avons également réalisé ces estimations en fonction des différents motifs de voyage et avons obtenu des résultats dont le signe est similaire à celui des spécifications principales. Quelques différences apparaissent toutefois : parmi les passagers voyageant pour rendre visite à leurs proches, par rapport aux passagers âgés de 18 à 25 ans, les passagers plus âgés sont moins enclins à choisir la combinaison avion-train. Nous avons également constaté que, parmi les passagers voyageant pour raisons professionnelles, les groupes de trois personnes sont plus susceptibles d'opter pour la combinaison avion-train.

Future extensions

Le cadre de l'ENPA offre une précieuse perspective longitudinale, permettant de suivre l'évolution du comportement des passagers aériens au fil du temps afin de cerner avec précision les changements de dynamique au sein du secteur aérien. Cela souligne l'importance cruciale de maintenir des vagues d'enquête continues et de poursuivre l'approche analytique mise en place dans cette étude. D'un point de vue empirique, il est fort probable que plusieurs déterminants présentent des effets d'interaction. Par conséquent, la prochaine étape consistera à affiner la spécification du modèle en croisant systématiquement les variables clés qui influencent la répartition modale.

1.1.2 Évaluation d'impact d'une politique : La réforme 2025 de la taxe aérienne française.

Cette étude s'appuie sur des méthodes d'évaluation d'impact pour déterminer l'effet causal des interventions de politique publique sur des variables d'équilibre du marché telles que les prix et les quantités. L'analyse empirique porte sur la taxe de solidarité sur les billets d'avion (TSBA, ou « taxe Chirac »), instaurée en 2006. Cette taxe s'applique à tous les passagers au

départ du territoire français.⁷

À l’origine, cette taxe visait à générer des recettes destinées à des initiatives en matière de développement international et de santé mondiale, mais depuis 2025, les fonds sont utilisés pour financer la transition écologique nationale. De plus, la révision de 2025 a entraîné une augmentation significative du niveau de la taxe ; par exemple, le montant de la taxe est passé de 2,63 € à 7,40 € par passager pour les vols intérieurs et intra-européens en classe économique (voir le tableau 1.2). Cette réforme s’inscrit dans les objectifs plus larges du paquet législatif « Fit for 55 » de l’Union européenne pour 2021. Alors que la révision proposée de la directive sur la taxation de l’énergie (ETD) a été confrontée à des retards législatifs persistants, la TSBA offre un levier politique national pour internaliser les externalités environnementales tout en contournant les contraintes juridiques de l’article 24 de la Convention de Chicago de 1944, qui interdit la taxation du kérosène dans l’aviation internationale.

TABLE 1.2 – Structure de la TSBA avant et après la révision de 2025 par segment de marché.

Destination	Before 03/2025		After 03/2025	
	Economique	Business	Economique	Business
France & Europe	2.63€/PAX	20.27€/PAX	7.4€/PAX	30€/PAX
Moyen courrier	7.51€/PAX	63.07€/PAX	15€/PAX	80€/PAX
Long courrier			40€/PAX	120€/PAX

L’étude menée par la chaire vise à évaluer l’impact à court terme de cette réforme sur les principales variables du marché, à savoir le trafic et la capacité (nombre de sièges). La littérature académique suggère que les effets des taxes aériennes sont les plus prononcés immédiatement après leur mise en œuvre – pendant un an –, leur impact s’atténuant souvent avec le temps (Falk and Hagsten, 2019; Helmers and van der Werf, 2025; Bernardo et al., 2024). Cela offre une fenêtre temporelle cohérente pour évaluer l’impact de la TSBA à l’aide de la méthode de contrôle synthétique.

Synthetic Control Method (SCM) / Méthode du Contrôle Synthétique

La SCM (Méthode du Contrôle Synthétique), développée par Abadie et al. (2010), combine des éléments de l’appariement (matching) et des doubles différences (DiD) pour identifier les impacts causaux lorsqu’une seule unité est traitée. Cette approche est particulièrement pertinente pour l’analyse de la révision de la TSBA, où aucun groupe de contrôle évident n’est disponible puisque la politique affecte l’ensemble des vols au départ de la France.

Nous construisons une trajectoire contrefactuelle pour l’unité traitée ($i = 1$, la France) en utilisant une moyenne pondérée d’un « bassin de donneurs » (donor pool, $j \in \{2, \dots, J + 1\}$) composé d’unités non traitées, telles que d’autres pays européens. Soit $D_{it} \in \{0, 1\}$ l’indicateur de traitement, où $D_{1t} = 1$ pour $t > T_0$ (après mars 2025) et $D_{it} = 0$ sinon.

Le cadre d’optimisation

Le modèle détermine la composition de l’unité synthétique par appariement sur un vecteur de M prédictors pré-traitement (X_{im} , par exemple le PIB, la population, le fret, l’emploi, les niveaux de trafic pré-réforme) qui déterminent la trajectoire de la variable de résultat (Y_{it} , par exemple le trafic, le nombre de sièges, la fréquence des vols).

7. À l’exception des passagers en transit dont l’escale a lieu en France. Il existe également certaines exonérations pour les résidents des territoires d’outre-mer.

- **Poids des donneurs (w_j)** : Le modèle identifie les poids optimaux w_j^* qui minimisent la distance (ou l'écart) de pré-intervention entre la France et le bassin de donneurs :

$$\min_{w_j} \sum_{m=1}^M v_m \left(X_{1m} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j X_{jm} \right)^2 \quad \text{s.t. } w_j \geq 0, \sum w_j = 1$$

- **Poids des prédicteurs (v_m)** : Ces poids d'importance sont sélectionnés de manière à minimiser l'erreur quadratique moyenne de prédiction (MSPE) entre le résultat observé pour la France et son homologue synthétique lorsque $D_{1t} = 0$:

$$V^* = \arg \min_V \sum_{t=1}^{T_0} \left(Y_{1t}(D=0) - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^*(V) Y_{jt}(D=0) \right)^2$$

Identification causale

Le résultat pour la France est alors $Y_{1t} = Y_{1t}(0) + D_{1t}\tau_{1t}$. Puisque $Y_{1t}(0)$ n'est pas observé pour $t > T_0$, nous l'estimons à l'aide du bassin de donneurs pondéré. L'effet moyen du traitement sur les traités (ATT) est estimé par :

$$\widehat{ATT}_{1t} = \mathbb{E}[Y_{1t}(1) - Y_{1t}(0) | D_{1t} = 1] = Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt} \quad (1.1)$$

Où le second terme représente le contrefactuel estimé $\hat{Y}_{1t}(D=0)$. Sous l'hypothèse que l'unité synthétique reproduit fidèlement la trajectoire de la France avant la révision ($t \leq T_0$), $\hat{\tau}_{1t}$ identifie l'impact causal de la politique de la TSBA.

Données et stratégie d'identification

Notre analyse s'appuie sur des données de marché détaillées pour la période 2022-2025 fournies par AeroGestion, notamment le trafic passagers, la capacité (nombre total de sièges) et les tarifs moyens par trimestre. La principale valeur ajoutée de cette étude par rapport à la littérature existante réside dans la granularité de nos données. Alors que les recherches précédentes se sont souvent limitées au trafic global au départ des aéroports ou à des données portant uniquement sur la fréquence (Borbely, 2019; Falk and Hagsten, 2019; Helmers and van der Werf, 2025; Gordijn and Kolkman, 2011; Bernardo et al., 2024), notre ensemble de données permet une analyse du trafic au niveau de chaque liaison spécifique. Ce niveau de détail est particulièrement pertinent pour le segment domestique — notre principal centre d'intérêt — qui est soumis à l'exposition fiscale relative la plus élevée en pourcentage du prix final du billet.

Nous apportons plusieurs améliorations essentielles à notre échantillon national afin de garantir une identification fiable. Premièrement, contrairement aux études qui utilisent des chiffres agrégés au niveau des aéroports, nous sommes en mesure de distinguer les passagers effectuant un vol au départ de ceux en correspondance. Cela est essentiel pour l'identification, car les passagers en transit sont généralement exemptés de la TSBA ; leur inclusion dans les chiffres agrégés risquerait sinon de diluer et de biaiser l'estimation de l'effet de traitement. Deuxièmement, conformément à la littérature établie, nous excluons les aéroports frontaliers afin d'isoler le choc politique national des éventuels effets de substitution transfrontaliers.

La figure 1.13 illustre les tendances du marché intérieur au sein de notre ensemble de référence (Royaume-Uni, Italie, Espagne et Portugal) et de l'unité traitée (France).⁸ Les tendances en matière de trafic et de capacité en sièges font partie des données utilisées pour notre appariement par contrôle synthétique.

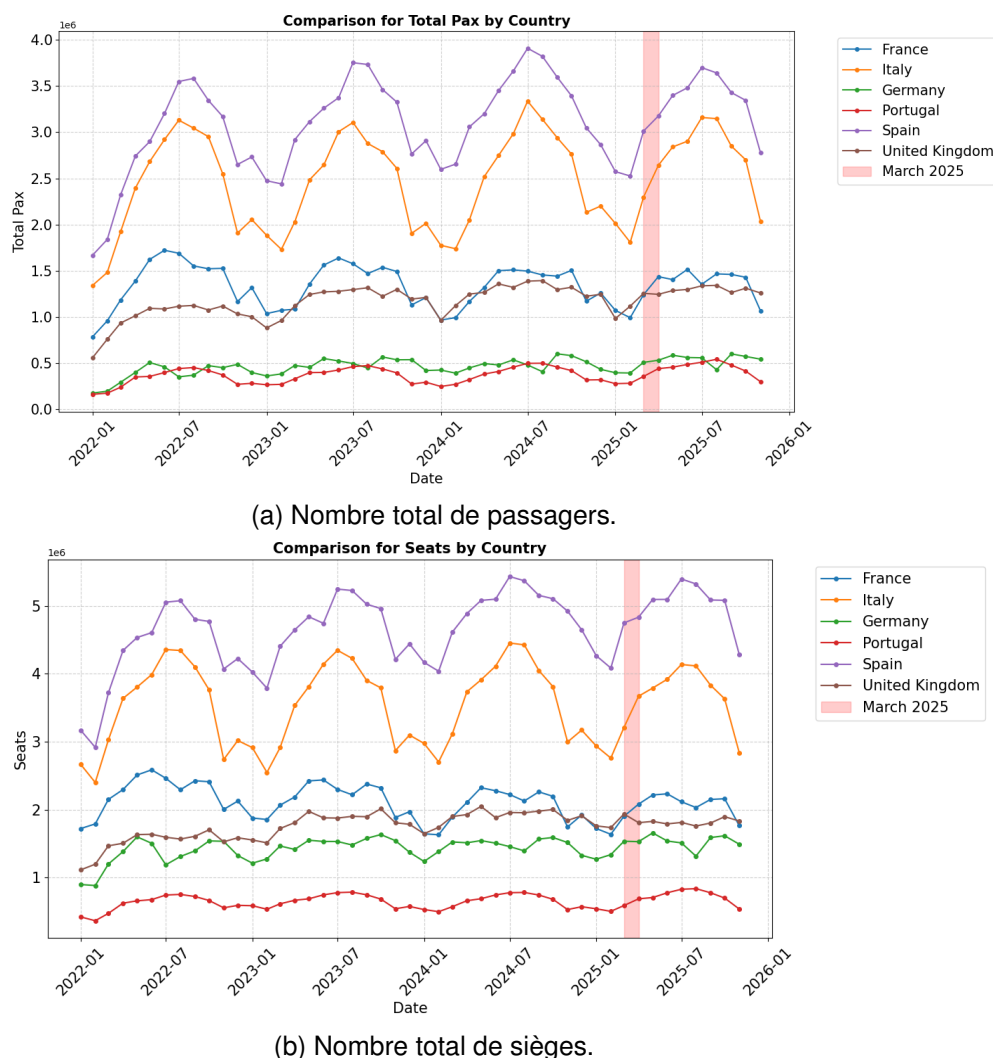


FIGURE 1.13 – Tendances du marché domestique dans les pays européens sélectionnés (2022-2025 en millions)

Ces données granulaires antérieures à l'intervention sont utilisées comme variables prédictives (X_{im}) dans notre cadre de contrôle synthétique. Nous nous assurons ainsi que le scénario contrefactuel élaboré corresponde non seulement aux grandes tendances macroéconomiques, mais aussi aux tendances structurelles du marché de l'aviation. Nous complétons ces données de marché par des variables macroéconomiques issues de la Banque mondiale – notamment le PIB, l'emploi, la population et le volume de fret – afin de saisir les facteurs sous-jacents de la demande de transport aérien.

Le modèle SCM permet une répartition clairsemée des pondérations, dans laquelle les unités les plus similaires dominent le scénario contrefactuel. Dans notre estimation du mar-

8. Bien que des données aient été recueillies pour l'Allemagne, son inclusion dans l'ensemble de référence est exclue en raison d'une révision similaire de la taxe sur l'aviation mise en œuvre en 2024, ce qui fausserait l'estimation contrefactuelle. Cela enfreindrait l'hypothèse SUTVA (Stable Unit Treatment Value Assumption).

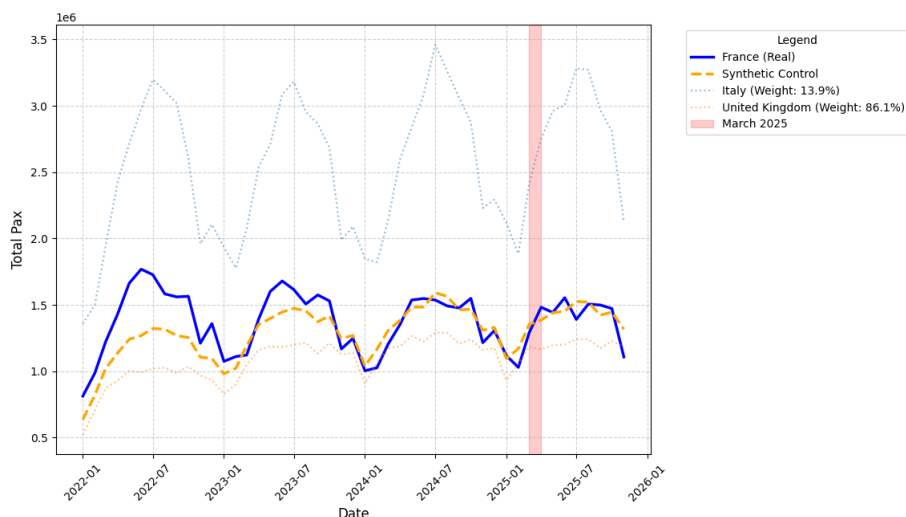


FIGURE 1.14 – Tendence de passagers : France vs France synthétique

ché intérieur, le Royaume-Uni constitue le proxy le plus proche de la France en termes de dynamique de marché, reflétant des chocs spécifiques et une saisonnalité que d'autres pays européens ne partagent pas nécessairement (voir la figure 1.14).

Hétérogénéité à travers les types d'aéroports

Nous menons également notre analyse à partir de différents sous-échantillons, en distinguant les vols au départ des aéroports hubs et non hubs. Cette distinction est essentielle, car la littérature existante met généralement en évidence un impact plus important des taxes aériennes dans les aéroports non hubs (Borbely, 2019; Helmers and van der Werf, 2025). Cependant, ces conclusions s'appuient souvent sur des chiffres agrégés du nombre de passagers au départ par aéroport, qui ne tiennent pas compte de la composition interne du trafic :

- **Aéroports Non-hubs (Low cost/Point-to-Point)** : forte sensibilité aux variations fiscales. Les tarifs de base étant plus bas, une taxe fixe se traduit par une augmentation en pourcentage plus importante. Conjugué à une forte élasticité-prix et à l'existence de substituts ferroviaires à grande vitesse, cela entraîne souvent des baisses de trafic significatives ou des suppressions de liaisons.
- **Aéroports hubs (Network Carriers)** : Une plus grande résilience. The hub-and-spoke model allows network carriers de s'adapter aux chocs politiques en réaffectant leurs capacités ou en ajustant la fréquence des vols, plutôt qu'en supprimant purement et simplement des liaisons.

Estimations préliminaires de l'impact

Les estimations préliminaires indiquent que la révision de la TSBA de 2025 a entraîné une baisse estimée à 9,4 % du nombre total de passagers au départ des aéroports pivots et une réduction de 7,3 % de la capacité totale en sièges. Ce dernier coefficient est relativement conforme à la littérature antérieure à la pandémie de COVID-19. Il est intéressant de noter que, contrairement à la littérature antérieure, nous constatons que l'effet n'est pas statistiquement significatif pour les aéroports non-hubs (qui accueillent une plus grande part de compagnies low-cost). Si ces résultats mettent en évidence une réaction significative de la de-

mande, l'ampleur des coefficients d'interaction varie en fonction de la structure des liaisons et de la connectivité.

