

# **Les déterminants de la micromobilité : quelle place au sein de la nouvelle diversité modale en France ?**

## ***Micromobility determinants: which role within the new modal diversity in France?***

Cyprien Richer

Cerema, CY Cergy Paris Université, Matris, Lille  
N°ORCID : 0000-0002-6823-3121

Nicolas Juste

Cerema, CY Cergy Paris Université, Matris, Lille  
N° ORCID : 0009-0005-4548-5579

Mathieu Rabaud

Cerema, CY Cergy Paris Université, Matris, Lille

Dans un contexte de développement rapide des cycles, véhicules légers et engins de déplacement personnel en milieu urbain, nous proposons d'approfondir les usages des modes que l'on désigne par le terme de « micromobilité ». Cet article porte sur la place de la micromobilité dans les déplacements quotidiens en France à travers les données d'enquêtes mobilité certifiées Cerema (EMC<sup>2</sup>). L'objectif est de tester si la micromobilité est une famille homogène à côté d'autres modes « méso » ou « macro ». Nous nous interrogeons sur la diversité des déterminants d'usages des micromodes à l'aide d'une démarche de modélisation. Les résultats attestent bien de l'existence d'une véritable catégorie de modes qui intéresse une variété de public. Nous discutons de la concurrence ou complémentarité des véhicules légers dans un contexte où les usages restent émergents et inégalement répartis.

**Mots clés :** micromobilité, enquêtes mobilité certifiées Cerema (EMC<sup>2</sup>), modèle de choix discret, mobilité quotidienne, déplacements

*In a context of rapid development of cycles, light vehicles, and personal mobility devices in urban environments, we propose to delve deeper into the uses of modes referred to as "micromobility." This article focuses on the role of micromobility in daily travel in France through data from certified Cerema mobility surveys (EMC<sup>2</sup>). The objective is to test whether micromobility constitutes a homogeneous family alongside other "meso" or "macro" modes. We examine the diversity of determinants for the use of micro-modes through a modeling approach. The results confirm the existence of a distinct category of modes that appeals to a variety of users. We discuss the competition or complementarity of light vehicles in a context where uses remain emerging and unevenly distributed.*

**Keywords:** micromobility, Cerema certified mobility surveys (EMC<sup>2</sup>), discrete choice model, daily mobility, travel

La diversité modale a considérablement augmenté ces dernières années, en particulier dans les plus grandes villes. Georges Amar observait déjà, au début des années 2000, les premiers signes d'un accroissement de « l'optimum modal » sous l'effet d'hybridations, de métissages et d'innovations servicielles (Amar, 2004). Dans la famille de la « micromobilité », la diversification est spectaculaire. Ce terme de « micromobilité » est aujourd'hui utilisé pour décrire les véhicules petits, légers et à faible vitesse, partagés ou personnels (Chang, 2023) tels que les vélos, trottinettes, gyroroues / monoroues, *hoverboards*, cyclomobiles légers, voire scooters électriques ou quadricycles légers. La démultiplication de ces véhicules légers bénéficiant d'une assistance ou d'une motorisation électrique bouscule les mobilités urbaines.

Notre article porte sur la place de la micromobilité dans l'écosystème des mobilités quotidiennes des personnes. S'agit-il d'une famille de modes homogènes ? Quels sont les particularités et les déterminants de la micromobilité ? L'objectif est de décrire le plus précisément possible les singularités de la micromobilité par rapport aux autres mobilités et de caractériser les usages et les publics des « micro-modes ».

Pour répondre à ces questions, nous exploitons les données récentes des enquêtes mobilité certifiées Cerema (EMC<sup>2</sup>) en France. La méthodologie de ces enquêtes permet d'obtenir une photographie des déplacements des résidents d'une aire d'étude sur un jour moyen de semaine. Avec une description fine d'une diversité de modes, nous pouvons analyser et modéliser plusieurs types de micromobilité. Afin de garantir un volume de données suffisant pour chaque mode, nous travaillons à partir d'une base unifiée

des enquêtes de mobilité. Cette base, développée au Cerema, est une combinaison de différentes enquêtes d'une même génération (2018-2023) sur les déplacements des ménages, menées dans des agglomérations françaises. Nos données s'appuient ainsi sur 31 enquêtes réalisées depuis 2018 dans toute la France.

La première partie de l'article propose un état des connaissances de la micromobilité en exploitant une littérature abondante ces dernières années. Une deuxième partie présente les données et la méthode employée pour caractériser les micromobilités en France. Nous avons retenu un modèle de choix discret de type logit multinomial pour tester l'homogénéité de différentes catégories de modes. Une troisième partie expose les résultats de la mesure des effets marginaux. Cette démarche permet de comprendre les déterminants les plus significatifs des différentes familles de mobilité et de compléter la connaissance des usages de la micromobilité dans les villes françaises au sein de la nouvelle diversité modale.

## **1. État des connaissances sur la micromobilité**

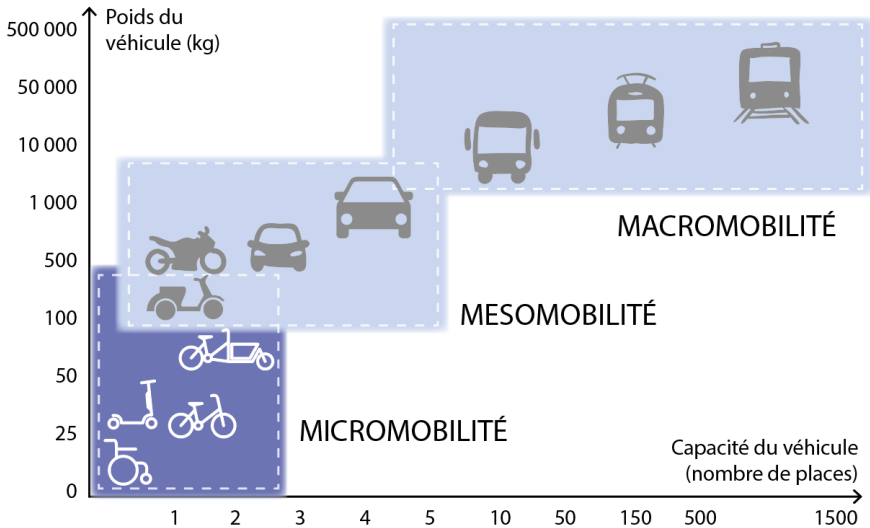
### *1.1. Micro-, méso-, macromobilités*

La micromobilité désigne une famille de modes de transport entre la marche et les modes lourds. Elle rassemble plusieurs types de véhicules tels que les vélos, les engins de déplacements personnels (EDP, les cyclomobiles légers ou draisienne (récemment inclus dans la réglementation française) jusqu'aux quadricycles légers appelés aussi véhicules intermédiaires (Bigo *et al.*, 2022). Le préfixe « micro » caractérise la petite dimension de ces véhicules de transport. Alors que la marche peut être considérée à part comme la « cellule souche » de la mobilité (Amar, 2004), le préfixe « micro » se distingue ainsi de l'échelle « méso » et « macro » comme le proposent Christoforou *et al.* (2021). Selon ces auteurs, la mésomobilité correspond aux véhicules motorisés de type automobile tandis que la macromobilité désigne le *mass transit*, c'est-à-dire des modes de transport lourds et capacitaires (Figure 1).

### *1.2. Caractéristiques de la micromobilité*

Avec l'explosion des systèmes de trottinettes électriques partagées en 2017, le terme de micromobilité s'est imposé dans le monde des transports (O'Hern & Estgfaeller, 2020). Son origine est plus ancienne comme le présente Dediu (2019) : une première vague correspond aux premières générations de vélos en libre-service dans les villes d'Amsterdam (1965), La Rochelle

Figure 1 : Les trois échelles de la mobilité en fonction du poids et de la capacité du véhicule



Source : Christoforou *et al.*, 2021

(1974) et Cambridge (1993) ; une deuxième vague est liée à l'explosion des vélos « sans accroches », avec des systèmes de localisation et de réservation par application, dont l'explosion a lieu principalement en Chine ; la troisième vague de diffusion de la micromobilité correspond à l'avènement des trottinettes électriques partagées, gérées par des start-ups.