Future Extensions

De futurs tests de robustesse permettront d'examiner plus en détail la sensibilité de ces résultats à la composition de l'échantillon de données. En effet, la forte similitude entre les secteurs aériens français et britannique, telle qu'elle transparaît dans la pondération de l'échantillon de données, nous incite à réaliser à l'avenir des tests de sensibilité de type « leave-one-out ». Cela permettra de s'assurer que l'impact identifié de -9,4 % reste robuste pour différentes compositions de l'échantillon synthétique. L'extension de l'analyse à d'autres segments de marché (moyenne et longue distance) fait également partie du programme de recherche.

1.2 Études prospectives : Anticiper les comportements futurs en matière de mobilité

Afin d'anticiper les futurs comportements de déplacement dans le contexte de la transition écologique, la chaire Travel comble une lacune importante en matière de données : les ensembles de données traditionnels se concentrent sur des trajets effectués et isolés, sans rendre compte des processus décisionnels qui sous-tendent les alternatives multimodales telles que les combinaisons avion-train. Pour pallier cette lacune, la chaire met en œuvre une stratégie de collecte de données multiméthodologique, intégrant des questionnaires, des expériences en laboratoire et des groupes de discussion. La combinaison de ces approches issues des sciences sociales garantit la solidité des données nécessaires à la modélisation économétrique avancée qui s'ensuivra.

1.2.1 Enquête sur les préférences déclarées et modélisation des choix

Ce travail s'appuie sur nos analyses précédentes, réalisées à partir d'ensembles de données existants, qui ont permis de mieux comprendre les habitudes de déplacement observées ainsi que certains des facteurs qui les déterminent. Cependant, ces données se limitent principalement aux caractéristiques socio-économiques (telles que l'âge, le revenu ou la localisation) et aux comportements observables. Elles reflètent généralement les caractéristiques du mode de transport choisi, mais n'apportent qu'un éclairage limité sur le processus décisionnel dans son ensemble.

Le choix d'un mode de transport ne dépend pas uniquement des caractéristiques intrinsèques d'une seule option. Les voyageurs prennent plutôt leurs décisions dans un contexte de marché, où ils ont accès à un ensemble d'alternatives (par exemple, différents itinéraires combinant avion et train). On peut raisonnablement supposer que, lors du processus de décision, ils comparent et évaluent ces options en fonction de leurs caractéristiques, telles que le coût, la durée du trajet, la fiabilité et l'impact environnemental.

Ce processus décisionnel inclut également la possibilité de ne pas voyager du tout. Lorsqu'ils recherchent des options de voyage sur des plateformes de réservation, les utilisateurs peuvent examiner les offres disponibles et décider finalement de n'en retenir aucune. Ce segment de voyageurs potentiels, à savoir ceux qui envisagent de voyager mais renoncent finalement, n'apparaît pas dans les ensembles de données traditionnels, qui ne recensent que les voyages effectués.

Les choix en matière de déplacement sont fondamentalement influencés par les perceptions individuelles et collectives, ainsi que par les caractéristiques psychologiques des voyageurs. Au-delà des attributs observables, des facteurs latents — tels que les attitudes latentes

vis-à-vis de l'impact environnemental, les perceptions subjectives de contrôle et la complexité cognitive du trajet — exercent une influence significative sur la manière dont les individus évaluent les options disponibles. De plus, les voyageurs s'appuient souvent sur des heuristiques comportementales et des règles de décision simplifiées plutôt que sur des compromis purement rationnels lorsqu'ils évoluent au sein de systèmes de transport complexes.

Il est donc essentiel d'intégrer cette dimension comportementale, psychologique et heuristique dans l'analyse afin d'obtenir une compréhension plus complète et plus réaliste des comportements de déplacement. Les données de marché traditionnelles, collectées de manière passive, ne permettant pas de saisir ces dynamiques non observables, les sources de données existantes n'offrent qu'une vision partielle de la demande de transport. Plus précisément, les ensembles de données empiriques standard ne parviennent pas à isoler systématiquement les composantes structurelles clés du processus décisionnel, notamment :

- L'ensemble des alternatives envisagées par les individus
- Les arbitrages effectués entre des options concurrentes
- La décision de se retirer du marché
- L'influence des caractéristiques psychologiques.

Pour pallier ces limites, et dans le cadre de l'analyse des futurs modèles de mobilité, une enquête spécifique a été conçue et menée. L'objectif est de mieux comprendre les mécanismes qui sous-tendent les choix entre les alternatives air-air et air-rail, ainsi que les facteurs qui motivent la décision de ne pas voyager. Cette approche permet une compréhension plus complète et prospective tant du choix du mode de transport que de la baisse potentielle de la demande.

Cadre conceptuel et approche analytique

Le cadre proposé vise à expliquer comment les décisions en matière de déplacement sont prises dans un contexte multimodal. Plutôt que de se concentrer sur le choix final, ce cadre cherche à identifier les facteurs qui influencent le processus décisionnel.

Le cadre présenté à la figure 2.1 s'articule autour du niveau de satisfaction (utilité) que chaque option de déplacement procure au répondant. Dans l'enquête, chaque option est décrite à l'aide d'un ensemble d'attributs : durée du trajet, coût, réduction des émissions de CO₂, possibilité de faire escale, prise en charge des bagages et flexibilité des billets. Ces attributs permettent d'analyser les compromis établis entre les considérations économiques, pratiques et environnementales.

Ce cadre tient compte des caractéristiques socio-économiques et des habitudes de déplacement. Des variables telles que l'âge, le sexe, le revenu, la composition du ménage et la région de résidence sont intégrées à l'analyse afin de refléter l'hétérogénéité des préférences et des contraintes parmi les personnes interrogées. Ces caractéristiques permettent d'expliquer les variations dans la sensibilité aux caractéristiques des transports ainsi que les différences dans les comportements de déplacement.

Outre les facteurs observables, cette approche intègre plusieurs dimensions psychologiques susceptibles d'influencer les préférences et, par conséquent, l'évaluation des modes de déplacement. Le modèle prend en compte quatre concepts latents : la conscience environnementale, les normes sociales, la complexité perçue et le contrôle pratique. Bien que ces dimensions ne puissent être observées directement, elles peuvent être mesurées indirectement à l'aide de questions d'attitude incluses dans le questionnaire.

En combinant les caractéristiques des déplacements, les caractéristiques socio-économiques et les dimensions psychologiques au sein d'un même cadre, ce modèle permet de mieux comprendre les comportements de déplacement. Cette approche intégrée permet d'analyser non

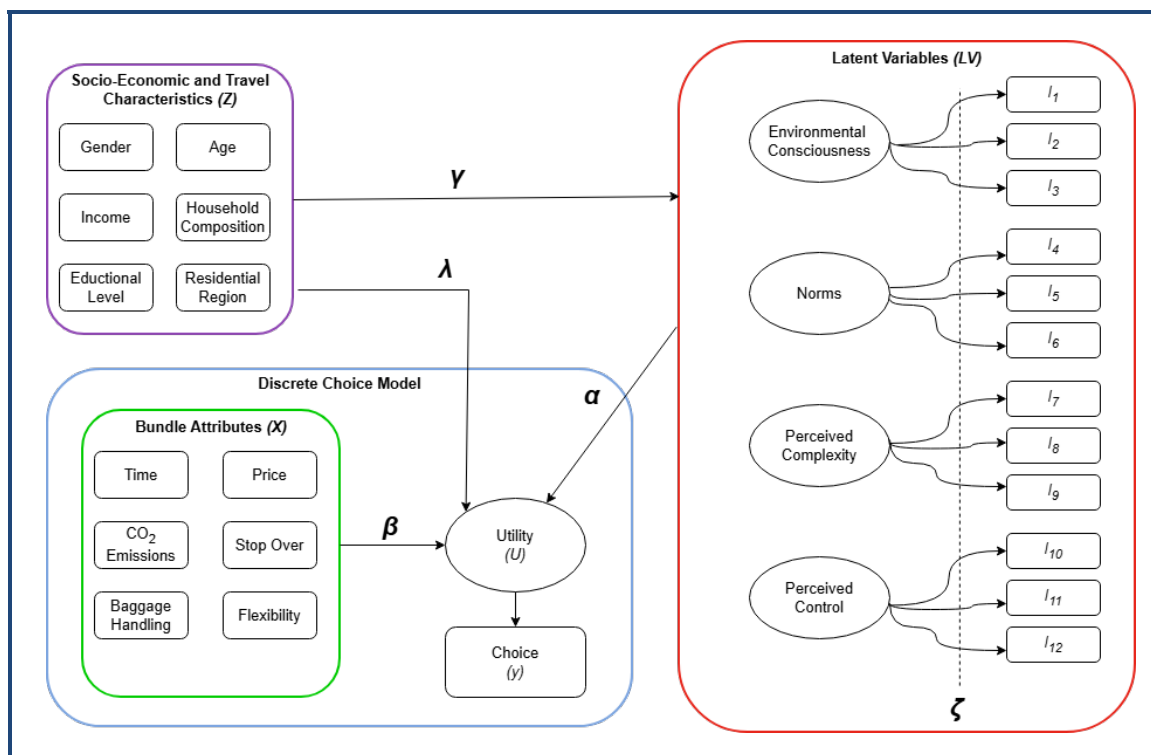


FIGURE 1.15 – Cadre conceptuel de l'analyse du choix du mode de transport

seulement les choix eux-mêmes, mais aussi les mécanismes et les perceptions qui les déterminent.

Architecture d'enquête et collection des données

Notre enquête a été conçue pour identifier les facteurs déterminants des choix de voyage sous différents angles.

Expérience de choix discret

Dans le cadre de cette enquête, les personnes interrogées ont évalué une série de scénarios de déplacement hypothétiques proposant trois types d'options :

- Avion-Avion
- Avion-Train
- Ne pas se déplacer

Expérience de choix discret (DCE)

Qu'est-ce-qu'un DCE ? Méthode fondée sur des enquêtes visant à déterminer les préférences individuelles en observant les choix effectués parmi des alternatives caractérisées par de multiples attributs dans des scénarios hypothétiques. Elle repose sur l'hypothèse selon laquelle tout bien, service ou politique peut être décomposé en un ensemble d'attributs, chacun pouvant prendre différents niveaux, et que les individus choisissent l'alternative qui maximise leur utilité.

Comment ça marche ? Les participants sont confrontés à une série de scénarios éla-

borés selon un protocole expérimental qui fait varier systématiquement les niveaux des attributs, les obligeant ainsi à faire des compromis entre des alternatives concurrentes — ce qui se rapproche davantage de la prise de décision dans la réalité que les méthodes de notation ou de classement directes.

Comment les résultats sont-ils analysés ? Les choix observés sont modélisés à l'aide de modèles de choix discrets (logit multinomial, logit mixte) afin d'estimer l'importance des attributs, les taux marginaux de substitution et la disposition à payer.

Quels sont les domaines d'application ? Economie comportementale (transport, santé, etc.), marketing, évaluation des politiques publiques.

Chaque alternative a été décrite en utilisant un ensemble cohérent d'attributs, notamment :

- Coût de trajet,
- Temps de trajet,
- Niveau de réduction des émissions de carbone,
- Possibilité d'un stopover,
- Niveau de flexibilité du ticket.

Ces caractéristiques ont été systématiquement modifiées dans chaque scénario, selon un protocole expérimental structuré, afin de garantir que leur effet puisse être observé de manière indépendante. Cette approche permet d'observer de manière directe et contrôlée comment les individus font la part des choses entre des facteurs et des options concurrents.

Préférences révélées

Outre le DCE, l'enquête recueille des informations sur les préférences manifestées, c'est-à-dire les comportements réels en matière de déplacements. Les personnes interrogées ont été invitées à indiquer leurs déplacements récents, leurs itinéraires et les modes de transport utilisés. Ces données reflètent les comportements réels. Elles constituent un point de référence utile. L'objectif est d'ancrer l'analyse dans les comportements observés et de la comparer aux choix déclarés. Cela permet d'évaluer la cohérence des réponses, d'observer les évolutions des choix et de renforcer la fiabilité des résultats.

Le questionnaire examine également les habitudes à travers des questions sur les schémas de mobilité quotidiens. Les personnes interrogées indiquent à quelle fréquence elles utilisent certains modes de transport. Certaines ont tendance à reproduire les mêmes choix, indépendamment de l'évolution des caractéristiques ou des alternatives disponibles. L'objectif est de mettre en évidence cette inertie comportementale. Cela permet de distinguer les choix délibérés de ceux dictés par les habitudes.

Caractéristiques psychologiques

Une section spécifique est consacrée aux caractéristiques psychologiques, évaluées à l'aide d'une série de questions sur les attitudes incluses dans le questionnaire. Celles-ci sont mesurées à l'aide d'énoncés sur une échelle de Likert. Plusieurs dimensions clés sont prises en compte. La conscience environnementale reflète l'importance que les individus accordent à l'impact environnemental de leurs choix de déplacement. Les normes sociales rendent compte de l'influence des opinions ou des comportements d'autrui sur les décisions individuelles. Le contrôle perçu fait référence à la mesure dans laquelle les individus se sentent capables d'organiser et de gérer leur voyage. Enfin, la complexité perçue est liée à la difficulté ou à l'exigence perçues d'une option de déplacement. Ces facteurs jouent un rôle important dans la prise de décision. Ils influencent la manière dont les alternatives sont évaluées et dont les compromis

sont établis. L'objectif est de mettre en évidence les déterminants latents qui ne sont pas observables à travers les variables standard. L'intégration de ces dimensions permet de mieux comprendre l'hétérogénéité des préférences et contribue à une représentation plus réaliste des comportements de déplacement.

Variables Socio-économiques

Enfin, l'enquête recueille des variables socio-économiques standard, telles que l'âge, le revenu, le niveau d'éducation, la situation professionnelle et la composition du ménage. Ces variables définissent le contexte dans lequel les décisions sont prises. L'objectif est de déterminer comment les contraintes et les préférences varient d'un individu à l'autre. Cela permet de segmenter la population et facilite une interprétation plus détaillée des résultats.

1.2.2 Économie expérimentale : Approches en laboratoire

Le questionnaire décrit dans la section précédente est conçu pour recueillir les préférences déclarées, les caractéristiques psychologiques, les habitudes de déplacement observées et l'hétérogénéité socio-économique. Il offre ainsi une vue d'ensemble de la manière dont les individus évaluent les options air-air, air-rail et les alternatives extérieures lorsqu'ils sont confrontés à des scénarios de déplacement hypothétiques. Cependant, les données issues des choix déclarés restent limitées par le fait que les répondants ne subissent pas les conséquences de leurs décisions. C'est pourquoi la chaire prévoit également de compléter l'enquête par une expérience contrôlée en laboratoire fondée sur l'économie comportementale et expérimentale.

Notre approche de l'expérience en laboratoire sur le choix du mode de transport

L'objectif de l'expérience en laboratoire n'est pas de reproduire un trajet réel dans toute sa complexité opérationnelle. Il s'agit plutôt d'isoler des mécanismes comportementaux spécifiques difficiles à identifier clairement dans les données d'observation ou d'enquête. Sur les marchés réels du transport aérien et ferroviaire, plusieurs dimensions sont étroitement liées : le prix, la durée du trajet, le risque de correspondance manquée, l'intégration des billets, les règles d'indemnisation, le confort, la prise en charge des bagages et la complexité perçue. Lorsque les passagers rejettent un itinéraire intermodal, il est donc difficile de déterminer s'ils réagissent au segment ferroviaire lui-même, au risque de manquer une correspondance, à l'absence de protection contractuelle, à la perte de confort ou à la charge cognitive liée à l'organisation d'un voyage impliquant plusieurs opérateurs. Une expérience en laboratoire permet de faire varier ces dimensions indépendamment les unes des autres tout en maintenant le reste de l'environnement constant.

L'approche expérimentale repose sur le principe de la valeur induite. Des incitations financières sont attribuées aux participants de manière à ce que les principaux aspects de la décision de voyage aient des conséquences directes sur les gains. Par exemple, le prix des billets réduit le budget expérimental du participant ; la réussite d'un trajet peut générer une prime financière ; les correspondances manquées peuvent réduire les gains ; les mécanismes d'indemnisation ou de correspondance garantie peuvent modifier les conséquences financières des perturbations ; et le confort peut être pris en compte par la possibilité d'utiliser le temps de trajet de manière productive dans le cadre d'une tâche rémunérée. De cette manière, l'expérience ne se contente pas de demander aux participants ce qu'ils préféreraient. Elle observe les choix dans un environnement contrôlé où les décisions ont une incidence sur les gains.

Cette approche est particulièrement utile pour étudier l'intermodalité avion-train, car plusieurs mécanismes pertinents relèvent davantage du comportement que de la technologie pure. L'expérience peut servir à tester, par exemple, dans quelle mesure les individus sont sensibles au risque de correspondance, si les mécanismes de protection ou les systèmes de

compensation renforcent l'attrait des itinéraires air-rail, et si un temps de trajet productif ou confortable peut compenser en partie une durée totale de trajet plus longue. Ces aspects sont particulièrement pertinents pour les déplacements intermodaux, où le passager doit évaluer non seulement les caractéristiques de chaque mode de transport, mais aussi la qualité de leur intégration au sein d'un même trajet.

L'expérience en laboratoire est donc conçue comme un complément au questionnaire, et non comme un substitut. Le questionnaire apporte une dimension d'échelle, d'hétérogénéité et de richesse contextuelle externe. Il permet d'analyser les compromis déclarés entre les pays, les groupes socio-économiques, les habitudes de déplacement et les profils psychologiques. L'expérience, en revanche, privilégie la validité interne. Elle permet au chercheur de manipuler un mécanisme à la fois et d'observer si le comportement change lorsque les choix ont des conséquences réelles. La combinaison de ces deux approches permet de relier les données générales issues d'enquêtes à des preuves causales concernant certains mécanismes.

D'un point de vue méthodologique

La conception respectera les principales exigences de l'économie expérimentale. Premièrement, les incitations doivent respecter le principe de monotonie : les participants doivent préférer des gains expérimentaux plus élevés à des gains moins élevés. Deuxièmement, les incitations doivent être saillantes : les choix doivent avoir une incidence directe sur la récompense perçue par le participant. Troisièmement, les incitations doivent être dominantes : les conséquences financières et temporelles générées par l'expérience doivent être suffisamment significatives pour limiter l'influence de motivations incontrôlées. Ces principes sont essentiels pour garantir que l'expérience fournisse des données comportementales interprétables plutôt que de simples réponses hypothétiques.

À ce stade, la conception précise de l'expérience reste ouverte. Plusieurs variantes sont envisageables. Une première option mettrait l'accent sur le risque et l'intégration, en comparant des itinéraires air-train classiques à des alternatives incluant des correspondances garanties, une indemnisation en cas de retard ou une billetterie intégrée. Une deuxième option se concentrerait sur le confort et le temps productif, en vérifiant si les segments ferroviaires gagnent en attractivité lorsque le temps de trajet peut être mis à profit pour exercer une activité rémunérée. Une troisième option combinerait ces deux dimensions et évaluerait si les mécanismes d'intégration et le temps de trajet productif se complètent. Dans tous les cas, l'objectif commun est de comprendre si des mécanismes spécifiques de conception des services peuvent accroître la propension à choisir l'intermodalité avion-train dans des conditions contrôlées et compatibles avec les incitations.

La contribution attendue de ce volet expérimental est donc double. Premièrement, il permettra d'identifier les frictions qui influencent le plus le choix entre l'avion et le train : l'exposition au risque, le manque de protection, la désutilité liée au temps de trajet, le confort ou la complexité perçue. Deuxièmement, elle permettra de comparer différents mécanismes d'incitation, tels que les réductions de prix, les garanties, les compensations ou l'amélioration de l'utilisation du temps de trajet. Les résultats ne seront pas interprétés comme des prévisions directes des parts de marché. Ils fourniront plutôt des preuves causales sur les mécanismes comportementaux susceptibles de conditionner l'adoption future des services combinés air-rail.

Chapitre 2

L'enquête européenne : Design et portée

2.1 Objectifs de recherche

Notre enquête prospective européenne sur la demande de transport s'appuie sur quatre tendances principales :

- L'activité du transport de passagers en Europe est de retour à son pic historique : 1,1 milliard de passagers aériens ont été enregistrés dans l'Union européenne (UE) en 2024, dépassant la référence pré-pandémique, avec des taux de croissance qui divergent fortement selon les États membres ([Eurostat, 2025](#)).
- La politique européenne des transports considère l'intermodalité comme la pierre angulaire du réseau transeuropéen de transport ([European Commission, 2024](#)). Plus précisément, elle préconise la connexion des grands aéroports au réseau ferroviaire longue distance, positionnant la grande vitesse ferroviaire comme une alternative compétitive aux vols d'apport (feeder). Les compagnies aériennes sont actuellement confrontées à des contraintes persistantes du côté de l'offre — telles que les retards de livraison d'avions et les pénuries de main-d'œuvre — et ont atteint des niveaux records d'utilisation de leur flotte et d'optimisation des rendements ([IATA, 2025](#)). L'efficacité opérationnelle seule ne pouvant répondre à la demande moderne, l'intermodalité s'avère essentielle pour optimiser la capacité totale du réseau tout en réduisant l'empreinte carbone du secteur.
- La fragmentation historique de la billetterie et de l'information en temps réel demeure une friction majeure pour les voyageurs multimodaux. La numérisation peut résoudre ce problème grâce à des plateformes de billetterie intégrées et au partage de données cross-modales, permettant une expérience utilisateur fluide à travers les différents modes de transport ([CERRE, 2026](#)).
- À l'aube de contraintes environnementales et de capacité croissantes, les silos traditionnels des réglementations spécifiques à chaque mode deviennent obsolètes. Répondre efficacement aux besoins de mobilité exige une approche holistique qui cible la demande globale de transport plutôt que la demande de chaque mode individuel. Par conséquent, les interventions publiques doivent prendre en compte l'ensemble de la demande de transport, du transit urbain et de la grande vitesse ferroviaire jusqu'à l'aviation longue distance, afin de garantir une transition durable des réseaux de transport.

Dans ce contexte de demande de transport persistante et de défis croissants en matière de durabilité, la réponse des consommateurs aux changements systémiques impulsés par les politiques publiques reste une question ouverte et cruciale. Bien que les mandats réglementaires imposent de plus en plus un avenir multimodal, les barrières comportementales à l'adoption et l'acceptabilité publique réelle du transport intermodal ne sont pas encore pleinement comprises.

Aujourd'hui, le principal défi de la recherche en transports réside dans la fragmentation des données. En effet, la plupart des bases de données existantes se concentrent exclusivement

sur un seul mode, échouant ainsi à capturer le comportement conjoint des passagers du rail et de l'aérien. De plus, les sources de données secondaires souffrent généralement d'un biais de sélection, car elles capturent principalement les voyageurs actifs à travers des enquêtes de satisfaction ou des bases de données de réservation.

Pour pallier ces limites, notre étude s'adresse directement aux ménages afin de caractériser la demande des voyageurs actuels et des non-voyageurs. Cette approche nous permet d'identifier les leviers nécessaires pour encourager l'entrée sur le marché de ceux qui choisissent actuellement de ne pas voyager. Plus largement, notre enquête est conçue pour capturer trois dimensions critiques de l'expérience du consommateur :

- **Actions passées** : Établir une base de référence comportementale à travers des données rétrospectives.
- **Intentions futures** : Mesurer les réponses prospectives face à l'évolution des options de transport.
- **Déterminants psychologiques** : Identifier les facteurs cognitifs sous-jacents qui dictent la prise de décision.

2.2 Architecture du questionnaire

Pour capturer l'hétérogénéité des préférences des consommateurs, le questionnaire a été structuré autour de trois grands piliers analytiques. En plus de ces composantes, l'enquête intègre également des variables socio-économiques standards telles que le revenu, l'âge, le genre, le niveau d'éducation et la taille du ménage.

2.2.1 Expérience de choix discret

Le cœur du questionnaire repose sur une expérience de choix discret dans laquelle une série de scénarios de voyage hypothétiques est présentée aux répondants. Sur la base d'un plan d'expérience générant 36 scénarios, chaque répondant est confronté à 9 situations de choix. Pour chaque situation, les répondants doivent choisir entre des vols combinés, une alternative intermodale Air-Rail, ou l'option de ne pas voyager du tout (alternative d'exclusion ou *opt-out*). Ce processus permet de révéler les préférences déclarées en observant l'option que les individus déclarent qu'ils choisiraient dans un contexte hypothétique.

Les alternatives sont définies à travers un ensemble d'attributs spécifiques : le prix du billet, le temps de trajet, la réduction des émissions de CO₂, la présence d'escaliers, la prise en charge des bagages et la flexibilité du billet. Cette approche permet d'observer directement la manière dont les répondants arbitrent entre des attributs et des configurations de transport concurrents, tout en permettant d'estimer les sensibilités aux différentes caractéristiques du service. Plus précisément, cette méthode permet d'estimer les élasticités liées à des variables clés telles que le prix ou le temps de trajet, ainsi que la valeur du temps de voyage, en analysant les arbitrages que les répondants opèrent entre coûts monétaires et temporels. De plus, ce cadre fournit des indications sur la volonté d'adopter des solutions intermodales Air-Rail sous différentes conditions de voyage et configurations de service.

Comme l'illustre le Tableau 2.1, les différentes caractéristiques sont définies de la manière suivante :

- **Prix** : Coût total direct en euros.¹

1. Notez que cela implique un billet unique pour l'ensemble du voyage. Par conséquent, notre expérience porte sur l'intermodalité plutôt que sur la multimodalité (voir la définition de ces concepts au Chapitre 1).

Attributs	Air-Air ✈️ + ✈️	Air-Rail ✈️ + 🚆	Ne pas voyager
Prix	125€	205€	
Temps de voyage	4h25	5h10	
Émissions CO ₂	-5%	-15%	
Stop Over	Non	Oui	
Gestion des bagages	Non incluse	Incluse	
Flexibilité	Entièrement flexible (modifiable + remboursable)	Modifiable	
	Air-Air ➡	Air-Rail	Ne pas voyager

TABLE 2.1 – Exemple de scénario présenté au cours de l'expérience de choix discret.

- **Temps de trajet** : Durée totale du voyage.
- **Émissions de CO₂** : Variation en pourcentage par rapport à un vol standard au kérosène fossile.
- **Stop Over** : Escale optionnelle de quelques heures ou d'une nuit, permettant au passager de visiter la ville de correspondance s'il le souhaite. L'hébergement et les frais sur place ne sont pas inclus dans le prix du billet.
- **Prise en charge des bagages** : Transfert automatique des bagages entre les correspondances.
- **Flexibilité** : « Entièrement flexible » (modifications/annulation gratuites), « Flexible » (modifications gratuites) ou « Non flexible ».

2.2.2 Évaluation des déterminants psychologiques

La recherche sur la mobilité interurbaine, et particulièrement sur le transport aérien, s'est historiquement fortement appuyée sur des attributs objectifs ou « tangibles » tels que le prix des billets, les volumes de trafic, les fréquences de vol et les distances physiques de voyage.² Bien que ces variables soient facilement accessibles dans les bases de données de transport conventionnelles, ces dernières ne parviennent pas à prendre en compte les facteurs latents et les heuristiques comportementales qui façonnent activement le processus de prise de décision.

L'intégration de ces dimensions psychologiques est essentielle pour deux raisons principales. Premièrement, ces facteurs comportementaux sont déjà largement utilisés dans la recherche sur la mobilité urbaine, qui démontre systématiquement que des individus ayant des profils démographiques et des caractéristiques de voyage identiques — mais des attitudes latentes ou des heuristiques distinctes — affichent des comportements de choix fortement hétérogènes. Deuxièmement, les groupes de discussion préliminaires menés avec des experts du transport, des acteurs de l'industrie aéronautique et des passagers ont mis en évidence la saillance récurrente de plusieurs thèmes qualitatifs. Parmi ceux-ci, l'aversion au risque concernant les correspondances manquées ou la perte de bagages, la sensibilité environnementale et

2. Il existe quelques exceptions ; par exemple, [de Jong et al. \(2022\)](#) intègrent l'aversion au risque comme un facteur latent guidant le choix de la compagnie aérienne.

la complexité cognitive perçue du voyage multimodal sont apparues comme des déterminants centraux des décisions de voyage individuelles.

C'est pourquoi notre questionnaire intègre des mesures liées à quatre concepts psychologiques clés : **Conscience environnementale, Normes sociales, Complexité perçue, Contrôle pratique**. Chacune de ces dimensions est mesurée à l'aide d'une série de cinq affirmations d'attitude évaluées sur une échelle de Likert à cinq points (voir un exemple à la figure 2.1). L'objectif est de quantifier les traits psychologiques latents susceptibles d'influencer l'évaluation des modes de transport alternatifs et les compromis opérés entre eux.

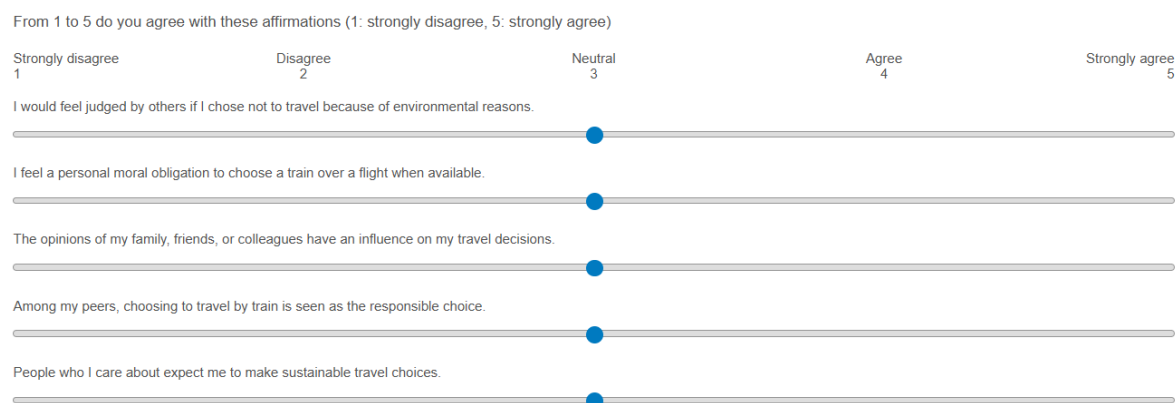


FIGURE 2.1 – Exemples de questions d'ordre psychologique figurant dans le questionnaire (ici, la composante environnementale).

- *La sensibilité environnementale* fait référence à la mesure dans laquelle les individus prennent en compte les enjeux environnementaux lorsqu'ils prennent des décisions de voyage. Cette dimension capture les préoccupations liées au changement climatique, à l'impact environnemental de la mobilité personnelle et à la volonté d'aligner les choix de voyage avec des valeurs environnementales. Dans le contexte de la multimodalité, les attitudes environnementales devraient jouer un rôle important dans l'attractivité des alternatives de transport à plus faibles émissions. Elle est mesurée à l'aide d'affirmations telles que :
 - « *Je suis préoccupé(e) par le changement climatique.* »
 - « *Je suis préoccupé(e) par l'impact environnemental de mes déplacements personnels.* »
- *Les normes sociales* capturent l'influence des attentes interpersonnelles et de la pression sociale perçue sur le comportement de voyage. Ce construit reflète la mesure dans laquelle les individus perçoivent les choix de mobilité durable comme socialement valorisés, moralement souhaitables ou encouragés par leurs pairs, les membres de leur famille ou leurs cercles professionnels. L'inclusion de cette dimension est particulièrement pertinente compte tenu de la visibilité sociale croissante des pratiques de voyage écoresponsables. Elles englobent des affirmations comprenant :
 - « *Les opinions de ma famille, de mes amis ou de mes collègues ont une influence sur mes décisions de voyage.* »
 - « *Les personnes qui comptent pour moi s'attendent à ce que je fasse des choix de voyage durables.* »

- *Le contrôle pratique* capture la capacité cognitive individuelle et le sentiment d'auto-efficacité des voyageurs associés à la planification et à la gestion de trajets multimodaux. Plutôt que d'évaluer le système de transport lui-même, cette dimension interne reflète la confiance personnelle d'un passager dans sa capacité à traiter des informations de voyage complexes, à évaluer des configurations alternatives et à faire face psychologiquement aux exigences organisationnelles et au stress inhérent aux voyages avec correspondance. Elle s'appuie empiriquement sur des éléments de l'enquête mesurant la confiance personnelle dans les canaux d'information et les seuils de stress individuels, tels que :
 - « *Je fais confiance aux informations fournies par les sites web/applications lors de la réservation de mon voyage.* »
 - « *Je pense que voyager avec des correspondances (qu'elles soient air-air ou air-rail) peut être stressant ou incertain.* »
- *La complexité perçue* est liée aux barrières structurelles, opérationnelles et frictionnelles inhérentes au réseau de transport, en particulier concernant les connexions air-rail. Cette dimension externe englobe l'évaluation par le voyageur de la fiabilité systémique, de la friction physique des transferts intermodaux et de l'incertitude opérationnelle liée à la combinaison de modes de transport distincts. Elle isole à quel point l'architecture du réseau apparaît difficile à l'utilisateur. Elle est mesurée dans l'enquête à travers cinq affirmations, parmi lesquelles :
 - « *Je trouve qu'il est facile de comprendre des informations complexes.* »
 - « *J'évitais de réserver une correspondance air-rail si elle nécessite un changement de terminal.* »
 - « *Je pense que les vols en correspondance (Air-Air) sont plus fiables que les connexions Air-Rail.* »

Le contrôle pratique et la complexité perçue sont liés au contrôle comportemental perçu (PBC)³, un concept présent dans la littérature sur les déterminants psychologiques du choix d'itinéraire. Appliqué aux intentions des voyageurs, le PBC peut être décomposé en deux dimensions distinctes — l'auto-efficacité et la contrôlabilité perçue — afin d'évaluer l'intention de choisir des itinéraires impliquant des correspondances (Chowdhury and Ceder, 2013). D'un autre point de vue, ces deux facteurs psychologiques relèvent également de la fiabilité (Alousi-Jones et al., 2025) et de la qualité souhaitée de l'information (Grotenhuis et al., 2007). Spécifiées comme variables latentes dans notre étude empirique, ces notions servent de variables non conventionnelles (selon la terminologie de Yoo et al. (2025)) qui façonnent activement l'accessibilité perçue des alternatives de transport intermodal.