Si le terme s'impose, le périmètre des modes qu'il conviendrait d'inclure dans la micromobilité fait toujours débat pour différents motifs :

- La vitesse : les seuils de vitesse font plutôt consensus, avec une limite fréquente à 45 km/h et une limite intermédiaire à 25 km/h. Cette dernière correspond à une limite législative (notamment en Europe entre les véhicules de type L1e-A et L1e-B) entre les véhicules pouvant circuler comme des vélos mécaniques et ceux nécessitant des réglementations de sécurité supplémentaires (ITF, 2020).
- Le mode de propulsion : la micromobilité désigne des « véhicules légers à propulsion humaine ou électrique circulant à faibles vitesses » (McQueen *et al.*, 2021). Des rapports limitent la micromobilité aux engins partiellement ou totalement alimentés par énergie électrique (FHA, 2021) donc en excluant les modes à propulsion musculaire. Selon le standard *Taxonomy & Classification of Powered*

*Micromobility Vehicles* (SAE International, 2019), il existe six catégories de micromobilité électrique selon que la propulsion électrique se transmet assis par les pédales (VAE), au guidon debout (trottinette électrique) ou assis (cyclomobile), par mouvement d'autobalancement avec guidon (*segway*) ou sans (*hoverboard*, gyroroue), voire sans autobalancement (skateboard, rollers).

- Le poids : la définition de l'*International Transport Forum* (ITF) distingue deux grandes limites qui se dégagent, avec un premier seuil à 35 kg et un autre à 350 kg (2020). Une première limite, plutôt basse, dont la valeur varie de 35, 40 à 55 kg est justifiée par la réglementation plus stricte pour les véhicules plus lourds (ITF, 2020). La limite haute oscille selon les études entre 227 et 500 kg (SAE, 2019 ; ITF, 2020 ; Dediu, 2019). Bahrami et Rigal (2022) définissent trois catégories de véhicules de micromobilité : le premier groupe augmente légèrement l'allure du piéton (trottinettes musculaires, gyroroues / monoroues et *hoverboards*) ; le second regroupe les modes intermédiaires de la micromobilité (entre 15 et 40 kg) avec la plupart des vélos et trottinettes électriques ; le troisième groupe concerne les vélos plus lourds (cargo, triporteurs, vélos-taxis, etc.) jusqu'aux petites voitures. Le poids du véhicule donne une indication sur la facilité d'embarquement du véhicule (Rabaud & Richer, 2022).
- La capacité : le caractère individuel et personnel de ce type de mobilité est couramment évoqué. La limitation de la capacité de transport à une seule personne est réglementaire pour certains modes comme les trottinettes ou la plupart des véhicules légers en libre-service. Cette limitation reviendrait cependant à exclure toute une gamme de cycles (tripoteur, vélo-cargo, vélo *longtail* etc.) dont l'une des évolutions majeures ces dernières années concerne justement la capacité de charge de passagers (enfants et parfois adultes) et de marchandises.
- La propriété du véhicule : les micromobilités concernent des modes de transport privés ou partagés en libre-service avec ou sans attache. Les systèmes partagés sont beaucoup plus étudiés que les systèmes personnels. Certaines définitions des micromobilités négligent les modes non partagés (Shaheen & Cohen, 2019 ; Liao & Correia, 2020).

Au final, la définition de la micromobilité semble osciller, d'un côté, entre une vision très large qui rassemble les engins légers à faible vitesse entre le piéton et la voiture (McQueen *et al.*, 2021 ; Oeschger *et al.*, 2020 ; Reck *et al.*, 2022 ; Christoforou *et al.*, 2021). D'un autre côté, une vision plus

restrictive se concentre sur les véhicules à propulsion électrique seulement, de moins de 35 kg et pouvant transporter une seule personne.

Nous effectuons des choix sur la définition (restrictive ou étendue) selon les types de critères (Figure 2). Ces choix sont guidés par le besoin de se concentrer sur le socle restrictif de la micromobilité avec un seuil de vitesse à 25 km/h et de poids à 55 kg. Ces critères font généralement consensus et permettent de bien différencier les micromobilités des modes dits intermédiaires (Bigo *et al*, 2022). Pour le reste des critères, la propulsion, la capacité ou la propriété, nous choisissons une définition plus large qui permet d'inclure pleinement les différents cycles au sein de la micromobilité.

Figure 2 : Définition des limites de la micromobilité selon la littérature et choix retenus

	<b>Définition restrictive</b>	<b>Définition étendue</b>	<b>Choix de la définition dans l'article</b>
<b>Vitesse</b>	Maximum 25 km/h	Maximum 45 km/h	Restrictive : choix d'un seuil de vitesse motorisée de 25 km/h
<b>Propulsion</b>	Motorisation électrique (assistée ou non)	Motorisation électrique (assistée ou non) ou musculaire	Étendue : choix des véhicules motorisés ou non
<b>Poids</b>	Maximum 35 à 55 kg	Maximum 350 à 500 kg	Restrictive : choix d'un poids maximum à 55 kg
<b>Capacité</b>	Maximum une seule personne transportée	Pas de limitation à une seule personne transportée	Étendue : pas de limitation
<b>Propriété</b>	Restriction aux véhicules partagés	Véhicules partagés ou privés	Étendue : pas de restriction aux modes partagés

Réalisation : auteurs

### 1.3. Enjeux de la micromobilité

Plusieurs articles proposent de larges revues de littérature démontrant le foisonnement de la recherche sur le sujet et permettant de comprendre les questions en lien avec la micromobilité (Liao & Correia, 2020 ; Abduljabbar *et al.*, 2021 ; Cui & Zhang, 2024). Les études bibliographiques montrent que la littérature scientifique se concentre principalement sur l'enjeu du premier et du dernier kilomètre, l'évaluation de l'effet des micromobilités sur l'utilisation des transports publics, le rôle des politiques et des réglementations ainsi que les problématiques technologiques. Progressivement les études mettent l'accent sur l'analyse des données, les transferts modaux

et la place de la micromobilité dans la planification urbaine et des transports. Bien que de nombreuses recherches sur les systèmes de trottinettes partagées soient effectuées, cela reste un secteur de recherche en émergence notamment en France (Cui & Zhang, 2024).

Des auteurs pointent une limite dans les connaissances sur la compréhension des changements de comportements de mobilité, sur l'impact de ces nouveaux véhicules sur l'environnement (Sun & Ertz, 2022) ainsi qu'en matière de sécurité (Sabbaghian *et al.*, 2023 ; Oeschger *et al.*, 2020). La sécurité, les conflits d'usage, les vitesses autorisées ainsi que l'impact environnemental des batteries sont des perceptions récurrentes des microvéhicules électriques (Gössling, 2020).

L'attention est souvent portée sur les systèmes de partages (Elmashhara *et al.*, 2022) dans un marché en croissance, même si certaines études examinent aussi l'usage des micromodes privés (McQueen *et al.*, 2021 ; Esztergár-Kiss & Lizarraga, 2021 ; Reck *et al.*, 2022). Les recherches présentent peu de comparaisons et d'analyses des différents modes de micromobilité entre eux (Sun & Ertz, 2022). Il est donc pertinent de fournir une représentation plus complète des causes et des effets entourant un système de transport intégré (Oeschger *et al.*, 2020). Aussi, la plupart des études se limitent à des scénarios bimodaux avec le bus, la voiture ou d'autres micromobilités (Reck & Axhausen, 2021 ; Badia & Jenelius, 2023).

Les enquêtes auprès des utilisateurs ou les données d'usages des modes partagés ne permettent pas une compréhension globale de la place des micromobilités. Les données ainsi exploitées donnent des repères sur les caractéristiques sociodémographiques des usagers et des enseignements sur les déplacements, mais sans repositionner ces indicateurs par rapport à la diversité modale. Nous proposons donc une approche plus globale de la micromobilité à travers une analyse intégrant tous les modes de déplacements urbains. L'enjeu est donc de combler les lacunes dans la connaissance de la micromobilité en la repositionnant au sein de l'écosystème de la mobilité quotidienne des personnes.