Ensemble, ces dimensions psychologiques permettent de mieux comprendre les comportements de déplacement, au-delà des variables purement économiques ou opérationnelles. Elles permettent à l'analyse de prendre en compte les perceptions subjectives, les attitudes et les contraintes cognitives susceptibles d'influencer les préférences en faveur de solutions de transport intermodal.

2.2.3 Habitudes de voyage en tant que préférences révélées

La troisième partie de l'enquête se concentre sur les habitudes de voyage, appréhendées sous forme de préférences révélées. Contrairement à l'expérience de choix discrets, qui capture des intentions déclarées dans des cadres hypothétiques, les préférences révélées reflètent les comportements de voyage réels et les schémas de mobilité précédemment expérimentés.

3. Perceived Behavioral Control

L'intégration de cette dimension est essentielle pour mener une analyse comportementale complète. La littérature comportementale montre de manière cohérente que les décisions de transport sont façonnées par le biais de statu quo et une forte inertie : les individus ont tendance à reproduire des choix familiers même lorsque des options alternatives deviennent disponibles ou s'améliorent ([Gao et al., 2022](#); [Ortega and Link, 2025](#)).

Le questionnaire comprend donc des questions sur la fréquence des voyages, les modes de transport privilégiés et l'expérience passée en matière de correspondances et de trajets multimodaux. Ces variables répondent à un double objectif : elles affinent la caractérisation des répondants et permettent d'interpréter les comportements observés dans l'expérience de choix discrets à la lumière de l'expérience de voyage antérieure.

Combiner les préférences révélées et déclarées permet également d'évaluer dans quelle mesure l'expérience passée agit comme un filtre cognitif dans le processus de prise de décision. Le comportement de voyage antérieur peut soit atténuer, soit renforcer l'influence d'attributs spécifiques - tels que la complexité perçue, la sensibilité au temps de trajet ou l'attractivité des alternatives intermodales - sur les choix déclarés.

2.3 Déploiement européen

Notre étude a suivi un processus de validation en plusieurs étapes. Nous avons tout d'abord mené deux études pilotes auprès d'un panel représentatif de la population britannique, comptant respectivement 200 et 50 participants. Ces phases ont joué un rôle déterminant pour évaluer la clarté de nos questions et la cohérence globale du questionnaire avec nos objectifs de recherche. Les retours préliminaires nous ont permis d'affiner la conception expérimentale et de confirmer la validité des concepts psychologiques avant le déploiement à grande échelle.

Une fois la structure de l'enquête consolidée, celle-ci a été déployée à grande échelle auprès d'un panel européen. Afin de recueillir un point de vue représentatif et de tenir compte des disparités propres à chaque pays au sein du paysage européen des transports, notre ensemble de données final couvre six marchés stratégiques : **la France, l'Italie, l'Espagne, l'Allemagne, l'Autriche et le Royaume-Uni.**⁴

4. Les données relatives à l'Autriche étaient encore en cours de collecte lors de la rédaction du présent rapport. Par conséquent, l'analyse suivante ne tient pas compte des voyageurs autrichiens.

Chapitre 3

Résultats d'enquête

3.1 Profil psychologique des personnes enquêtées

3.1.1 Distribution générale des piliers psychologiques

Cette étude examine les choix de modes de transport dans le cadre de la mobilité intermodale. Nous supposons a priori que certains facteurs psychologiques spécifiques peuvent soit faciliter, soit contraindre le processus de prise de décision. Par exemple, il est essentiel de prendre en compte la sensibilité environnementale des répondants pour comprendre comment celle-ci influence leurs choix de voyage — ou leur décision de renoncer à voyager. Par conséquent, nous évaluons ici la distribution des quatre piliers psychologiques fondamentaux présentés dans la section précédente.

La Figure 3.1 montre la distribution des scores moyens des répondants pour chacun de ces piliers. On constate que la majorité des scores se regroupent autour de 3, ce qui indique une sensibilité aux différents piliers. Cette distribution permet également de valider l'échelle de mesure en confirmant l'existence d'une variabilité d'observation dans les réponses. Les scores liés au contrôle et à la complexité sont plus concentrés (indiquant une moindre diversité des profils) que ceux des dimensions relatives à l'environnement et aux normes sociales. Enfin, un léger biais pro-environnemental émerge, avec une concentration significative de scores autour de 5 pour le pilier environnemental par rapport aux autres.

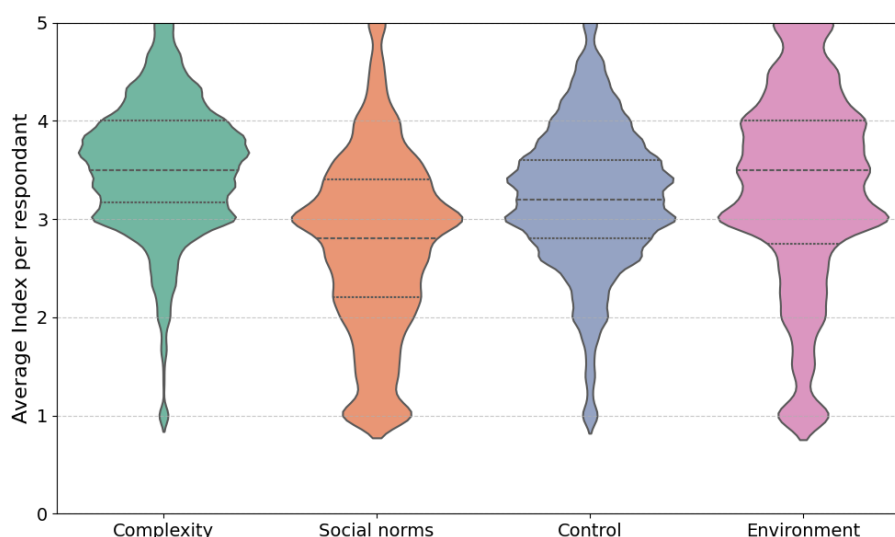


FIGURE 3.1 – Répartition des indices psychologiques moyens par répondant (complexité, normes sociales, contrôle, environnement).

Facteurs psychologiques

Les répondants sont sensibles aux préoccupations environnementales, ainsi qu'à leur propre sentiment de contrôle sur leurs décisions et à la complexité perçue de l'itinéraire.

Concevoir des trajets qui minimisent la complexité structurelle, fournissent des informations intuitives et répondent explicitement aux préoccupations environnementales constitue un moyen efficace de répondre à leurs attentes.

3.1.2 Disparités sociodémographiques en matière de sensibilité psychologique

La Figure 3.2 présente la distribution des scores psychologiques (de 1 à 5) à travers quatre facteurs — la Complexité, le Contrôle, l'Environnement et les Normes Sociales — croisés avec quatre variables socio-démographiques (l'âge, le niveau d'éducation, le statut professionnel et le revenu).

Un gradient de sensibilité fortement contrasté est immédiatement apparent d'un facteur à l'autre : les scores de Complexité et de Contrôle sont uniformément élevés (dominance des nuances de vert, scores 3–4–5), tandis que l'Environnement et, plus encore, les Normes Sociales affichent une part substantielle de scores faibles (nuances de rouge/saumon, scores 1–2).

Principaux résultats par facteur

- **La sensibilité à la complexité** (la complexité perçue de l'environnement de prise de décision) est globalement très élevée : la majorité des répondants se situent au score 4, quel que soit le sous-groupe. La catégorie *Postgraduate* (diplômés du troisième cycle) se distingue avec la plus forte proportion de score 5, ce qui correspond à une sensibilité maximale.
- **La sensibilité au contrôle** (le contrôle perçu sur ses propres décisions) est également élevée, bien que légèrement moins orientée vers l'extrémité supérieure que la complexité (mélange de scores 3 et 4). Un effet prononcé de l'éducation et du revenu émerge : à mesure que le niveau d'éducation et les revenus augmentent, la part des scores 4–5 progresse (les répondants très diplômés et à hauts revenus déclarent un sentiment de maîtrise plus fort sur leurs décisions). Les répondants à faibles revenus affichent une concentration plus élevée au score 3, suggérant un sentiment de contrôle plus faible.
- **La distribution des scores pour la sensibilité aux préoccupations environnementales** est nettement plus hétérogène, avec une émergence notable des scores 1–2 (faible sensibilité). Un effet d'âge clair est observé : les tranches d'âge 45–54, 55–64 et 65+ affichent une part de scores faibles (1–2) substantiellement plus élevée que les cohortes plus jeunes. Les *Postgraduates* et les répondants à hauts revenus (>75 k€) se distinguent par les proportions les plus importantes de scores 4–5.
- **Le facteur des normes sociales** (sensibilité au jugement et aux attentes de la société) est le plus polarisé : les scores 1–2 sont fortement représentés dans presque tous les sous-groupes. Les répondants à faibles revenus et la tranche d'âge 55–64 présentent la plus forte concentration au score 1, indiquant une faible réceptivité aux normes sociales. En revanche, les répondants plus jeunes (18–34), les étudiants et les diplômés de l'enseignement supérieur apparaissent plus sensibles, les scores 4–5 y étant plus fréquents.

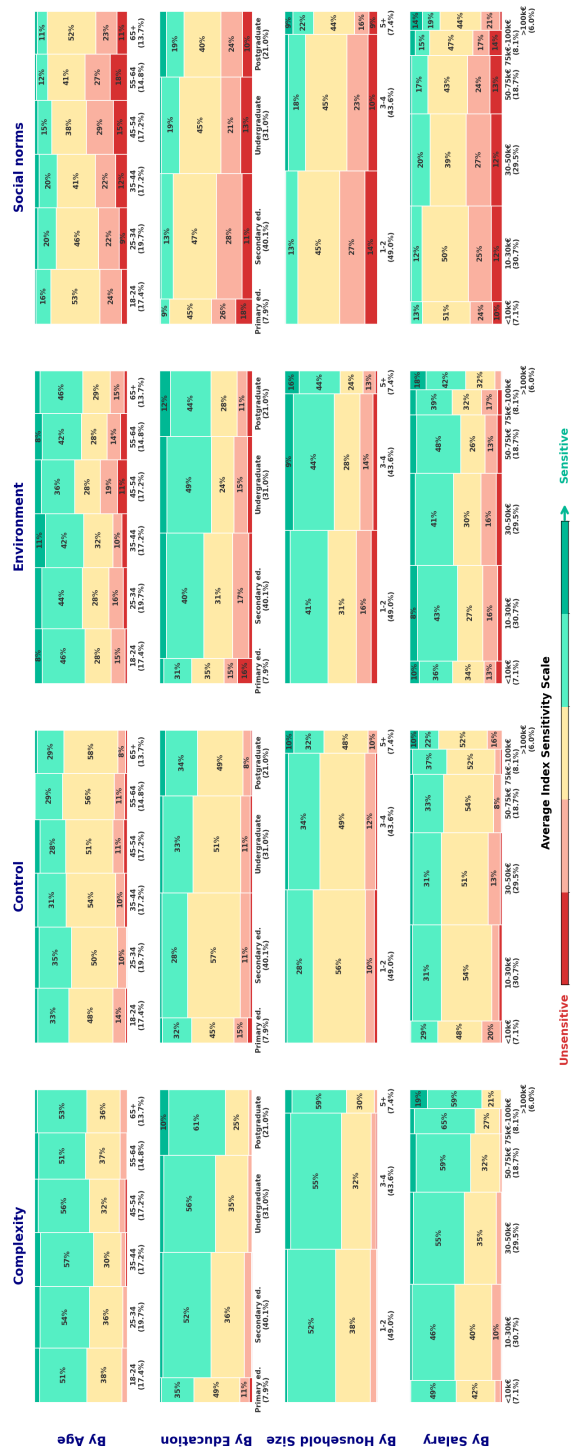


FIGURE 3.2 – Indices psychologiques moyens ventilés selon des critères sociodémographiques (âge, niveau d'études, situation professionnelle, revenus).

Facteurs psychologiques x Caractéristiques sociodémographiques

Les répondants déclarent être globalement très sensibles à la complexité de leur environnement de prise de décision et à leur sentiment de contrôle, mais nettement moins

aux préoccupations environnementales et, surtout, aux normes sociales. Ces deux derniers facteurs révèlent également des clivages socio-démographiques prononcés : un âge avancé et un faible revenu diminuent la sensibilité, tandis que le niveau d'éducation et le revenu la renforcent. Le message clé est donc que la sensibilité psychologique n'est pas uniforme : elle dépend fortement du facteur considéré et se structure selon un axe générationnel et socio-éducatif, particulièrement visible pour les normes sociales et les préoccupations environnementales.

3.2 Expériences de voyage passées et habitudes

3.2.1 Archétypes de voyageurs et exclusion du marché

Les expériences de voyage passées permettent de caractériser les habitudes de déplacement. Les résultats présentés dans la Figure 3.3 correspondent aux habitudes de voyage au cours des deux dernières années. Les cinq segments totalisent 100 % de l'échantillon, permettant à la fois des comparaisons entre profils et l'obtention de sous-totaux significatifs, tels que les voyageurs par rapport aux non-voyageurs, ou les passagers voyageant avec ou sans correspondance.

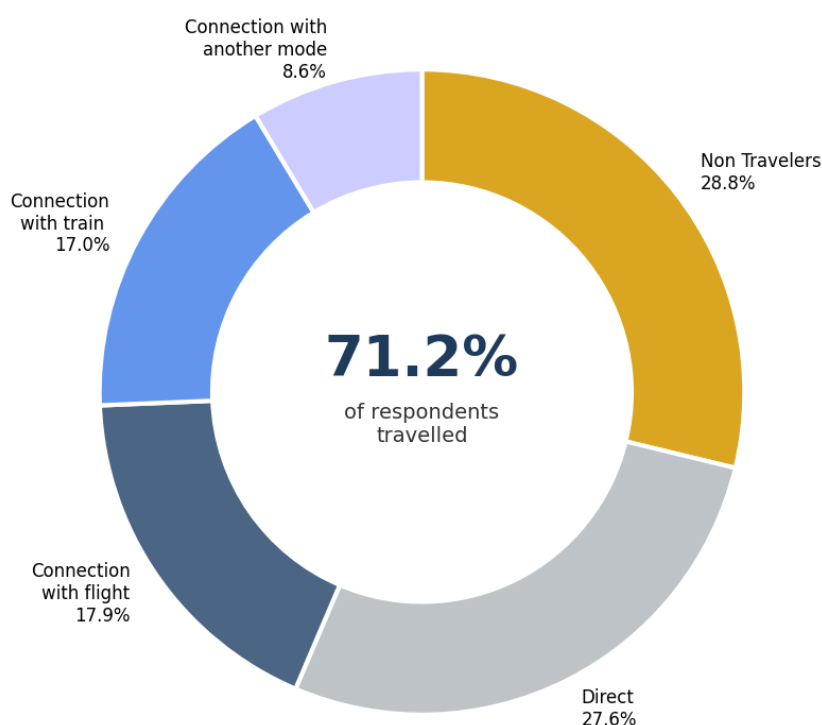


FIGURE 3.3 – Cinq archétypes de profil qui s'excluent mutuellement.

Une analyse détaillée des cinq profils fait apparaître ce qui suit :

- **Non voyageurs** — 28,8 % : Près d'un répondant sur trois déclare ne pas avoir voyagé au cours des deux dernières années.
- **Sans correspondance (Direct)** — 27,6 % : Il s'agit du profil le plus représenté parmi les voyageurs, avec plus d'un répondant sur quatre voyageant sans aucune correspondance.

La prédominance de ce segment suggère qu'une part importante des trajets s'effectue en ligne directe, impliquant un mode unique sur une base de point à point.

- **Correspondance avec l'avion** — 17,9 % : Les correspondances aériennes se classent au premier rang des types de correspondance. La proximité de ce chiffre avec celui des non-voyageurs (28,8 %) indique qu'environ un répondant sur des cinq combine régulièrement son voyage avec un vol, un volume non négligeable probablement porté par les déplacements à longue distance.
- **Correspondance avec le train** — 17,0 % : Les correspondances ferroviaires apparaissent comme la deuxième forme de correspondance et la forme dominante de connexion multimodale. Presque à égalité avec le profil sans correspondance, ce résultat souligne le rôle central du rail en tant que maillon multimodal dans les pratiques de déplacement des passagers.
- **Correspondance avec un autre mode** — 8,6 % : Les correspondances impliquant d'autres modes (autobus, voiture, vélo, etc.) constituent le segment le plus restreint, confirmant la prédominance du rail et de l'aérien comme modes structurants des chaînes de déplacement multimodales.

Il convient de noter qu'une part importante de la population se situe en dehors du champ de la mobilité.¹ Près de 28,8 % des répondants déclarent ne pas voyager du tout, et ne peuvent donc pas contribuer directement à notre analyse comportementale des choix modaux, des correspondances ou des arbitrages de voyage.

La présence d'un groupe non négligeable de non-voyageurs soulève la question des causes sous-jacentes de cette non-mobilité : contraintes économiques, âge, statut professionnel (personnes inactives, retraités), situation géographique, état de santé, ou choix personnels et environnementaux. Le croisement de ce profil avec les variables socio-démographiques (voir la Figure 3.4) permet d'éclairer qui sont ces non-voyageurs, et si leur immobilité est choisie ou subie.

Comprendre le profil des non-voyageurs comporte des implications pour l'interprétation des politiques publiques de mobilité. Si l'objectif est d'orienter la politique des transports ou de favoriser la transition modale, les non-voyageurs représentent un angle mort : les mesures incitatives ciblant les correspondances ou l'intermodalité ne les concernent pas directement. Ils peuvent plutôt constituer un réservoir de demande latente ou, inversement, une population pour laquelle d'autres leviers — tels que la proximité des services, le télétravail ou l'amélioration de l'accessibilité — seraient plus pertinents.

Correspondance dans les expériences passées de voyage

La majorité des répondants sont des voyageurs (71,2 %), dont près d'un tiers utilise des correspondances — certains avec le train (17 %) et d'autres avec d'autres modes (8,6 %). La multimodalité, et en particulier les correspondances centrées sur le train, apparaît ainsi comme un facteur clé façonnant les schémas de mobilité observés. De plus, avec 28,8 % de non-voyageurs, l'échantillon comprend un nombre substantiel d'individus exclus de la dynamique de mobilité étudiée : ce groupe doit être pris en compte à part entière dans les analyses comportementales et caractérisé spécifiquement, car il représente à la fois un biais potentiel pour les indicateurs globaux et un défi distinct pour la compréhension des barrières à la mobilité.

1. Les non-voyageurs représentent 28,8 % de l'échantillon, soit environ un répondant sur trois. Il ne s'agit pas d'un segment marginal : il dépasse la part des voyageurs effectuant une correspondance.

3.2.2 Facteurs sociodémographiques influant sur les choix de mobilité

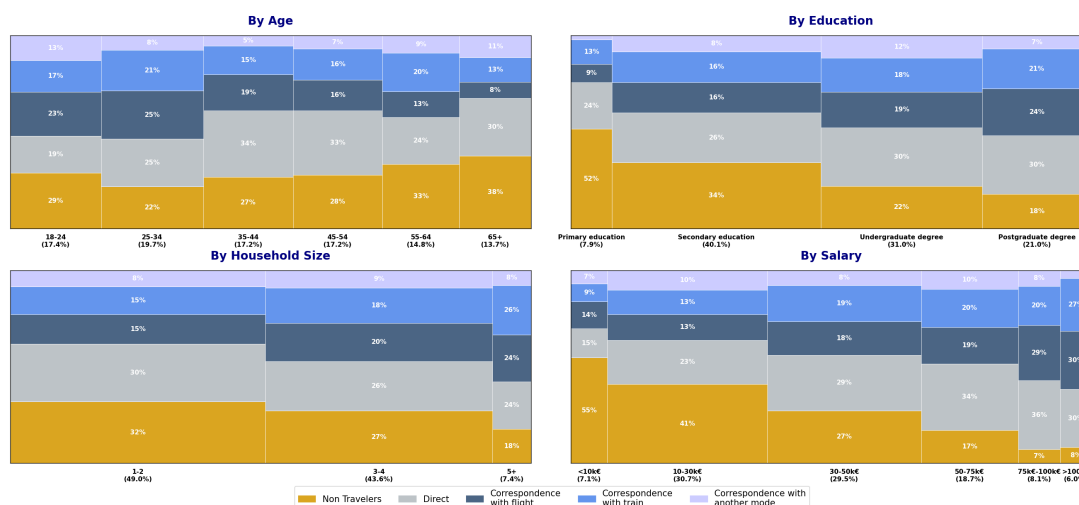


FIGURE 3.4 – Répartition des types de voyageurs selon les profils sociodémographiques.

L'analyse croisée des profils de voyageurs et des caractéristiques socio-économiques des répondants confirme plusieurs schémas attendus tout en offrant des perspectives utiles pour l'expérience à laquelle les répondants seront soumis.

Catégorie d'âge

La part des non-voyageurs augmente fortement avec l'âge, passant de 22 % chez les 25-34 ans à 38 % chez les personnes âgées de 65 ans et plus. Le retrait de la mobilité est progressif mais devient particulièrement prononcé après l'âge de 55 ans (24 %, puis 38 %). La tranche d'âge des 25-34 ans est de loin celle qui utilise le plus intensivement les correspondances ferroviaires (21 %, le taux le plus élevé toutes catégories confondues), avec une part correspondante très faible d'autres modes (8 %). Il s'agit de la tranche d'âge la plus orientée vers le rail. La tranche d'âge des 18-24 ans affiche le profil le plus diversifié, avec une part élevée de correspondances aériennes (23 %) et de modes alternatifs (30 %), ce qui suggère un schéma de mobilité fragmenté et expérimental, cohérent avec les voyages à bas prix (low-cost), la multimodalité et les pratiques de mobilité partagée ou douce.

Niveau d'éducation

La relation entre l'éducation et la mobilité est sans ambiguïté : la part des non-voyageurs chute de 52 % chez les répondants ayant un niveau d'instruction primaire à 18 % chez les *postgraduates* (diplômés du troisième cycle), confirmant qu'un niveau d'éducation plus élevé est associé à une fréquence de voyage plus importante. Les diplômés de l'enseignement supérieur avancé présentent le profil le plus intensif en matière de voyage et le plus multimodal, avec des parts similaires de correspondances aériennes et ferroviaires (respectivement 24 % et 21 %) et seulement 30 % de déplacements sans aucune correspondance.

Taille du ménage

La relation entre la taille du ménage et la mobilité est positive : la part des non-voyageurs diminue à mesure que la taille du ménage augmente (passant de 32 % à 18 %). Une tendance similaire est observée concernant la structure des itinéraires, où le recours aux vols en correspondance et aux itinéraires multimodaux augmente par rapport aux vols directs.

Revenu

En ce qui concerne le revenu, la relation avec la non-mobilité est claire et monotone : on enregistre 55 % de non-voyageurs parmi les répondants gagnant moins de 10 k€, un taux qui chute à 7-8 % au-dessus de 75 k€. La capacité financière détermine donc largement l'accès à la mobilité. Les correspondances aériennes constituent un marqueur de revenus élevés : elles représentent 12 % des choix parmi les personnes gagnant entre 10 et 30 k€, mais grimpent à 30 % au-dessus de 100 k€ (contre 27 % pour le train). Au-delà de 100 k€, l'avion devient le principal mode de correspondance, devant le rail. Le rail est plus répandu parmi les tranches de revenus intermédiaires (29 % pour les 10-30 k€ et les 30-50 k€), tandis que le segment des 75-100 k€ se distingue par la part la plus élevée de trajets directs (36 %), reflétant possiblement des déplacements professionnels ciblés et directs.

Dynamiques transversales

En combinant les effets des différents facteurs socio-économiques étudiés, des tendances transversales émergent. L'âge avancé, un niveau d'instruction primaire et un faible revenu convergent vers le même profil de non-voyageur, ces variables se renforçant mutuellement de toute évidence. À l'inverse, l'éducation et le revenu agissent comme des facilitateurs du voyage aérien, tandis que le rail apparaît comme un mode plus accessible et générationnel, plébiscité par les jeunes actifs et les tranches de revenus intermédiaires. Enfin, les étudiants forment un profil distinct : des ressources financières limitées mais une forte propension à prendre l'avion, probablement stimulée par la mobilité internationale comme les programmes Erasmus, les vols à bas prix (low-cost) et les visites familiales à l'étranger.

Modes de correspondance x Caractéristiques socio-démographiques

L'accès à la mobilité et le choix du mode de correspondance sont fortement façonnés par les variables socio-économiques. Un âge avancé, un niveau d'instruction primaire et un faible revenu sont associés à un retrait marqué du voyage — tandis qu'un niveau d'éducation et de revenu plus élevé favorise la multimodalité et, en particulier, les correspondances aériennes, qui représentent jusqu'à 30 % des choix chez les répondants gagnant plus de 100 k€. Le rail, en revanche, s'impose comme le mode le plus transversal, prédominant chez les jeunes actifs (25-34 ans) et les tranches de revenus intermédiaires.

3.2.3 Motifs de voyage et arbitrages modaux

Motifs de voyage et modes de transport

Le graphique en mosaïque de la Figure 3.5 croise deux dimensions : le mode de transport (largeur des colonnes — le rail représentant 56,4 % contre 43,6 % pour l'aérien sur l'ensemble des trajets) et le motif du déplacement (hauteur des lignes — affaires, visites et loisirs). La hauteur de chaque ligne représente la part de chaque motif au sein d'un mode donné, permettant ainsi de comparer la structure des motifs entre les voyages aériens et ferroviaires.

Les loisirs constituent le motif prédominant quel que soit le mode de transport. Ils représentent 52,8 % des trajets aériens — soit plus d'un sur deux — et 44,7 % des trajets ferroviaires, une part légèrement inférieure mais toujours majoritaire. Le voyage aérien apparaît donc davantage orienté vers les loisirs que le rail, avec un écart de 8,1 points de pourcentage, ce qui reflète probablement le rôle de l'avion dans les déplacements à longue distance et touristiques (vacances, courts séjours, destinations internationales).

Le motif professionnel est étonnamment équilibré entre les modes : 21,2 % pour le rail

contre 19,2 % pour l'aérien — soit une différence marginale de 2,0 points. Contrairement à l'idée reçue selon laquelle les voyages d'affaires s'effectueraient principalement par avion, la part interne des déplacements professionnels est comparable entre les deux modes, et même légèrement supérieure pour le rail. Cela suggère que le rail s'est imposé comme un mode de transport professionnel à part entière dans l'échantillon étudié, reflétant probablement l'influence des services ferroviaires à grande vitesse.

Le rail transporte la majorité des passagers pour chacun des trois motifs de voyage. Un calcul des parts sur l'ensemble de l'échantillon le confirme :

- **Loisirs** : 52,3 % par le rail, 47,7 % par l'avion ;
- **Visites à la famille/aux amis** : 61,2 % par le rail, 38,8 % par l'avion ;
- **Affaires** : 58,8 % par le rail, 41,2 % par l'avion.

Le voyage aérien ne dépasse le rail en volume pour aucun motif de déplacement. Bien que l'aérien affiche une part interne plus élevée de voyages de loisirs, le rail domine en termes absolus sur tous les segments, un résultat directement porté par sa part modale globale plus importante (56,4 %).

Mode de transport x Motif de voyage

Le rail s'impose comme le mode dominant pour tous les motifs de voyage (56,4 % des trajets), captant la majorité des déplacements de loisirs, de visites et d'affaires. Le voyage aérien conserve néanmoins une identité « loisirs » plus marquée, avec 52,8 % de ses trajets motivés par ce but, tandis que le rail se distingue par un usage plus polyvalent — notamment pour les visites et, fait remarquable, pour les déplacements professionnels qu'il dessert dans une proportion comparable à celle de l'avion.

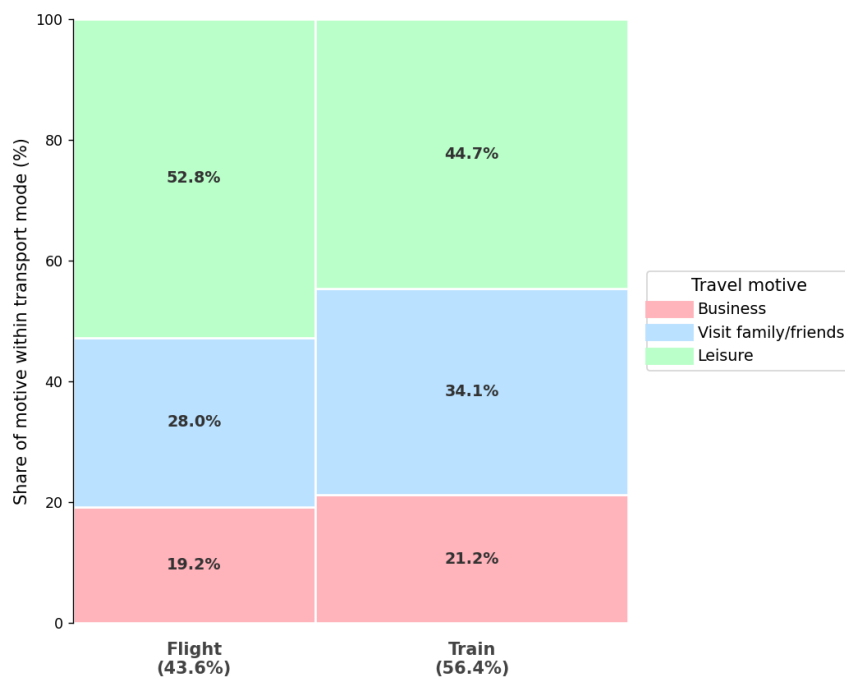


FIGURE 3.5 – Répartition des motifs de déplacement (affaires, visites, loisirs) par mode de transport (avion ou train).

3.2.4 Contexte du voyage : compagnons de voyage, compagnies aériennes et préférences

Compagnons de voyage

La mobilité s'organise principalement autour de deux configurations dominantes et quasi équivalentes : voyager seul (28,9 %) ou en couple (34,1 %), qui représentent ensemble 63 % des voyageurs (voir figure 3.6). Les voyages en famille restent minoritaires (14,5 %), et les voyages entre amis représentent 17,3 %, ce qui révèle un modèle de mobilité fortement individualisé ou axé sur le couple.

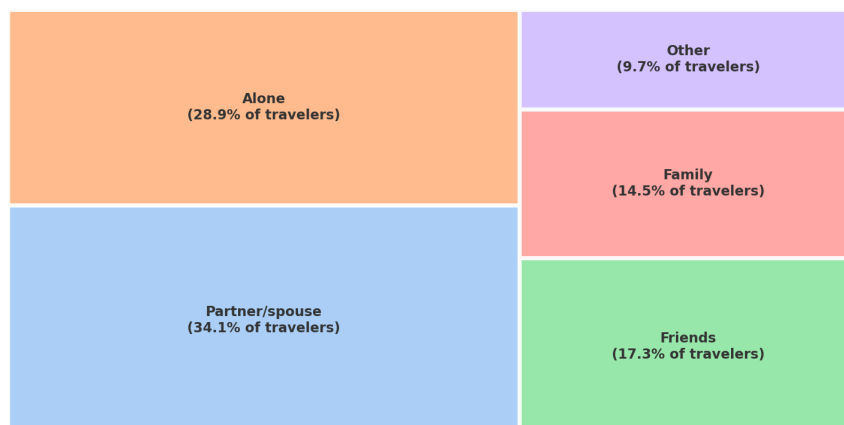


FIGURE 3.6 – Répartition des voyageurs selon leurs compagnons de voyage (seul, en couple, en famille, etc.)

Choix du type de compagnie aérienne

On constate sur la figure 3.7 que le choix de la compagnie aérienne est fortement influencé par la distance : les compagnies low-cost dominent les trajets court-courriers (59,0 %), qui représentent à eux seuls 68,1 % du trafic aérien, tandis que les compagnies traditionnelles prédominent presque exclusivement sur les liaisons long-courriers (78,1 %). Le moyen-courrier représente le point de basculement concurrentiel entre les deux modèles, et l'incertitude des passagers augmente avec la distance, 9,4 % des répondants sur les liaisons long-courriers étant indécis quant au choix de leur compagnie aérienne.