## **2. Données et méthode**

### *2.1. Une base unifiée des EMC<sup>2</sup>*

Nous exploitons les données récentes des EMC<sup>2</sup> en France. Il s'agit d'enquêtes locales, réalisées à l'initiative de collectivités selon une méthodologie standardisée à l'échelle nationale, visant à recueillir la mobilité des habitants d'un territoire sur une journée (lundi à vendredi, hors vacances et

jours fériés), quels que soient les modes et les motifs de déplacements. Ces enquêtes existent en France depuis 1976 et sont renouvelées en moyenne tous les dix ans.

Afin de garantir un volume de données suffisant pour chaque mode, nous travaillons à partir d'une base dite « unifiée » des enquêtes de mobilité. Nous exploitons de manière globale une base de données intégrant les résultats de 31 enquêtes réalisées entre 2018 et 2023<sup>1</sup> sur une population de 15 ans et plus. L'échantillon n'est pas représentatif de l'échelle nationale mais permet d'effectuer des analyses robustes sur des phénomènes difficiles à mesurer à l'échelle locale. Une limite concerne la sensibilité de l'année d'enquête (de 2018 à 2023) pouvant être un facteur d'influence sur le comportement des gens vis-à-vis de la micromobilité. L'inclusion de ce paramètre dans le modèle permet cependant de limiter le biais de l'année d'enquête lié à l'émergence des nouveaux modes ces dernières années.

Au moins une trentaine de modes sont renseignés dans les EMC<sup>2</sup>, même si nous ne pouvons exploiter toutes les nuances des micromobilités. La granularité des modes tels qu'ils sont disponibles dans les enquêtes nous amène à considérer les catégories suivantes de modes de micromobilité :

- vélos musculaires (hors vélos en libre-service),
- vélos à assistance électrique (hors vélos en libre-service),
- vélos en libre-service (en *free floating* ou avec station, avec assistance électrique ou non)<sup>2</sup>,
- engins de déplacement personnel motorisés (essentiellement trottinette électrique),
- engins de déplacement personnel non motorisés (essentiellement trottinette musculaire)<sup>3</sup>.

La base unifiée 2018-2023 compile les mobilités de 215 758 personnes ayant répondu aux différentes enquêtes (Figure 3). Une faible proportion de la population de 15 ans ou plus (11 294 personnes) pratique les différents modes de micromobilité. Au sein des modes sélectionnés, le vélo

1 | Alençon 2018, Besançon 2018, Brest 2018, Evreux 2018, Gap 2018, Le Havre 2018, Poitiers 2018, Rennes 2018, Bouzonville 2019, Tours 2019, Valenciennes 2019, Rodez 2020, Grenoble 2020, La Vendée 2020, Marseille 2020, Gironde 2021, Les Sables d'Olonne 2021, Reims 2021, La Guadeloupe 2021, Saint-Etienne 2021, Angers 2022, Calvados 2022, Chambéry 2022, Lannion 2022, Toulon 2022, Angoulême 2023, Artois 2023, Clermont 2023, Nevers 2023, Nice 2023, Toulouse 2023.

2 | Nous comptabilisons 15 services de VLS sur 31 enquêtes. La moindre disponibilité du VLS apparaît dans les tests de significativité des résultats.

3 | Par souci de clarté pour la lecture, nous utiliserons systématiquement les termes suivants dans la suite de l'article : vélo (pour les vélos musculaires hors VLS), VAE, VLS, EDPM et EDP.

musculaire se détache largement des autres par une communauté d'utilisateurs bien plus importante.

Figure 3 : Effectifs de la micromobilité – données brutes

	Nombre d'utilisateurs (utilisation du mode au moins une fois dans la journée)	Nombre de trajets effectués avec le mode considéré	Nombre de déplacements comportant au moins un trajet du mode considéré
Vélos musculaires (hors VLS)	5 483	14 861	14 721
VAE : vélos à assistance électrique (hors VLS)	808	2 162	2 154
VLS : vélos en libre-service (en <i>free floating</i> ou avec station, assistés ou non)	315	549	547
EDPM : engins de déplacement personnel motorisés	432	1 174	1 135
EDP : engins de déplacement personnel non motorisés	121	306	287
Effectif total de la base unifiée des EMC <sup>2</sup> 2018/2023	215 758	573 997	764 402
Part de la micromobilité sur l'effectif total	3,3 % (double compte possible)	3,3 %	2,5 %

Source : base unifiée EMC<sup>2</sup> 2018/2023. Réalisation : auteurs

Les données peuvent être analysées à trois niveaux différents.

1. L'utilisateur, à savoir la personne qui a effectivement utilisé au cours de la journée au moins une fois le mode de transport considéré.

Les pratiquants de la micromobilité concernent les personnes ayant réalisé au moins un trajet dans la journée avec un vélo, VLS, VAE, EDP ou EDPM. En comparant à l'ensemble de la population de plus de 14 ans ayant réalisé, eux aussi, au moins un trajet (88 % de la population totale environ), nous observons que les « micromobiles » réalisent plus de déplacements en moyenne sur une journée. Les personnes peuvent être utilisatrices de plusieurs modes de transports dans la journée (multimodalité). Il existe des différences sensibles dans notre base entre des usagers de la micromobilité utilisant peu d'autres modes (VAE, Vélo, EDPM) et ceux qui sont très multimodaux comme le VLS.

2. Le trajet, en tant que composante élémentaire du déplacement, qui consiste en l'utilisation d'un seul mode mécanisé entre un point A et un point B.

Les trajets sont caractérisés par les modes de transport avec lesquels ils sont réalisés. Les trajets effectués avec un mode de micromobilité sont de portée inférieure à la distance des trajets moyens. La longueur des trajets atteste d'une utilisation pour des mobilités de proximité entre 2,5 km (85<sup>e</sup> centile des EDP) et 5,3 km (85<sup>e</sup> centile des VAE). Dans la littérature, on retrouve des seuils assez équivalents pour les trottinettes électriques. La plupart des auteurs observent des distances majoritairement inférieures à 5 km (Edel *et al.*, 2021) dans le cadre de trajets courts inférieurs à 15 minutes (Boglietti *et al.*, 2021 ; Christoforou *et al.*, 2021).

3. Le déplacement, qui consiste à se mouvoir d'un lieu d'activité à un autre lieu d'activité par l'intermédiaire d'un ou plusieurs trajets, avec d'éventuelles ruptures de charge ou correspondance.

La micromobilité est caractérisée par des modes ayant des comportements plus ou moins intermodaux : des VAE avec un nombre de trajets par déplacement de 1,02<sup>4</sup> qui sont très peu intermodaux, jusqu'aux VLS avec un nombre de trajets par déplacement de 1,21, donc une intermodalité bien plus soutenue. Ces attributs se reportent sur la portée moyenne (distance à vol d'oiseau) des déplacements : par exemple, les déplacements avec un trajet VLS de 2,1 km (en moyenne) ont une portée moyenne de 8,9 km puisqu'ils comportent régulièrement un trajet long en transport collectif.

Figure 4 : Statistiques descriptives des différents micromodes

	Tous modes	Vélo	VAE	VLS	EDPM	EDP
% femmes	53 %	34 %	46 %	39 %	32 %	39 %
% moins de 25 ans	16 %	19 %	6 %	23 %	33 %	30 %
% Professions et catégories socioprofessionnelles (PCS) supérieures	21 %	29 %	39 %	34 %	17 %	27 %
% pas de permis (18+)	14 %	16 %	10 %	10 %	35 %	19 %
% résidents Ville-centre	36 %	50 %	42 %	67 %	60 %	61 %
% trajets supérieurs à 4 km	45 %	22 %	31 %	10 %	12 %	4 %
% motif travail	15 %	19 %	25 %	22 %	26 %	20 %

Source : base unifiée EMC<sup>2</sup> 2018/2023. Réalisation : auteurs

Note de lecture : 15 % de l'ensemble des déplacements réalisés, quel que soit le mode utilisé, ont pour destination le travail. Si on se limite aux déplacements en VAE, la proportion pour le travail est de 25 % des déplacements.

4 | Sur 100 déplacements comportant du VAE, on dénombre 102 trajets tous modes confondus, hors marche.