3.3 Préférences déclarées : choix effectués dans le cadre d'une expérience de choix discret (DCE)

3.3.1 Répartition globale des préférences en matière de modes de transport

Les individus recrutés pour l'enquête ont été confrontés à neuf scénarios de choix au cours de l'expérience de choix discrets (DCE). La Figure 3.8 présente la distribution du mode de transport sélectionné. Chaque colonne verticale représente un répondant, classé horizontalement selon la composition de ses choix, tandis que la hauteur (de 0 à 9) reflète le nombre de fois où chacune des trois alternatives a été sélectionnée : Air+Air (bleu foncé), Air+Rail (bleu clair) et l'option d'exclusion *ne pas voyager* (jaune).

Plusieurs enseignements émergent de cette représentation. Premièrement, une part margi-

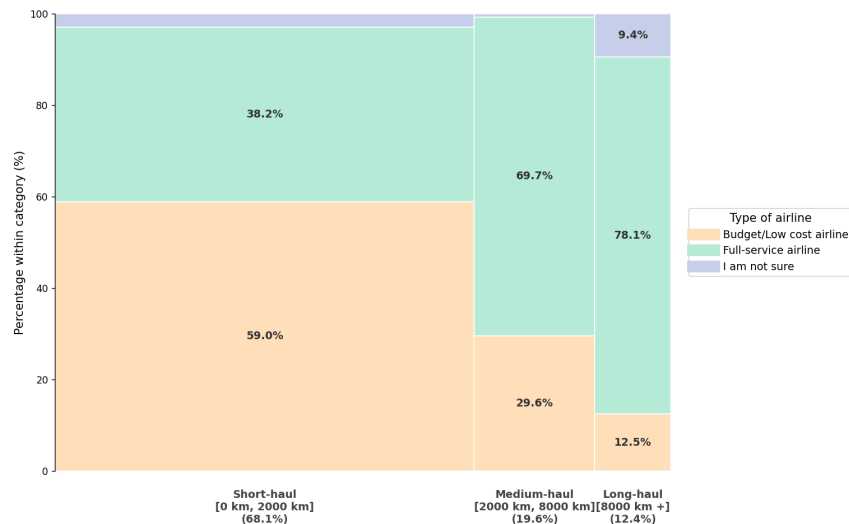


FIGURE 3.7 – Choix du type de compagnie aérienne (low-cost ou traditionnelle) en fonction de la distance du vol.

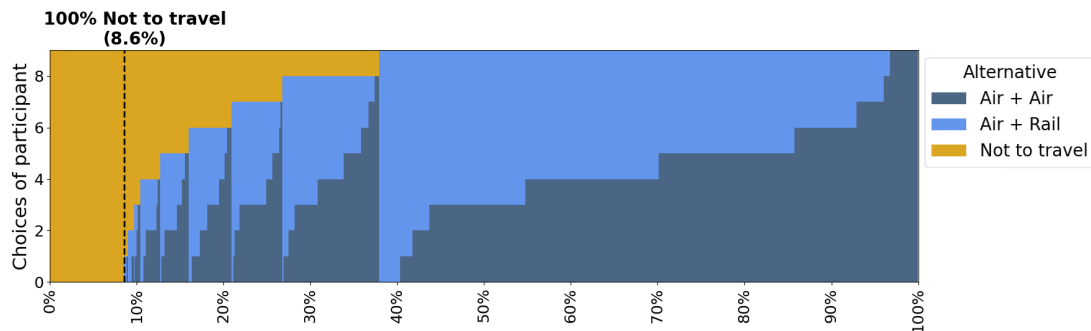


FIGURE 3.8 – Répartition globale des modes de transport choisis (air+air, air+rail, ne pas voyager) dans le cadre de le DCE.

nale mais non négligeable de répondants apparaît systématiquement captive de l'option d'exclusion : 8,6 % des participants ont refusé de voyager dans les neuf scénarios présentés. Ce sous-groupe peut être assimilé à des non-voyageurs structurels, dont les préférences ne sont pas révélées par les attributs des alternatives proposées. Ils justifieront un traitement spécifique lors de l'étape de modélisation, par exemple à travers un modèle à classes latentes ou une exclusion conditionnelle de l'analyse comportementale.

Deuxièmement, l'option d'exclusion est mobilisée de manière hétérogène par environ 30-35 % du panel, reflétant une sensibilité significative d'une fraction des répondants aux niveaux des attributs (prix, durée, type de correspondance, etc.). Au-delà de ce seuil, l'option d'exclusion disparaît quasi totalement, ce qui suggère qu'une grande majorité des participants considèrent le voyage comme un fait acquis et se positionnent exclusivement entre les deux modes proposés.

Troisièmement, parmi les répondants véritablement disposés à voyager, une nette dualité émerge entre une préférence marquée pour l'Air+Rail dans la partie centrale du panel (environ 35-70 %) et une dominance progressive de l'Air+Air vers l'extrémité droite. Les répondants situés à l'extrême droite du graphique apparaissent comme des captifs de l'aérien, sélectionnant l'Air+Air dans la quasi-totalité des scénarios, ce qui révèle une forte préférence pour le voyage en avion quels que soient les arbitrages entre les attributs. À l'inverse, l'absence d'une zone

où l’Air+Rail dominerait sur l’ensemble des neuf choix suggère que la combinaison rail-air est principalement adoptée de manière contextuelle, en réponse à des configurations d’attributs spécifiques, plutôt que par stricte fidélité modale. Ce point sera examiné plus en détail plus loin dans le rapport.

Globalement, ce graphique met en évidence une hétérogénéité comportementale substantielle au sein de l’échantillon, ce qui justifie l’utilisation de modèles de choix qui prennent en compte cette variabilité, tels que des modèles logit mixtes ou à classes latentes, plutôt qu’un modèle logit conditionnel à coefficients fixes.

3.3.2 L’influence des caractéristiques sociodémographiques sur le choix du mode de transport

Choix discret du mode de transport et caractéristiques sociodémographiques

La figure 3.9 croise les choix effectués lors de l’expérience de choix discret (*Air+Air*, *Air+Rail* ou l’option d’exclusion *Not to travel*) avec quatre variables sociodémographiques : l’âge, le niveau d’éducation, la taille du ménage et le revenu. Le principal résultat de cette analyse réside dans la dichotomie entre la décision d’entrer sur le marché de la mobilité et le choix du mode de transport. Il apparaît clairement que les profils socio-économiques n’influencent pas de manière uniforme les différentes étapes du processus décisionnel du voyageur.

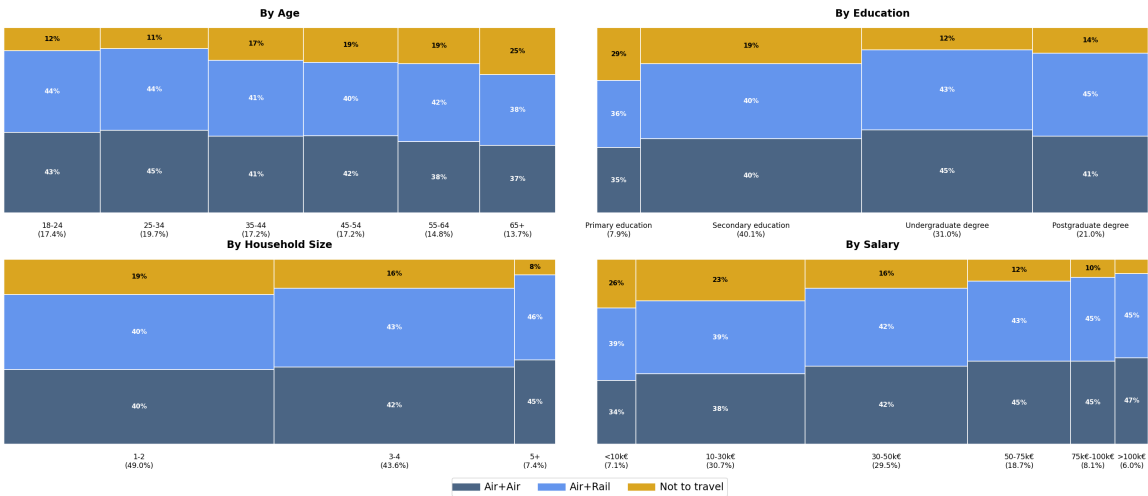


FIGURE 3.9 – Choix du mode de transport dans la région de DCE en fonction des profils sociodémographiques.

L'impact des paramètres socio-économiques se concentre sur l'option d'exclusion (*Ne pas voyager*), qui agit comme une véritable barrière à l'entrée. La décision de renoncer à voyager est associée à des contraintes économiques et à une inertie générationnelle : les répondants plus âgés, les tranches de revenus inférieures et les personnes moins instruites rejettent beaucoup plus fréquemment les scénarios de voyage proposés. Cette exclusion, motivée par le prix ou la complexité logistique, s'observe également chez les ménages de petite taille. À l'inverse, à mesure que le capital économique (revenu > 75 k€) ou le capital social (études supérieures) augmente, la propension à choisir l'option d'exclusion s'effondre logiquement.

Cependant, une fois cette barrière à l'entrée franchie, le choix modal apparaît insensible aux variations socio-démographiques. Parmi les répondants qui décident de voyager, la concurrence entre l'alternative unimodale (*Air+Air*) et l'alternative intermodale (*Air+Rail*) reste équilibrée, indépendamment ou presque de l'âge, du revenu ou du niveau d'éducation. Alors que l'on aurait pu s'attendre à un report substantiel vers l'option ferroviaire chez les répondants plus instruits ou plus aisés, les données montrent que la distribution des choix est remarquablement stable d'un groupe à l'autre. L'acceptabilité de l'intermodalité semble ainsi échapper au déterminisme socio-économique, suggérant que le choix entre les correspondances aériennes et ferroviaires repose sur d'autres facteurs, tels que les attributs du service, les habitudes de voyage et les déterminants psychologiques.

3.4 Analyse croisée : lier les habitudes, les choix déclarés et la psychologie

3.4.1 Évaluation de l'inertie modale : de l'expérience passée au choix déclaré

La figure 3.10 présente un schéma reliant le profil de mobilité antérieur des répondants (colonne de gauche, « Type de voyageur ») à leur comportement de choix observé dans l'expérience de choix discret (colonne de droite, « Comportement de choix »). Cette représentation permet d'évaluer visuellement la cohérence, ou la divergence, entre les pratiques de déplacement observées et les compromis déclarés dans un scénario hypothétique.

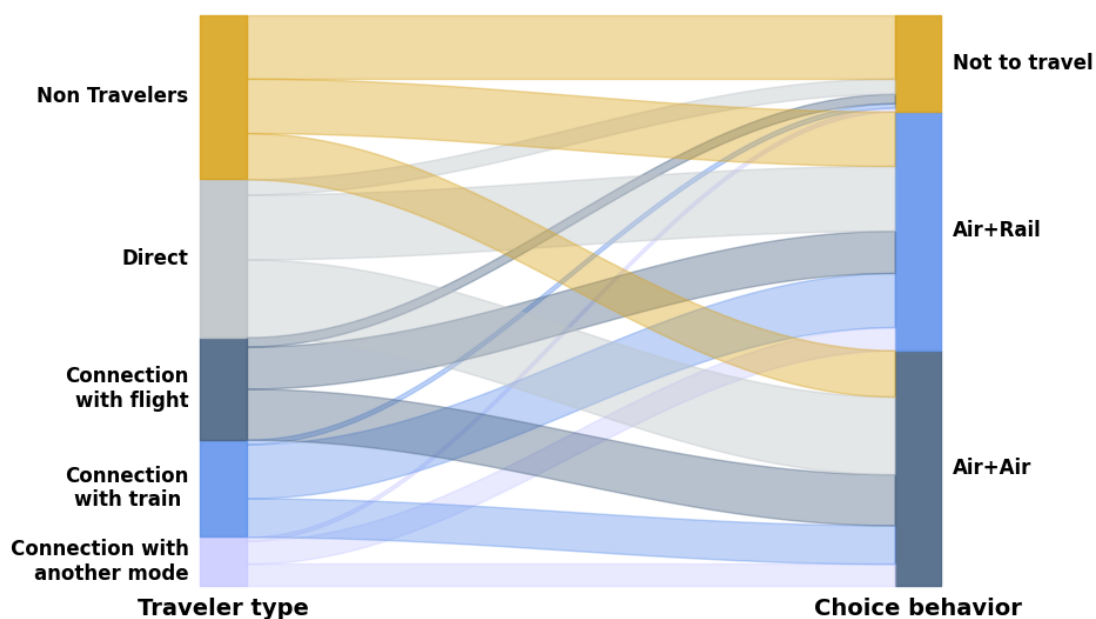


FIGURE 3.10 – Schéma illustrant les flux de transition entre les types de voyageurs antérieurs et les choix finaux dans le DCE.

L'analyse des flux fait ressortir quatre grandes tendances :

- Les non-voyageurs alimentent majoritairement l'option d'exclusion (Not to travel), confirmant la stabilité de leur statut de non-voyageur : même dans un cadre expérimental, ils ont tendance à reproduire leur abstention de mobilité. Cependant, les non-voyageurs ne se résument pas aux 8,6 % de captifs absolus : une part importante de ce groupe sélectionne une alternative de voyage dans certains scénarios, s'orientant vers l'Air+Rail et, de manière plus marginale, vers l'Air+Air. Cela suggère qu'une partie de cette catégorie n'est pas structurellement opposée au voyage, mais constitue plutôt un réservoir de demande latente sous des configurations d'attributs spécifiques.
- Les répondants ayant l'expérience des trajets directs (« No connection ») et ceux habitués aux correspondances aériennes (« Connection with flight ») convergent principalement vers l'alternative Air+Air. Ce résultat reflète une forme d'inertie modale : les usagers familiers des itinéraires tout-aérien, qu'il s'agisse de vols directs ou de correspondances aériennes, reproduisent ce schéma dans leurs choix expérimentaux. Une fraction non négligeable de ces deux groupes opte néanmoins pour l'Air+Rail, indiquant une certaine perméabilité au rail lorsque les conditions proposées sont attractives.
- Les répondants ayant déjà expérimenté une correspondance ferroviaire (« Connection with train ») constituent le principal réservoir de l'alternative Air+Rail, confirmant l'hypothèse d'un effet d'expérience ou d'habitude favorable à l'intermodalité air-rail. Néanmoins, une part substantielle de ce groupe s'oriente également vers l'Air+Air, suggérant que la familiarité préalable avec le rail n'implique pas une préférence exclusive : certains de ces répondants arbitrent entre les alternatives en fonction des attributs, faisant preuve d'une élasticité comportementale.
- Les répondants ayant expérimenté une correspondance via un autre mode (« Connection with another mode ») se répartissent de manière relativement uniforme entre les trois alternatives, sans dominance marquée. Cette distribution diffuse reflète probablement la

diversité interne de cette catégorie résiduelle, dont le comportement n'est pas structuré par une habitude modale unique.

Un effet robuste de l'expérience modale

Le mode utilisé lors du trajet de référence semble lié au choix effectué dans le DCE, ce qui justifie l'introduction de variables d'expérience ou d'habitude (inertie modale) dans la spécification des modèles de choix.

Cette forte dépendance au sentier suggère que les voyageurs s'appuient fréquemment sur des heuristiques de routine — utilisant le comportement passé comme un raccourci cognitif pour simplifier des décisions complexes multi-attributs. Cependant, les flux croisés, notamment entre « Correspondance avec le train » et Air+Air, ou entre « Pas de correspondance » et Air+Rail, montrent que les répondants ne sont pas enfermés dans leur mode antérieur et restent sensibles aux attributs des alternatives proposées.

Cette flexibilité légitime la réalisation même de l'expérience pour estimer les valeurs de consentement à payer ou les élasticités intermodales.

Enfin, la forte persistance du flux allant de « Non voyageurs » vers l'exclusion (« Outside ») appelle à un traitement prudent de cette sous-population au stade de la modélisation, en distinguant les non-voyageurs structurels des voyageurs latents.

La répartition globale du DCE est la suivante : **Ne pas voyager 14,7 %**, **Air+Air 42,4 %**, **Air+Rail 42,9 %** - une égalité statistique frappante entre les deux alternatives intermodales (voir le tableau 3.1).