## 2.2. Spécification du modèle

Pour approfondir les caractéristiques de cette nouvelle diversité modale, nous proposons une modélisation visant à déterminer les variables ayant le plus d'influence sur le choix de l'un des modes de micromobilité retenus. La méthode communément adoptée pour rendre compte de ce type de choix modal est d'utiliser un modèle de choix discret (Ben-Akiva & Bierlaire, 1999), de type logit multinomial (Ben-Akiva & Lerman, 1985). Pour répondre aux besoins de l'analyse, nous modélisons ce choix en deux étapes, en utilisant un logit emboîté (Williams, 1977 ; McFadden, 1972 ; Daly & Zachary, 1978).

Dans le cadre de ce type de modèle, on considère que les individus effectuent des choix successifs, les conduisant *in fine* à leur choix final de mode de transport. Les différents modes sont réunis en sous-catégories (marche, micro-, méso-, macromobilité). L'hypothèse est que, lors du choix d'un mode de déplacement, les individus optent d'abord pour l'une de ces sous-catégories, dont les modes sont de proches substituts, puis choisissent leur mode final au sein de cette sous-catégorie. L'avantage de ce type de méthode est qu'elle permet de distinguer d'une part ce qui conduit les individus à se prononcer pour une catégorie plutôt qu'une autre (par exemple, celle des micromobilités) puis, une fois ce premier choix fait, ce qui les conduit à choisir l'un des modes de la catégorie plutôt qu'un autre.

La formulation du modèle est la suivante. Le terme d'erreur de chaque mode peut être décomposé en une partie relative à sa catégorie et une partie relative au mode, au sein de sa catégorie. L'équation de l'utilité relative au choix de ce mode est alors :

$$(1) \quad U_{mode} = \beta_{mode} X + \varepsilon_{catégorie} + \varepsilon_{mode}$$

Avec  $\beta_{mode}$  les paramètres estimés relatifs à ce mode,  $X$  la matrice des variables explicatives et  $\varepsilon$  les termes d'erreur. Ainsi, tous les modes d'une même catégorie possèdent une composante commune du terme d'erreur  $\varepsilon_{catégorie}$  qui crée une covariance entre les erreurs totales. Les composantes distinctes  $\varepsilon_{mode}$  sont supposées suivre une distribution de Gumbel de paramètre  $(\frac{1}{\theta_{catégorie}})$ . Le paramètre  $\theta$  représente alors le degré de substituabilité entre les modes d'une même catégorie. S'il est proche de 0, ces modes sont de proches substituts. S'il est proche de 1, l'appartenance à une même catégorie fait peu de sens. S'il est inférieur à 0 ou supérieur à 1, le modèle est rejeté, car non conforme à la théorie.

Dans le cas de trois modes  $A$ ,  $B1$  et  $B2$ , dont les deux derniers appartiennent à une même catégorie  $B$ , la probabilité de choix du mode  $B1$  est

alors égale au produit de la probabilité de choisir la catégorie  $B$  et de la probabilité de choisir  $B1$ , sachant que  $B$  a été choisi (équation 2) :

$$(2) \quad p(B1) = p(B) \times p(B1|B)$$

avec :

$$(3) \quad p(B1|B) = \frac{\exp\left(\frac{\beta_{B1} X}{\theta_B}\right)}{\exp\left(\frac{\beta_{B2} X}{\theta_B}\right) + \exp\left(\frac{\beta_{B1} X}{\theta_B}\right)}$$

$$(4) \quad p(B) = \frac{\exp(\Gamma_B)}{\exp(\beta_A X) + \exp(\Gamma_B)}$$

$$(5) \quad \Gamma_B = \theta_B \log \left[ \exp\left(\frac{\beta_{B1} X}{\theta_B}\right) + \exp\left(\frac{\beta_{B2} X}{\theta_B}\right) \right]$$

Le modèle est estimé par la méthode du maximum de vraisemblance, à l'aide de l'outil `mlogit` sous R (Croissant, 2020).

Les déterminants utilisés dans ce type de modèle appliqué au choix modal concernent les caractéristiques sociodémographiques des individus (PCS, âge, genre, possession du permis, lieu de résidence) et des caractéristiques des déplacements (motif, distance, destination). Les trajets sont utilisés pour tester des sous-catégories de regroupement de modes de transport.

Une source potentielle de biais est liée au choix d'effectuer les observations à l'échelle des trajets. Certains de ces trajets sont faits par la même personne, parfois même au cours du même déplacement. Or, plusieurs de nos variables explicatives se situent à l'échelle du déplacement ou de la personne. Pour les déplacements, la source de biais est négligeable, car 98 % des déplacements de notre base ne sont constitués que d'un trajet. Pour les personnes, le risque est plus élevé, car seules 31 % des personnes de la base n'ont fait qu'un trajet. Il ne nous a pas été possible de lever ce biais, mais nous avons testé la sensibilité du modèle par la modification suivante : nous avons réestimé le modèle en affectant à chaque trajet un poids égal à l'inverse du nombre de trajets faits par la personne, si bien que chaque individu ne pèse que pour 1 dans l'estimation du modèle. Les paramètres demeurent globalement inchangés, ce qui nous permet de conclure que nos résultats sont peu biaisés par la présence d'individus ayant réalisé plusieurs trajets.

### 2.3. Utilisation des effets marginaux moyens

Les paramètres estimés d'un tel modèle sont difficilement interprétables directement. Il est plus intuitif d'analyser l'effet marginal moyen de chacune des variables sur le choix final de mode de déplacement.

Pour calculer ces effets marginaux, nous utilisons les paramètres du modèle pour prédire la probabilité du choix de chaque mode pour chaque individu de notre échantillon. Ces probabilités constituent, pour un individu  $i$ , les probabilités de référence d'usage de chaque mode ( $P_i^{mode}(ref)$ ).

Pour déterminer l'effet d'une modalité, par exemple être un homme, nous recalculons les probabilités de choisir chaque mode, en considérant désormais que tous les individus de l'échantillon sont des hommes (les autres variables ne changent pas) : ( $P_i^{mode}(homme)$ ). La différence entre cette probabilité et la probabilité de référence est l'effet marginal pour l'individu lié au fait d'être un homme. Si cet individu était déjà un homme, l'effet marginal individuel est bien évidemment nul.

Finalement, pour obtenir l'effet marginal moyen, nous calculons la moyenne des effets marginaux individuels sur l'ensemble de l'échantillon.

$$(6) \quad E[P^{mode}(homme) - P^{mode}(ref)]$$

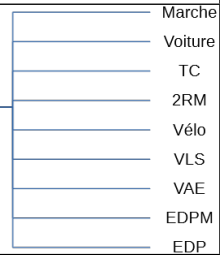
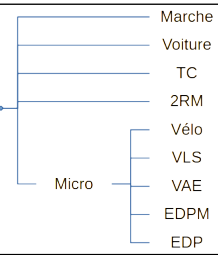
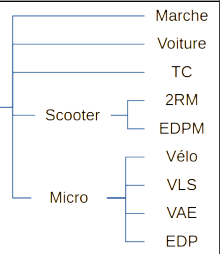
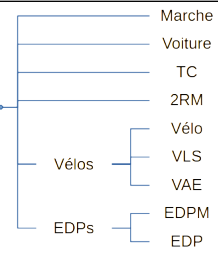
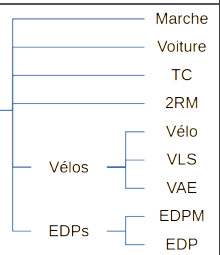
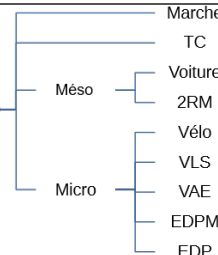
## 3. Résultats

### 3.1. La micromobilité est-elle une famille homogène ?

Pour comprendre la proximité des différents modes de déplacements et la robustesse de la famille des micromobilités, nous testons successivement plusieurs regroupements de modes en sous-catégories (Figure 5). Pour être retenue, une structure doit remplir deux conditions :

- permettre un ajustement sensiblement meilleur aux données que ne le fait le modèle de référence logit multinomial (structure 0). C'est-à-dire passer le test du ratio de vraisemblance (LR Test) ;
- les paramètres  $\theta$ , qui représentent le degré de substituabilité entre les modes d'un même nœud, doivent être positifs et proches de 0 (cf. 2.2).