Profile / Segment	Principalement Ne pas voyager	Principalement Air+Air	Principalement Air+Rail	Total
Non-voyageurs	11.5 %	7.5 %	9.8 %	28.8 %
Correspondance aérienne	1.0 %	9.7 %	7.2 %	17.9 %
Correspondance ferroviaire	0.3 %	6.3 %	10.4 %	17.0 %
Correspondance avec un autre mode	0.4 %	3.5 %	4.7 %	8.6 %
Direct	1.5 %	15.4 %	10.8 %	27.7 %
Total	14.7 %	42.4 %	42.9 %	100.0 %

TABLE 3.1 – Répartition par type d'expérience passée et choix dominant de DCE (%).

La fidélité au mode passé est plus faible qu'on ne pourrait le supposer

La matrice révèle un niveau relativement faible de verrouillage comportemental. Une seule ligne présente un schéma de rétention clair : l'ancienne **Correspondance ferroviaire** s'oriente majoritairement vers *Principalement Air+Rail* (10,4 %) plutôt que vers *Principalement Air+Air* (6,3 %) - soit une répartition de 62/38 en faveur de la cohérence ferroviaire. Tous les autres archétypes affichent des écarts de préférence beaucoup plus restreints :

- L'ancienne **Correspondance aérienne** se répartit à environ 57/43 entre l'Air+Air (9,7 %) et l'Air+Rail (7,2 %) — les voyageurs habitués de l'aérien sont donc loin d'être captifs.

- Les anciens voyageurs en **Direct** forment la cellule individuelle la plus importante de toute la matrice avec la combinaison *Direct* × *Air+Air* (15,4 %), mais une proportion comparable de 10,8 % migre vers l'*Air+Rail* — soit une répartition de 59/41 qui, compte tenu du volume impliqué, représente le plus grand réservoir *absolu* de candidats à la conversion intermodale.
- Les anciens **Non-voyageurs**, qui représentent 17,9 % de l'échantillon, se répartissent entre les trois options presque proportionnellement aux totaux de leurs colonnes (11,5 % / 7,5 % / 9,8 %), avec une légère surreprésentation dans l'option *Air+Rail* — ce qui indique que le non-voyage n'est pas une identité figée et qu'une demande latente existe pour les deux produits intermodaux.

La population réceptive à l'Air+Rail est bien plus large que le seul segment habitué au rail

En agrégeant les lignes, la colonne *Air+Rail* capte 42,9 % de l'échantillon, dont seulement 10,4 points de pourcentage (pp) proviennent de répondants fidèles au rail. Les 32,5 pp restants sont issus des profils *Direct* (10,8 pp), *Non-voyageurs* (9,8 pp), *Correspondance aérienne* (7,2 pp) et *Correspondance avec un autre mode* (4,7 pp). Le produit intermodal n'est donc **pas une niche destinée aux anciens usagers du rail** : il constitue, à l'horizon de l'enquête, une alternative grand public qui recrute des conversions et des activations issues de tous les profils comportementaux.

3.4.2 Les signatures psychologiques des reports modaux

Signatures psychologiques au sein des cellules

Nous agrégeons à présent dans la Figure 3.11 les trois niveaux d'information que le rapport a jusqu'ici examinés séparément : l'expérience de voyage passée (lignes ; cinq archétypes mutuellement exclusifs), le choix dominant dans le DCE (colonnes ; *Mainly Not to travel*, *Mainly Air+Air*, *Mainly Air+Rail*), et la signature psychologique intra-cellule sur les quatre facteurs comportementaux (Complexité, Contrôle, Environnement, Normes Sociales, codés sur une échelle en cinq étapes du rouge au vert). Chaque pourcentage de cellule représente la part de l'échantillon *total* se situant dans cette combinaison (passé × déclaré). Par conséquent, la somme des cellules est égale à 100 % et les totaux des colonnes révèlent la répartition globale du DCE mentionnée précédemment.

Les mini-barres intra-cellules apportent le niveau d'interprétation requis. Trois schémas reviennent avec une régularité suffisante pour être commentés :

- *La complexité et le contrôle sont uniformément orientés vers une forte sensibilité (vert) dans chaque cellule, y compris dans la colonne Not-to-travel.* Ces facteurs permettent de discriminer entre les voyageurs et les non-voyageurs, mais ils ne permettent pas de discriminer entre l'*Air+Air* et l'*Air+Rail*. Ce sont des constantes, pas des leviers.
- *La sensibilité environnementale est le plus fort facteur de différenciation intra-ligne.* En comparant les cellules *Air+Air* et *Air+Rail* au sein de chaque ligne, la colonne *Air+Rail* présente systématiquement une barre « Environnement » plus verte. Le contraste est particulièrement prononcé entre *Direct* × *Air+Rail* vs. *Direct* × *Air+Air* (la paire de cellules la plus importante), ainsi que pour *Correspondance with flight* × *Air+Rail* vs. *Air+Air* - les répondants habitués de l'aérien qui sélectionnent l'*Air+Rail* sont visiblement plus sensibles à l'environnement que leurs homologues de l'*Air+Air*.

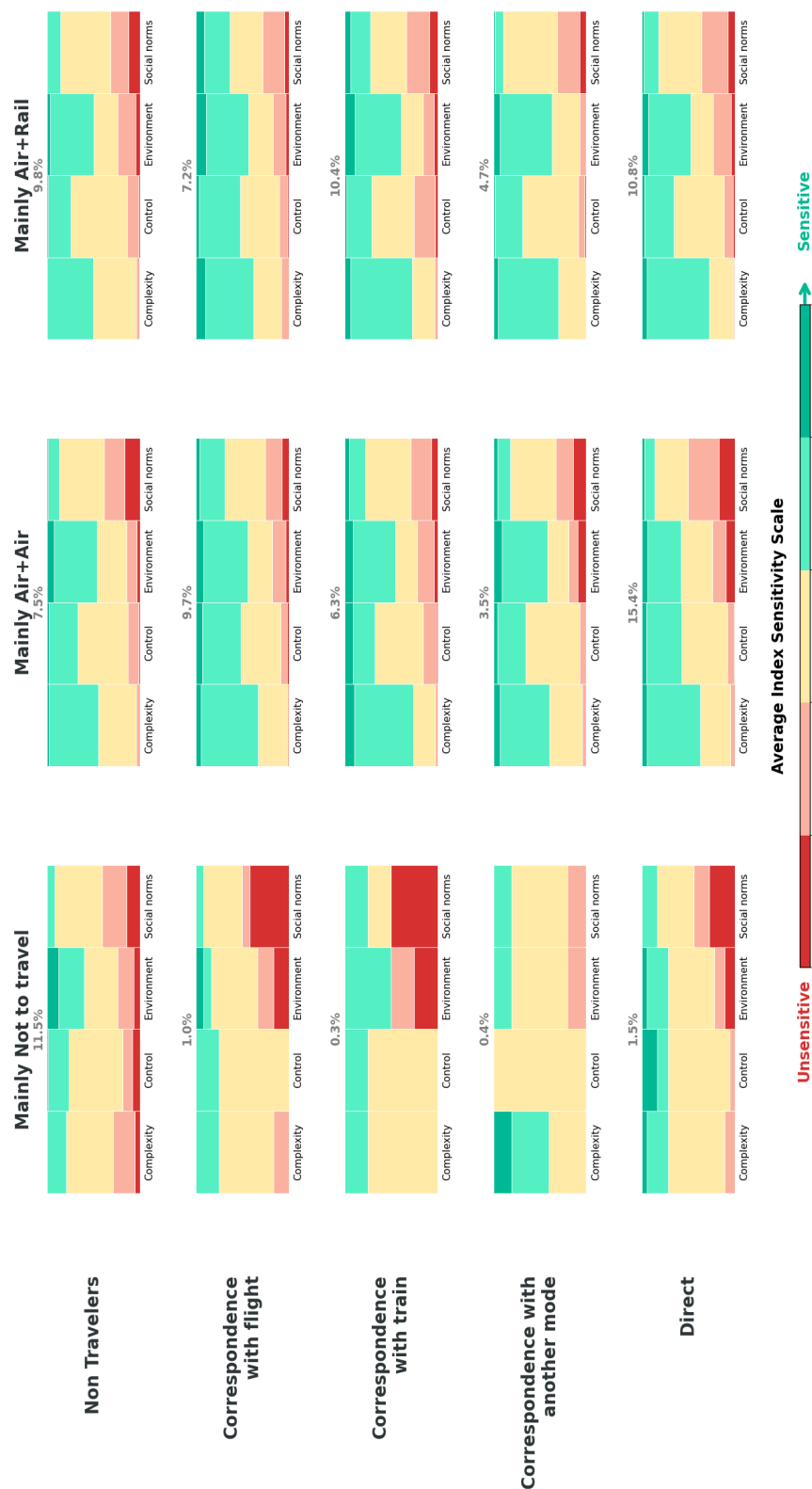


FIGURE 3.11 – Tableau croisé entre l’expérience passée, le choix dominant en matière de DCE et la signature psychologique.

— Les normes sociales séparent la colonne Not-to-travel du reste. Les cellules Correspondence with flight × Not-to-travel (1,0%) et Correspondence with train × Not-to-travel

(0,3 %) affichent une dominance de rouge sur les normes sociales, suggérant un rejet actif du voyage dicté par les normes chez une minorité restreinte mais idéologiquement distincte d'anciens voyageurs - un mécanisme différent du schéma de résignation qui caractérise la cellule *Non Travellers* × *Not-to-travel*, laquelle est dominée par des contraintes économiques et démographiques.

À retenir

La matrice croisée à trois entrées fournit l'analyse la plus directement exploitable de l'enquête : **l'Air+Rail n'est pas une option destinée aux voyageurs fidèles au rail, mais un produit de conversion à l'échelle du marché dont la signature psychologique est sa dimension pro-environnementale.** Trois résultats soutiennent cette affirmation :

- La fidélité au mode passé est structurellement faible : parmi les voyageurs effectifs, les répartitions Air+Air vs. Air+Rail sont de 59/41 (Direct), 57/43 (Flight) et 38/62 (Train) – c'est-à-dire que seul le sous-segment habitué au rail se comporte comme une base captive. Les autres 64 % d'anciens voyageurs sont susceptibles d'être convaincus.
- La colonne Air+Rail tire 32,5 points de pourcentage de ses 42,9 % de répondants totaux de profils non ferroviaires (*Direct, Flight, Another mode, Non-Travellers*). Le volume de conversion dépasse le volume de rétention d'un facteur de trois. Le plus grand réservoir absolu de candidats à la conversion est constitué par les anciens voyageurs directs (10,8 % de l'échantillon).
- Au sein de chaque ligne, le facteur Environnement est la seule dimension psychologique qui discrimine systématiquement l'Air+Air de l'Air+Rail. La complexité et le contrôle sont uniformément élevés chez tous les voyageurs et ne différencient pas les deux produits intermodaux. Les normes sociales différencient le *Not-to-travel* du reste, mais pas l'Air+Air de l'Air+Rail.

Implication industrielle. Le levier décisif pour l'expansion du marché de l'Air+Rail n'est pas la familiarité avec l'infrastructure, le ciblage démographique ou la simplification de l'expérience ferroviaire en soi — c'est la crédibilité et la saillance de la *proposition environnementale* associée au produit intermodal. Promouvoir l'Air+Rail auprès des anciens voyageurs des lignes directes et de l'aérien sur des critères environnementaux permet de toucher un vivier plus large et plus élastique que le fait de le renforcer auprès des fidèles du rail.

3.4.3 Le paradoxe environnemental : sensibilité déclarée vs action concrète

L'analyse de la Figure 3.12 révèle un certain degré de cohérence entre le profil psychologique des répondants et leurs actions concrètes. Premièrement, une corrélation positive est observée entre l'importance attribuée aux préoccupations environnementales au moment de la réservation et l'indice psychologique environnemental moyen des répondants.

Deuxièmement, la part des voyageurs disposés à payer une compensation carbone augmente proportionnellement à l'importance déclarée des considérations environnementales lors de la réservation : elle passe d'une minorité négligeable chez ceux qui considèrent la question comme sans importance (14 payeurs contre 168 non-payeurs) à une proportion substantiellement plus élevée chez ceux qui la jugent « très importante » (31 payeurs contre 59 non-payeurs).

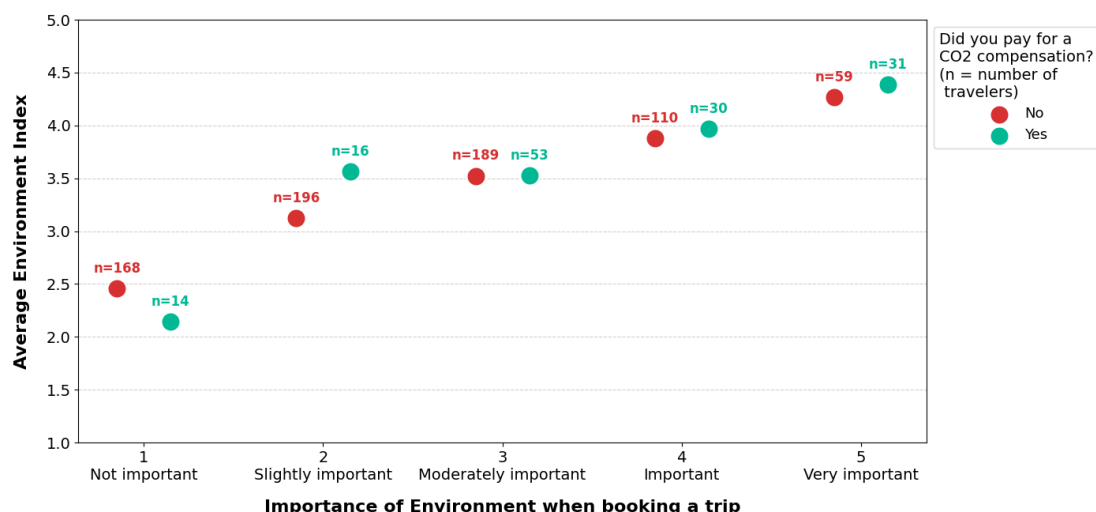


FIGURE 3.12 – Corrélation entre l'indice environnemental moyen, l'importance accordée à l'environnement au moment de la réservation et le paiement effectif d'une compensation carbone.

Bien que le taux d'adoption maximal plafonne autour d'un tiers (environ 34 %), ce qui peut être considéré comme faible en termes absolus, cette progression confirme un alignement logique entre la sensibilité environnementale, le comportement pendant le voyage et le recours à la compensation carbone — même si cette dernière reste globalement sous-utilisée à l'échelle de l'ensemble du panel.

3.5 Comparaison transnationale des comportements de mobilité

Dans l'ensemble, les cinq pays étudiés (l'Allemagne, l'Espagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni) présentent des profils psychologiques et des intentions de voyage largement similaires. Les données révèlent néanmoins certaines spécificités nationales prononcées, en particulier en ce qui concerne l'accès au marché et les arbitrages environnementaux.

3.5.1 Expérience de choix discrets (DCE) et accès au marché

L'option "*Ne pas voyager*" choisie systématiquement à travers tous les scénarios du DCE mesure un manque de volonté à s'engager sur le marché que nous avons défini. Le croisement de cette inertie déclarée avec l'abstention révélée (le pourcentage de répondants n'ayant pas voyagé au cours des deux dernières années) fournit une mesure nuancée du dynamisme national en matière de mobilité (Tableau 3.2).

TABLE 3.2 – Inertie déclarée (DCE) par rapport à l'abstention réelle sur le marché, par pays.

Pays	"Ne pas voyager" systématique	Taux d'abstention révélé
Allemagne	9.4 %	28.2 %
Espagne	3.0 %	24.6 %
France	12.7 %	38.5 %
Italie	8.7 %	29.1 %
Royaume Uni	6.0 %	17.9 %

Cette analyse croisée fait ressortir trois profils nationaux distincts :

- **La France** présente l'inertie la plus élevée sur les deux indicateurs, enregistrant la plus forte exclusion volontaire dans le DCE (12,7 %) parallèlement au taux d'abstention révélé le plus élevé (38,5 %). Malgré l'écart structurel entre intentions déclarées et comportements réels, une cohérence interne claire demeure : certains répondants français expriment une forte réticence à voyager dans le DCE et, dans la pratique, semblent voyager nettement moins que leurs homologues européens.
- **Le Royaume-Uni** affiche une forte participation au marché ; alors que seulement 6,0 % des participants britanniques choisissent systématiquement l'option d'exclusion dans le DCE, le pays enregistre le taux d'abstention révélé le plus bas (17,9 %). Cet écart de près de 20 points de pourcentage avec la France met en évidence un marché du voyage longue distance très dynamique au Royaume-Uni, potentiellement plus accessible ou structurellement segmenté.
- Quant à **l'Espagne**, elle met en lumière un écart substantiel entre les intentions et les comportements : bien qu'elle abrite la plus faible proportion de non-voyageurs systématiques dans l'expérience de choix (3,0 %), près d'un quart de sa population (24,6 %) est resté entièrement en dehors du marché réel du voyage au cours des deux dernières années.