Figure 5 : Différents types de regroupements testés

Structure 0	Tests	Structure 1	Tests
	<p>AIC: 495 459</p>		<p>AIC : 495 436</p> <p>LR Test : 8,7 e-14 ***</p> <p><math>\theta_{\text{Micro}} : 0,14</math></p>
Structure 2	Tests	Structure 3	Tests
	<p>AIC: 494 459</p> <p>LR Test: &lt; 2,2e-16 ***</p> <p><math>\theta_{\text{Scooter}} : 0,8^{***}</math></p> <p><math>\theta_{\text{Micro}} : -20^{***}</math></p>		<p>AIC: 494 631</p> <p>LR Test: &lt; 2,2e-16 ***</p> <p><math>\theta_{\text{Vélo}} : -17^{***}</math></p> <p><math>\theta_{\text{Edp}} : 15^{***}</math></p>
Structure 4	Tests	Structure 5	Tests
	<p>AIC: 495 442</p> <p>LR Test: 4,5 e-12 ***</p> <p><math>\theta_{\text{macro}} : 0,97^{***}</math></p> <p><math>\theta_{\text{micro}} : 0,13</math></p>		<p>AIC: 495 369</p> <p>LR Test: &lt; 2,2e-16 ***</p> <p><math>\theta_{\text{mésos}} : 0,11^*</math></p> <p><math>\theta_{\text{micro}} : 0,27^*</math></p>
<p>Niveau de significativité :</p> <p>* résultat statistiquement significatif ; ** très significatif ; *** hautement significatif</p>			

La première structure testée correspond au logit multinomial sans regroupement de modes (structure 0). Ce modèle sert de point de comparaison pour établir la pertinence des structures suivantes.

La structure 1 regroupe au sein d'une même catégorie les cinq modes de micromobilité. Cette structure s'avère pertinente. Le test du ratio de vraisemblance indique un meilleur ajustement aux données que le modèle de référence. De plus, la valeur du paramètre  $\theta$  associé à ce groupe est proche de 0 (0,14), indiquant une forte substituabilité entre les modes. Ce résultat confirme l'idée d'une famille de modes de la micromobilité.

D'autres structures testées apportent des résultats moins satisfaisants : la structure 2 teste le regroupement des 2RM et des EDPM qui sont alors assimilés à des scooters ( $\theta : 0,8$ ) ; la structure 3 regroupe les vélos (qu'ils

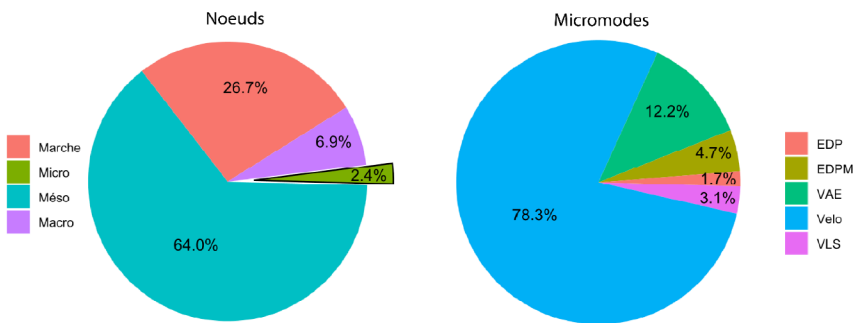
soient musculaires, électriques ou en libre-service) d'un côté et les EDP et EDPM de l'autre (structure rejetée) ; la structure 4 conserve la catégorie des modes de micromobilité et regroupe la voiture, les TC et les 2RM ( $\theta : 0,97$ ).

Au final, c'est la structure 5 qui permet d'obtenir les meilleurs résultats. Nous y introduisons une catégorie « mésomodes » regroupant la voiture et les 2RM. La marche et les TC sont laissés à part. Ce modèle possède la meilleure qualité d'ajustement (AIC : 495369) ainsi que des paramètres  $\theta$  aux valeurs faibles ( $\theta_{\text{més}} = 0,11$ ,  $\theta_{\text{micro}} = 0,27$ ), indiquant que cette catégorisation a du sens. Nous confirmons finalement que la structure des modes de transports est bien expliquée par les catégories suggérées par Christoforou *et al.* (2021) : la micromobilité (vélo, VLS, VAE, EDPM, EDP), la mésomobilité (2RM et voiture), la macromobilité (TC) à côté de la marche.

### 3.2. Les déterminants de la micromobilité

Les effets marginaux sont exprimés en variation de points de pourcentage. Il est donc important de garder à l'esprit les parts modales prédites par le modèle pour chaque mode (Figure 6). Les mésomobilités avec l'automobile dominent les parts modales dans les données exploitées, suivies de la marche et des macromobilités (transports collectifs). Les micromobilités représentent 2,4 % des parts modales, dont une très forte part d'usage du vélo.

Figure 6 : Parts modales prédites des nœuds<sup>5</sup>  
et parts modales prédites des micromodes<sup>6</sup>



5 |Les nœuds correspondent aux catégories du graphe : « Marche » pour le mode piéton, « micro » pour les micromodes, « méso » pour la voiture et les deux-roues motorisés, « macro » pour les transports collectifs (urbain, ferroviaire et routier).

6 |Les micromodes sont l'une des catégories du graphe qui regroupe les modes EDP, EDPM, vélo, VLS, VAE.

- **Des micromodes très masculins**

Les femmes utilisent davantage la marche et les transports collectifs que les hommes pour lesquels l'utilisation de la voiture et des micromobilités est sensiblement plus importante. La différence est particulièrement marquée pour cette dernière catégorie qui semble ainsi être essentiellement masculine.

Au sein des micromobilités, les femmes, dans les (rares) cas où elles utilisent un micromode<sup>7</sup>, privilégient le VAE, seul micromode qui se rapproche de la parité (avec 45,5 % d'utilisatrices) et, dans une moindre mesure, les EDP et VLS. Les hommes eux sont plutôt des utilisateurs du vélo musculaire et des EDPM.

Figure 7 : Effets marginaux du genre sur les nœuds (ci-dessous, première partie du tableau) et infra-nœuds (ci-dessous, deuxième partie du tableau)

	Femme	Homme
Marche	0,4 %	-0,5 %
Micro	-0,7 %	0,8 %
Méso	-0,3 %	0,4 %
Macro	0,6 %	-0,7 %
EDP	0,3 %	-0,4 %
EDPM	-0,6 %	0,7 %
VAE	2,7 %	-3,1 %
Vélo	-2,7 %	3,1 %
VLS	0,3 %	-0,3 %

- **Les EDP(M) pour les jeunes, le vélo à l'âge adulte**

Notre modèle introduit l'âge sous forme polynomiale ( $\alpha x + \beta x^2$ ). Pour représenter l'effet marginal, nous traitons l'âge comme une modalité catégorielle et calculons l'effet en considérant que tous les individus ont 15, 30, 45, 60 et 75 ans. Puis, nous traçons la courbe correspondante (Figure 8).

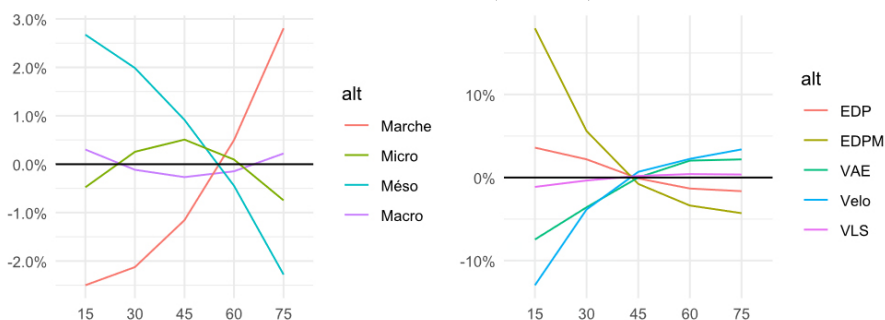
Le résultat pour les différents types de mobilités fait ressortir deux couples de catégories. D'une part, l'âge avançant, les personnes semblent délaisser la voiture au profit de la marche. Ce constat peut surprendre, mais

7 | Alors que les femmes représentent 52,8 % de l'échantillon, seulement 35 % des usagers de la micromobilité sont des femmes.

il s'explique par la neutralisation de l'effet du permis. La possession de ce dernier explique en grande partie la croissance de ce mode à mesure que la part d'individus d'une tranche d'âge le possédant augmente. D'autre part, il apparaît que les courbes des macro- et micromobilités sont inversées. Jusqu'à 45 ans, l'usage des TC diminue au profit des micromodes. Passé 45 ans, c'est l'inverse. Il s'avère donc que les micromodes, principalement composés d'usagers du vélo, touchent particulièrement une tranche d'âge d'adultes entre 30 et 60 ans.

Au sein du groupe des micromodes, l'âge exerce une forte influence sur le choix du mode, avec un âge charnière situé aux alentours de 45 ans. Néanmoins, comme l'âge moyen de notre échantillon se situe à ce niveau (49 ans), il est normal d'observer de plus faibles effets marginaux à cet endroit. Les EDPM et les EDP ressortent comme étant des modes surtout utilisés par les plus jeunes. Leur usage décroît avec l'âge. À l'inverse, l'usage du vélo et du VAE augmente avec l'âge.

Figure 8 : Effets marginaux de l'âge sur les nœuds (à gauche) et infra-nœuds (à droite)



- **Des profils PCS supérieures pour la micromobilité, surtout pour le VAE**

Pour la catégorie socioprofessionnelle (Figure 9), les usages de la voiture sont privilégiés, par ordre d'importance, par les indépendants, les ouvriers, les professions intermédiaires et les employés. Les TC dominent nettement chez les scolaires et étudiants. La marche s'avère surtout utilisée par les cadres et les employés. Finalement, les micromobilités ressortent comme étant en premier lieu un choix fait par les cadres et les professions intermédiaires. Il s'agit donc avant tout d'une catégorie de modes attractive pour les catégories aux revenus plus aisés.

En détaillant les micromodes, on observe que ce sont les VAE qui sont surtout privilégiés par les cadres et les indépendants. Les scolaires

et étudiants apprécient très nettement le vélo et VLS, ce qui interroge par rapport à la plus grande jeunesse des utilisateurs d'EDP/EDPM. Les EDPM semblent plaire à la fois aux catégories plus faiblement qualifiées, mais également aux indépendants.

Figure 9 : Effets marginaux des PCS sur les nœuds (en haut) et infra-nœuds (en bas)

	Indépendant	Cadre	Intermédiaire	Employé	Ouvrier*	Étude
Marche	-0,5 %	0,6 %	-0,3 %	0,5 %	-0,3 %	-0,5 %
Micro	-0,3 %	1,1 %	0,4 %	-0,5 %	-0,5 %	0,2 %
Méso	3,9 %	-1,4 %	1,0 %	0,4 %	2,4 %	-3,1 %
Macro	-3,2 %	-0,4 %	-1,1 %	-0,5 %	-1,6 %	3,4 %
EDP	0,3 %	0,3 %	-0,4 %	0,1 %	-0,2 %	-0,3 %
EDPM	2,7 %	-1,1 %	0,5 %	3,4 %	2,0 %	-3,2 %
VAE	3,4 %	2,9 %	-0,6 %	-1,3 %	-0,2 %	-6,3 %
Vélo	-5,0 %	-1,8 %	1,8 %	-2,6 %	-1,1 %	3,1 %
VLS	-1,4 %	-0,3 %	-1,3 %	0,4 %	0,6 %	6,7 %

\* Pour les ouvriers, aucun paramètre sur les micromodes n'est significatif (cf. annexe)

- **Moins de permis chez les usagers de la trottinette**

Les effectifs de notre échantillon concernant la possession du permis de conduire sont déséquilibrés. Les détenteurs du permis sont beaucoup plus nombreux. Cela n'est pas un problème en soi, mais a pour conséquence que les effets marginaux calculés pour cette catégorie seront très faibles puisque nous les comparons à la moyenne sur l'échantillon. Ceux des non-possesseurs du permis demeurent cependant informatifs.

Ne pas être détenteur du permis de conduire se traduit sans surprise par un usage plus faible de la voiture (-24,8 %) au profit, dans l'ordre, des TC (+14,1 %), de la marche (+8,7 %) et en dernier des micromobilités (+2,1 %). Au sein des utilisateurs des micromobilités, l'absence de permis se traduit par un usage plus élevé des EDPM (+3,2 %).

Figure 10 : Effets marginaux de la possession du permis  
sur les nœuds (en haut) et infra-nœuds (en bas)

	Non	Oui
Marche	8,7 %	-1,0 %
Micro	2,1 %	-0,1 %
Méso	-24,8 %	3,6 %
Macro	14,1 %	-2,5 %
EDP	0,0 %	0,0 %
EDPM	3,2 %	-0,6 %
VAE	-1,5 %	0,1 %
Vélo	-0,4 %	0,2 %
VLS	-1,3 %	0,3 %

- **Des micromodes urbains, surtout le vélo**

La base unifiée des EMC<sup>2</sup> n'est pas représentative de la population à l'échelle nationale, car les enquêtes s'intéressent avant tout aux populations urbaines : 75 % environ de la population de la base de données résident en centre-ville ou en banlieue au sens de l'Insee. Cela ne compromet cependant pas l'obtention d'effets marginaux contrastés.

Au niveau des catégories de modes, vivre en centre-ville s'accompagne d'un usage différent des modes par rapport aux autres zones. La voiture est moins utilisée (-5,1 %) au profit des TC (+2,7), de la marche (+1,6 %) et des micromobilités (+0,7 %). Dans les autres zones, ces trois dernières catégories sont moins utilisées, au profit de la voiture. Au sein des micromodes, les observations les plus significatives concernent le vélo musculaire, plus utilisé au centre, à l'inverse du VAE qui est sur-représenté hors de la ville-centre.

Figure 11 : Effets marginaux du lieu de résidence sur les nœuds (en haut) et infra-nœuds (en bas)

	Centre	Banlieue	Isolée*	Hors UU
Marche	1,6 %	0,0 %	-0,4 %	-3,7 %
Micro	0,7 %	-0,1 %	-0,4 %	-1,1 %
Méso	-5,1 %	1,2 %	3,5 %	8,4 %
Macro	2,7 %	-1,0 %	-2,6 %	-3,6 %
EDP	0,1 %	-0,3 %	-0,4 %	0,6 %
EDPM	0,1 %	0,2 %	-0,5 %	-0,6 %
VAE	-3,1 %	1,6 %	2,7 %	0,4 %
Vélo	2,2 %	-0,6 %	-3,2 %	0,0 %
VLS	0,7 %	-0,9 %	1,4 %	-0,4 %

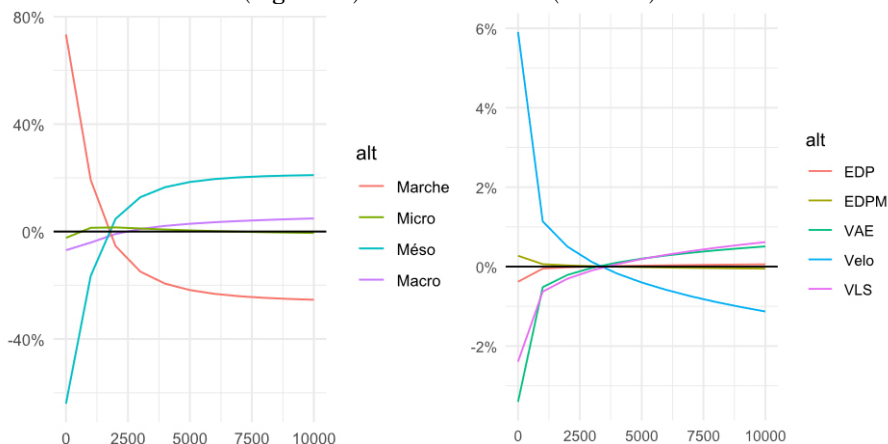
\* Aucun paramètre sur les micromodes n'est significatif pour les communes isolées (cf. annexe)

- **Les VAE et VLS (en intermodalité) assurent les plus longs déplacements**

Puisque la distance est, comme l'âge, une variable continue, nous représentons les effets marginaux sous forme de courbes. Plus la distance du déplacement réalisé augmente, plus la voiture est privilégiée. Il en va de même, en second, pour les macromobilités (TC). La part de la marche baisse au contraire sensiblement. La part des micromobilités semble assez peu affectée par la distance du déplacement. Cela tient au fait que leur vitesse se situe justement entre la marche et les transports plus lourds et que l'intermodalité, assez courante pour certains micromodes, contribue à augmenter la portée des déplacements.