3.5.2 Activité de voyage et habitudes multimodales

L'analyse de la multimodalité révèle des disparités structurelles majeures. Au-delà du volume global, c'est l'équilibre entre le rail et les autres modes (autocar, covoiturage, etc.) qui définit les spécificités nationales.

TABLE 3.3 – Taux de mobilité multimodale au cours des deux dernières années

Pays	Total multimodal (%)	Train (%)	Autres (%)
Allemagne	22.4%	20.1%	2.3%
Espagne	22.6%	13.1%	9.5%
France	21.7%	12.4%	9.3%
Italie	28.0%	16.3%	11.7%
Royaume Uni	37.3%	24.4%	12.9%

Ces données permettent de distinguer trois profils types :

- Le **Royaume-Uni** se hisse en tête du classement avec 37,3 % de pratiques multimodales. Il présente non seulement le recours le plus élevé au rail, mais aussi une forte complémentarité avec les autres modes de transport.
- Bien que l'**Allemagne** affiche un score global honorable (22,4 %), sa structure est la plus déséquilibrée. Elle repose presque exclusivement sur le rail (20,1 %), avec un recours quasi nul aux autres formes de multimodalité (2,3 %), soit le taux le plus bas du panel.
- La **France** clôt le classement en termes de pratique globale (21,7 %). Bien que son articulation entre le rail et les « autres modes » soit équilibrée (similaire à celle de l'Espagne), le volume total de trajets combinés reste le plus faible des pays étudiés, faisant écho au taux d'accès au marché plus restreint observé plus haut.

L'Italie se distingue comme un solide second, portée par une diversification substantielle (11,7 % pour les modes non ferroviaires), ce qui suggère un réseau intermodal (autocar/rail) particulièrement efficace ou intensément utilisé.

3.5.3 Compensation CO₂ et paradoxe environnemental

Alors que la sensibilité environnementale déclarée est homogène à l'échelle européenne (qu'elle soit captée à travers les items du profil psychologique ou à travers l'importance accordée aux critères environnementaux dans le choix du trajet), sa traduction en un comportement financier concret (consentement à payer pour la compensation carbone) varie entre les pays d'Europe du Nord et d'Europe du Sud (Tableau 3.4).

TABLE 3.4 – Pratiques de compensation de CO₂, par pays.

Pays	Taux d'adhésion (%)	Coût moyen (% du prix du billet)
Allemagne	17.3 %	10.2 %
Espagne	13.3 %	10.8 %
France	20.7 %	7.8 %
Italie	12.9 %	13.8 %
Royaume Uni	17.0 %	8.1 %

La France arrive en tête du classement, avec près d'un voyageur sur cinq prêt à compenser ses émissions de CO₂. L'Italie et l'Espagne présentent un « green-gap » plus marqué (c'est-à-dire le décalage entre les intentions déclarées et les actions concrètes) : bien que leurs populations se disent soucieuses de l'environnement, le taux d'adhésion réel y est le plus faible, malgré un coût moyen par billet paradoxalement plus élevé.

Chapitre 4

Conclusion : Les enseignements à retenir pour l'industrie

Les arguments rassemblés dans ce rapport convergent vers un seul et même diagnostic : la demande intermodale européenne est réelle, structurellement significative et actuellement moins contrainte par les préférences des voyageurs que par l'architecture même du produit de voyage. La base de référence des préférences révélées tirée de l'ENPA et l'enquête européenne sur les choix discrets fournissent des signaux mutuellement cohérents. Cinq enseignements opérationnels en découlent, en correspondance directe avec les cinq conclusions mises en évidence dans le résumé exécutif.

1. La multimodalité est le modèle dominant chez les voyageurs européens actifs. Trois Européens sur cinq ayant voyagé au cours des deux dernières années font état d'au moins une correspondance ; les connexions terrestres (ferroviaires et autres modes non aériens, 25,6 %) l'emportent sur les correspondances aériennes (17,9 %) en tant qu'infrastructure de connexion structurelle de la mobilité européenne, tandis que le rail et l'avion sont désormais statistiquement à égalité en tant que modes de connexion uniques (17,0 % contre 17,9 %). L'expérience de choix discrets confirme la pertinence stratégique du produit intermodal : l'Air–Rail (42,9 %) et l'Air–Air (42,4 %) sont au coude-à-coude, l'option de ne pas voyager ne retenant que 14,7 %. La planification des capacités de l'industrie devrait traiter le segment ferroviaire comme une partie de la frontière de production pertinente plutôt que comme une contrainte externe, et les produits intermodaux devraient être conçus pour le marché de masse plutôt que pour une niche orientée vers le rail.

2. La démographie est-elle le bon levier ? Le profil socio-économique prédit *si* les répondants entrent sur le marché du voyage, mais pas systématiquement *quel* mode ils choisissent une fois qu'ils y sont. La part des non-voyageurs passe de 22 % (25-34 ans) à 38 % (65 ans et plus), de 18 % (diplômés du supérieur) à 52 % (enseignement primaire), et de 7–8 % (> 75 k) à 55 % (< 10 k) — soit un écart de revenus de 48 points. En revanche, la répartition modale Air–Air/Air–Rail reste remarquablement stable à travers chaque dimension socio-démographique (Air–Air 35–47 %, Air–Rail 36–46 %, avec des écarts dépassant rarement trois points de pourcentage au sein d'un même groupe). Communiquer sur les produits intermodaux principalement auprès des personnes aisées ou instruites ne fera donc pas bouger les lignes. Les leviers qui modifient empiriquement la répartition modale sont des choix de conception de services qui réduisent la complexité perçue, protègent le voyageur contre le risque de correspondance et préservent les options à chaque étape du voyage.

3. L'Air–Rail est un produit de conversion pour l'ensemble du marché, et non une niche pour les voyageurs habitués au rail. Sur les 42,9 % de l'échantillon gravitant vers l'Air–Rail dans l'expérience de choix discrets, seuls 10,4 points de pourcentage proviennent d'anciens utilisateurs de correspondances ferroviaires ; les 32,5 pp restants proviennent d'anciens voyageurs directs (10,8 pp), de non-voyageurs (9,8 pp), d'anciens utilisateurs de correspondances

aériennes (7,2 pp) et d'autres modes (4,7 pp). Le volume de conversion dépasse donc le volume de rétention d'un facteur trois, la fidélité au mode passé est structurellement faible (76 % des anciens voyageurs peuvent être convaincus de changer de catégorie modale), et le principal bassin absolu de candidats à la conversion est le segment des anciens voyageurs directs. Le discriminant le plus décisif entre les choix Air–Air et Air–Rail au sein de chaque archétype d'expérience passée est la sensibilité environnementale du répondant — et non la familiarité avec l'infrastructure ferroviaire en soi — ce qui motive directement l'enseignement suivant.

4. L'approche climatique seule ne suffit pas à changer d'échelle : le goulot d'étranglement réside dans l'architecture du choix. La conscience environnementale est concentrée dans les segments les plus jeunes, les plus instruits et aux revenus les plus élevés, et même parmi les répondants les plus engagés, l'adoption de la compensation volontaire du CO₂ plafonne à environ un tiers (34 % parmi ceux qui qualifient la préoccupation environnementale de « très importante »), contre 7-8 % au bas de l'échelle. L'écart entre les valeurs et les actes (value–action gap) est donc une caractéristique structurelle de la prise de décision environnementale, et non un artefact de mesure. La friction comportementale réside dans l'architecture du choix, et non dans les préférences : intégrer la valeur climatique dans les configurations de produits par défaut est plus susceptible de changer d'échelle que de s'en remettre à des suppléments optionnels (opt-in). Le segment des non-voyageurs confirme la même logique à la marge extensive : 28,8 % des répondants européens ne signalent aucun voyage au cours des deux dernières années, mais seuls 8,6 % refusent systématiquement de voyager dans chaque scénario hypothétique de l'expérience de choix discrets - ce qui signifie que près des deux tiers des non-voyageurs autodéclarés révèlent une demande latente sous des configurations d'attributs favorables, et que cette demande latente est structurellement orientée vers l'Air–Rail (57/43) plutôt que vers l'Air–Air. Les offres groupées de produits qui simplifient l'expérience de réservation, protègent contractuellement les correspondances et intègrent la valeur environnementale au point de vente peuvent donc convertir une part significative de ce réservoir latent en demande intermodale.

5. Une stratégie européenne unique sera sous-performante. L'analyse par pays réfute l'hypothèse d'un « voyageur européen » homogène. Le Royaume-Uni combine un accès élevé au marché (82,1 %) avec le taux de multimodalité le plus élevé du panel (37,3 %) et un panorama équilibré de correspondances ferroviaires et non ferroviaires, définissant un marché intermodal mature. La France combine l'exclusion volontaire la plus élevée (12,7 %) avec le taux d'accès effectif le plus bas (61,5 %), pointant vers un marché longue distance structurellement segmenté. L'Espagne présente le plus grand potentiel de croissance latente, avec seulement 3,0 % de refus systématique en plus d'un taux d'accès de 75,4 %. L'Allemagne affiche un chiffre global de multimodalité respectable (22,4 %) qui masque une dépendance ferroviaire quasi-monomodale (20,1 % pour le rail contre 2,3 % pour les autres modes). L'Italie s'impose comme un solide second, portée par une diversification exceptionnelle au-delà du rail (28,0 % de multimodalité, 11,7 % de correspondances non ferroviaires). La stratégie de l'industrie doit être calibrée pour chaque profil — marchés intermodaux matures, marchés sous-desservis à forte demande latente, et marchés structurellement contraints dont les limites diffèrent par nature — plutôt que pour un archétype européen unique.

Prochaines étapes. La Chaire TRAVEL élargit actuellement sa base empirique selon deux axes. Le panel européen sera agrandi lors de la prochaine vague d'enquête afin d'affiner les segmentations géographiques et socio-économiques, et d'approfondir les analyses par pays esquissées ci-dessus. En parallèle, une expérience de laboratoire contrôlée, ancrée dans l'éco-

nomie comportementale et expérimentale, isolera l'effet causal de caractéristiques spécifiques de conception de services — correspondances protégées, systèmes de compensation, utilisation productive du temps de voyage, valeur environnementale intégrée par défaut — sur la volonté d'adopter des itinéraires Air–Rail. Les résultats seront publiés dans des rapports techniques successifs au fur et à mesure de la maturité des analyses.

Bibliographie

- Alberto Abadie, Alexis Diamond, and Jens Hainmueller. Synthetic control methods for comparative case studies : Estimating the effect of california's tobacco control program. *Journal of the American Statistical Association*, 105(490) :493–505, 2010. doi : 10.1198/jasa.2009.ap08746. URL <https://doi.org/10.1198/jasa.2009.ap08746>.
- Meredith Alousi-Jones, Thiago Carvalho, Merrina Zhang, Isabella Jimenez, and Ahmed El-Genaidy. Who is willing to take transit in the future ? Older adults' perceived challenges and barriers to using public transit across Canada. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, 192 :104376, February 2025. ISSN 09658564. doi : 10.1016/j.tra.2025.104376. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965856425000047>.
- Nicolò Avogadro, Mattia Cattaneo, Stefano Paleari, and Renato Redondi. Replacing short-medium haul intra-european flights with high-speed rail : Impact on CO2 emissions and regional accessibility. 114 :25–39, 2021. ISSN 0967070X. doi : 10.1016/j.tranpol.2021.08.014. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967070X21002456>.
- Valeria Bernardo, Xavier Fageda, and Jordi Teixidó. Flight ticket taxes in europe : Environmental and economic impact. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, 179 :103892, 2024.
- Daniel Borbely. A case study on germany's aviation tax using the synthetic control approach. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, 126 :377–395, 2019. ISSN 0965-8564. doi : <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.06.017>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856418313387>.
- CERRE. The economics of the single-ticketing regulation in europe. Technical report, CERRE, Brussels, 2026. URL https://re.public.polimi.it/retrieve/92484947-2742-4f8b-8f34-794cd25eaafe/CERRE_The-Economics-of-the-Single-Ticketing-Regulation-in-Europe.pdf.
- Paul Chiambaretto and Christopher Decker. Air-rail intermodal agreements : Balancing the competition and environmental effects. 23 :36–40, 2012. ISSN 09696997. doi : 10.1016/j.jairtraman.2012.01.012. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0969699712000130>.
- Subeh Chowdhury and Avishai Ceder. A Psychological Investigation on Public-transport Users' Intention to Use Routes with Transfers. *International Journal of Transportation*, 1(1) :1–20, December 2013. ISSN 22877940, 22877940. doi : 10.14257/ijt.2013.1.1.01. URL http://article.nadiapub.com/IJT/vol1_no1/1.pdf.
- Gerben de Jong, Christiaan Behrens, Hester van Herk, and Erik Verhoef. Airfares with code-shares : (why) are consumers willing to pay more for products of foreign firms with a domestic partner ? *Journal of Economic Behavior Organization*, 193 :1–18, 2022. ISSN 0167-2681. doi : <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2021.10.027>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167268121004571>.
- Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC). Enquête nationale des passagers aériens (ENPA). <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/enquete-nationale-passagers-aeriens-enpa>, 2009-2025. Ministère de la Transition écologique.

European Commission. Regulation (eu) 2024/1679 of the European parliament and of the council. Technical report, Official Journal of the European Union, Brussels, 2024. URL https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401679.

Eurostat. Key figures on European transport — 2025 edition. Technical report, European Union, Luxembourg, 2025. URL <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-key-figures/w/ks-01-25-057>.

Martin Falk and Eva Hagsten. Short-run impact of the flight departure tax on air travel. *International Journal of Tourism Research*, 21(1) :37–44, 2019. doi : <https://doi.org/10.1002/jtr.2239>. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jtr.2239>.

Kun Gao, Minhua Shao, Kay W. Axhausen, Lijun Sun, Huizhao Tu, and Yihong Wang. Inertia effects of past behavior in commuting modal shift behavior : interactions, variations and implications for demand estimation. 49(4) :1063–1097, 2022. ISSN 0049-4488, 1572-9435. doi : 10.1007/s11116-021-10203-6. URL <https://link.springer.com/10.1007/s11116-021-10203-6>.

Hugo Gordijn and Joost Kolkman. Effects of the air passenger tax : Behavioral responses of passengers, airlines and airports. *KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis : Ministry of Infrastructure and the Environment*, 21 :26, 2011.

Jan-Willem Grotenhuis, Bart W. Wiegman, and Piet Rietveld. The desired quality of integrated multimodal travel information in public transport : Customer needs for time and effort savings. *Transport Policy*, 14(1) :27–38, January 2007. ISSN 0967070X. doi : 10.1016/j.tranpol.2006.07.001. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967070X0600062X>.

Viola Helmers and Edwin van der Werf. Did the German aviation tax have a lasting effect on passenger numbers ? *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, 140 : 104570, 2025. ISSN 1361-9209. doi : <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104570>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920924005273>.

IATA. Global outlook for air transport trade, ai, and the energy transition. Technical report, IATA Sustainability and Economics, Montreal, 2025. URL <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/global-outlook-for-air-transport-december-2025/>.

Zhi-Chun Li and Dian Sheng. Forecasting passenger travel demand for air and high-speed rail integration service : A case study of Beijing-Guangzhou corridor, China. 94 :397–410, 2016. ISSN 09658564. doi : 10.1016/j.tra.2016.10.002. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965856415303141>.

Maria Fernanda Guajardo Ortega and Heike Link. Mode choice inertia and shock : Three months of almost fare-free public transport in Germany. 41 :100382, 2025. ISSN 2212-0122. doi : <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2024.100382>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212012224000418>.

Jan Vespermann and Andreas Wald. Intermodal integration in air transportation : status quo, motives and future developments. 19(6) :1187–1197, 2011. ISSN 09666923. doi : 10.1016/j.jtrangeo.2011.05.003. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966692311000500>.

Sihyun Yoo, Ruben Beumer, Bert Van Wee, Niek Mouter, and Eric Molin. Perceived accessibility by air transportation : A focus group study of potential air travelers in The Netherlands. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, 193 :104394, March 2025. ISSN 09658564. doi : 10.1016/j.tra.2025.104394. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965856425000229>.

Massimiliano Zanin, Ricardo Herranz, and Sophie Ladousse. Environmental benefits of air–rail intermodality : The example of madrid barajas. 48(5) :1056–1063, 2012. ISSN 13665545. doi : 10.1016/j.tre.2012.03.008. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1366554512000282>.



Contact

Estelle Malavolti (Directrice de la chaire)
estelle.malavolti@enac.fr

Chaire TRAVEL - ENAC

7 avenue Édouard Belin
31400 Toulouse