Dans la catégorie des micromodes, il s'avère que la distance a tout de même une influence sur le mode choisi. La part du vélo diminue sensiblement avec la distance alors que celle des VAE et VLS augmente. Puisque la distance est celle du déplacement et non du trajet, cela signifie que le VLS est plus utilisé pour les longs déplacements, en complément de modes plus lourds tels que les TC.

Figure 12 : Effets marginaux de distance (en mètres) sur les nœuds (à gauche) et infra-nœuds (à droite)



- **Des micromobilités pour le travail et les études principalement**

Concernant les motifs de déplacement, la mésomobilité (voiture, 2RM) domine pour les déplacements visant à accompagner une personne, pour les achats et le travail. Ils sont également légèrement plus utilisés pour les démarches. La marche sera à l'inverse plutôt choisie pour les loisirs et les déplacements liés au motif étude/scolaire. La macromobilité (TC) est également utilisée pour les déplacements liés aux études, mais également pour les déplacements de travail et les démarches. Enfin, la micromobilité est surtout utilisée pour des déplacements liés au travail ou aux études.

Plus précisément, les EDPM sont utilisés pour le travail, les démarches et les études. Le VAE sera davantage choisi pour le travail et l'accompagnement. Le vélo musculaire est utilisé pour de nombreux motifs : en premier lieu les études, puis les loisirs, mais également les achats. Au sein des modes de micromobilité, le vélo est cependant moins privilégié pour les déplacements d'accompagnement et de travail.

Figure 13 : Effets marginaux des motifs sur les nœuds (en haut) et infra-nœuds (en bas)

	Accompagnement	Achats	Démarches	Étude	Loisirs	Travail
Marche	-8,9 %	-3,0 %	-3,2 %	5,4 %	10,5 %	-4,8 %
Micro	-1,3 %	-0,5 %	-0,4 %	0,9 %	0,3 %	1,2 %
Méso	13,9 %	4,8 %	1,7 %	-10,5 %	-9,8 %	2,6 %
Macro	-3,7 %	-1,3 %	1,9 %	4,2 %	-1,1 %	1,0 %
EDP	1,2 %	-0,2 %	0,1 %	-0,8 %	0,2 %	-0,2 %
EDPM	-0,1 %	-0,6 %	1,3 %	-0,4 %	-1,2 %	1,1 %
VAE	1,0 %	-0,5 %	-1,0 %	-0,2 %	-0,5 %	0,9 %
Vélo	-1,7 %	0,8 %	-0,1 %	2,4 %	1,8 %	-2,1 %
VLS	-0,4 %	0,6 %	-0,2 %	-1,0 %	-0,3 %	0,4 %

### 3.3. Lecture transversale des résultats

Les micromobilités se distinguent par un public masculin, actif, d'âge intermédiaire avec une sur-représentation des cadres. Ces observations sont assez largement partagées au sein de la littérature ; l'attrait des jeunes hommes étudiants ou de PCS supérieure semble même se renforcer (Reck & Axhausen, 2021). Le VAE est le mode le plus féminisé des micromobilités. Il se distingue par des utilisateurs plus âgés, plus diplômés et assure des déplacements plus longs et diffus (pas seulement au centre). Nous ne pouvons confronter que partiellement le résultat selon lequel l'asymétrie des genres est encore plus nette chez les usagers possédant leur microvéhicule que parmi les utilisateurs du libre-service (Christoforou *et al.*, 2021 ; Laa & Leth, 2020). Nous notons cependant que les VLS ont une répartition homme/femme moins déséquilibrée que le vélo musculaire.

Les micromobilités concernent davantage des motifs travail et étude en milieu urbain. Plusieurs études s'accordent sur le fait que les trottinettes électriques sont principalement utilisées près du centre-ville (centre-ville et/ou campus universitaires), où il y a un meilleur accès au transport multimodal (par exemple, le bus ou le métro) et une plus grande diversité d'utilisation du sol (Caspi *et al.*, 2020 ; Bai & Jiao, 2020).

L'intérêt de l'analyse est de mieux situer la micromobilité au regard des autres modes. Nous observons que la micromobilité se rapproche de la mésomobilité (automobile) en termes de genre (mobilités très masculines), mais s'y oppose sur d'autres critères comme les catégories socio-professionnelles (les mésomobilités concernent davantage les ouvriers et

les micromobilités, les cadres) ou le lieu de résidence des usagers (plutôt périphérique pour l'automobile). La micromobilité se rapproche de la macromobilité (transports collectifs) sur les critères de distance (en tenant compte de l'intermodalité), des lieux de résidence des usagers (au centre) ou de motifs (importance des motifs travail/études), mais s'y oppose en termes d'âge : les transports collectifs concernent des usagers soit plus jeunes, soit plus âgés que les micromobilités.

L'hypothèse de la complémentarité des micro- et macromobilités peut ainsi être soutenue en termes d'usage combiné (intermodalité) et en termes de classe d'âge. Un approfondissement ultérieur est nécessaire pour comprendre si les utilisateurs de la micromobilité d'aujourd'hui le resteront en changeant de classe d'âge. En particulier, l'intermodalité concerne principalement le VLS, présent dans les parties les plus urbaines de 15 des 31 enquêtes. Pour les autres micromobilités, l'usage combiné avec les TC reste limité.

Au sein des micromobilités, des situations contrastées apparaissent. Le vélo, d'abord, se distingue de la tendance générale par l'âge des utilisateurs, plus élevé que les EPDM et le VLS, et des distances plus réduites. Le vélo étant peu intermodal par rapport aux autres modes, il s'inscrit donc dans des déplacements en moyenne moins longs. Vélo comme VLS sont beaucoup utilisés par les populations étudiantes.

Les EDPM et les EDP ressortent comme étant des modes surtout utilisés par les plus jeunes. Leur usage décroît avec l'âge. À l'inverse, l'usage du vélo et du VAE augmente avec l'âge. C'est un résultat conforme à d'autres recherches et études qui tendent à considérer que la trottinette (souvent électrique) est le « vélo des jeunes<sup>8</sup> ». Les trottinettes électriques intéressent davantage de jeunes travailleurs employés ou indépendants, ne possédant pas toujours le permis de conduire, pour les déplacements vers l'emploi. Les EDPM peuvent apparaître comme un moyen de substitution à la possibilité de conduire une voiture pour se rendre au travail.

À l'inverse, le vélo apparaît davantage comme une solution de choix modal essentiellement dans les centres urbains, vu le taux élevé de possession du permis parmi les utilisateurs (Richer & Rabaud, 2019). Le profil des utilisateurs des trottinettes électriques en France semble se distinguer des cas étrangers où l'on observe un niveau d'éducation et de revenu élevé (Badia & Jenelius, 2023 ; Christoforou *et al.*, 2021 ; Liao & Correia, 2020 ; Reck & Axhausen, 2021). Nous pouvons faire l'hypothèse

8 |Expression empruntée sur le site du Cerema : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/chiffres-cles-trottinettes-electriques-velo-jeunes>.

que cette différence est liée aux sources des données utilisées. En France, les données proviennent majoritairement de trottinettes privées alors qu'à l'étranger, les études se basent surtout sur les trottinettes en libre-service.

## Conclusion

Le terme de micromobilité s'impose dans la recherche et dans les politiques publiques de mobilité. L'origine des petits engins de déplacement personnel ou en libre-service est ancienne, mais l'explosion du *free floating* à partir de la fin des années 2010 a contribué à mettre à l'agenda la question des micromobilités. En effet, les objectifs de développement des modes actifs (marche et vélo) se trouvent confrontés à l'irruption d'une panoplie d'engins légers et de la diversification des cycles. Se pose alors la question, pour les responsables, de savoir si ces micromodes accompagnent ou perturbent les mobilités actives.

Nous avons proposé dans cet article de clarifier ce que l'on appelle micromobilité. Pour cela, nous avons d'abord présenté les différentes définitions avec le flou qui existe sur les limites de cette famille de véhicules (vitesse, propulsion, poids, capacité, propriété). Ensuite, l'exploitation des données d'enquête de mobilité en France a permis d'alimenter une démarche de modélisation. La base comporte 19 000 trajets effectués en vélo, VAE, VLS, EDPM et EDP et un peu plus de 7 000 personnes utilisatrices dans la journée d'un de ces micromodes. Dans un premier temps, le calage du modèle a démontré la bonne homogénéité des catégories de modes (micro-, méso-, macromobilité) telle que Christoforou *et al.* (2021) l'avaient décrite.

Nos résultats sont présentés sous forme d'« effets marginaux » pour comprendre l'impact des principaux déterminants de chaque famille de mobilité et de chaque mode de micromobilité. Les analyses montrent une percée de l'usage de la micromobilité chez les jeunes adultes, plutôt urbains, davantage diplômés et en situation de choix modal pour le vélo, plus modeste et avec moins d'alternatives possibles pour les utilisateurs de trottinettes électriques. Ainsi, il semble que les usages des micromodes ne viennent pas en concurrence frontale mais qu'ils assurent plutôt une complémentarité en disposant d'un périmètre de pertinence spécifique. Les plus jeunes semblent « entrer en micromobilité » par la trottinette, les plus âgées vont davantage rechercher à s'équiper de vélos à assistance électrique. Les vélos en libre-service viennent accompagner des usages urbains et très intermodaux d'étudiants et de jeunes adultes hypermobiles. Nous pouvons en conclure que, autour du vélo – mode le plus utilisé dans la famille des micromobilités –, les EDPM étendent socialement le profil des usagers

tandis que les VAE étendent spatialement la portée des déplacements. Enfin, les VLS semblent étendre les combinaisons de modes possibles.

Gardons à l'esprit le caractère (encore) émergent de la micromobilité et leur faible part de marché dans la mobilité urbaine. Les grandes métropoles commencent seulement à entrevoir le potentiel et les enjeux des véhicules légers et réfléchissent à adapter leur voirie en conséquence. Ailleurs, les micromobilités restent encore une promesse de se déplacer avec des engins plus légers.

## Bibliographie

- Abduljabbar, R.-L., Liyanage, S. et Dia, H. (2021). The role of micro-mobility in shaping sustainable cities: a systematic literature review, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 92, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102734>.
- Amar, G. (2004). *Mobilités urbaines. Éloge de la diversité et devoir d'invention*, La Tour d'Aigues, éd. de l'Aube, coll. « Société et territoire ».
- Badia, H. et Jenelius, E. (2023). Shared e-scooter micromobility : review of use patterns, perceptions and environmental impacts, *Transport Reviews*, 43(5), p. 811-837, en ligne : <https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2171500>.
- Bahrami, F. et Rigal, A. (2022). Planning for plurality of streets: a spheric approach to micromobilities, *Mobilities*, 17(1), p.: 1-18, en ligne: <https://doi.org/10.1080/17450101.2021.1984850>.
- Bai, S. et Jiao, J. (2020). Dockless E-scooter usage patterns and urban built environments: a comparison study of Austin, TX, and Minneapolis, MN, *Travel Behaviour and Society*, vol. 20, p. 264-272, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.04.005>.
- Ben-Akiva, M.E. et Lerman, S.R. (1985). *Discrete Choice Analysis. Theory and Application to Travel Demand*, Cambridge, Mass. (États-Unis), MIT Press.
- Ben-Akiva, M. et Bierlaire, M. (1999). « Discrete Choice Methods and their Applications to Short Term Travel Decisions » in R.W. Hall (dir.), *Handbook of Transportation Science*, Boston, Mass. (États-Unis), p. 5-33.
- Bigo, A., Héran, F., Jacquemin, H., Lesay, T., Luciano, F., Saladin, J.-L., Sivert, A., Tholence, B., Tonnelier, P., Trauchessec, É. et Trouvé, B. (2022). Définition et typologie des véhicules intermédiaires, *Transports urbains*, 141(1), p 4-8, en ligne : <https://doi.org/10.3917/turb.141.0004>.
- Boglietti, S., Barabino, B. et Maternini, G. (2021). Survey on E-Powered Micro Personal Mobility Vehicles: Exploring Current Issues towards Future Developments, *Sustainability*, 13(7), en ligne: <https://doi.org/10.3390/su13073692>.

- Caspi, O., Smart, M.J. et Noland, R. (2020). Spatial associations of dockless shared e-scooter usage, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 86, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102396>.
- Chang, A. (2023). *Critical Challenges of Micromobility: an Investigation of Weather, Road Safety, and the COVID-19 Pandemic* [thèse], McGill University, en ligne: <https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/3197xr90f>.
- Christoforou, Z., de Bortoli, A., Gioldasis, C. et Seidowsky, R. (2021). Who is using e-scooters and how? Evidence from Paris, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 92, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102708>.
- Croissant, Y. (2020). Estimation of Random Utility Models in R: the mlogit Package, *Journal of Statistical Software*, 95(11), p. 1-41.
- Cui, C. et Zhang Y. (2024). Integration of Shared Micromobility into Public Transit: a Systematic Literature Review with Grey Literature, *Sustainability*, 16(9), en ligne: <https://doi.org/10.3390/su16093557>.
- Daly A.J. et Zachary S. (1978). « Improved multiple choice models » in D.A. Hensher et M.Q. Dalvi, *Determinants of Travel Choice*, éd. Saxon House (Royaume-Uni).
- Dediu, H. (2019, 29 avril). The Three Eras of Micromobility, *Micromobility*, en ligne: <https://micromobility.io/news/the-three-eras-of-micromobility>.
- Edel, F., Wassmer, S. et Kern, M. (2021). Potential Analysis of E-Scooters for Commuting Paths, *World Electric Vehicle Journal*, 12(2), en ligne: <https://doi.org/10.3390/wevj12020056>.
- Elmashhara, M.-G., Silva J., Sá E., Carvalho A. et Rezazadeh, A. (2022). Factors influencing user behaviour in micromobility sharing systems: a systematic literature review and research directions, *Travel Behaviour and Society*, vol. 27, p. 1-25, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.10.001>.
- Esztergár-Kiss D. et Lizarraga J.C., (2021). Exploring user requirements and service features of e-micromobility in five European cities, *Case Studies on Transport Policy*, 9(4), p. 1531-1541, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.08.003>.
- FHA, Federal Highway Administration (2021). *Public Roads Magazine*, Spring 2021, ministère du Transport américain, en ligne: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/55708>.
- Gössling, S. (2020). Integrating e-scooters in urban transportation: Problems, policies, and the prospect of system change, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 79, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102230>.
- ITF, International Transport Forum (2020). *Safe micromobility* [rapport], OECD/ITF, en ligne : <https://trid.trb.org/view/1696177>.

Richer C., Juste N. et Rabaud, M. Les déterminants de la micromobilité : quelle place au sein de la nouvelle diversité modale en France ?

- Laa, B. et Leth, U. (2020). Survey of E-scooter users in Vienna: who they are and how they ride, *Journal of Transport Geography*, vol. 89, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102874>.
- Liao, F. et Correia, G. (2020). Electric carsharing and micromobility: a literature review on their usage pattern, demand, and potential impacts, *International Journal of Sustainable Transportation*, 16(3), p. 269-286, en ligne: <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1861394>.
- McFadden, D. (1972). *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*, University of California.
- McQueen, M., Abou-Zeid G., MacArthur J. et Clifton, K. (2021). Transportation Transformation: Is Micromobility Making a Macro Impact on Sustainability? *Journal of Planning Literature*, 36(1), p. 46-61, en ligne : <https://doi.org/10.1177/0885412220972696>.
- O'Hern S. et Estgfaeller N. (2020). A scientometric review of powered micromobility, *Sustainability*, 12(22), en ligne: <https://doi.org/10.3390/su12229505>.
- Oeschger, G., Carroll, P. et Caulfield, B. (2020). Micromobility and public transport integration: the current state of knowledge, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 89, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102628>.
- Rabaud M. et Richer C. (2022). « Quand les engins de déplacement personnel transforment la mobilité urbaine » in Cerema, *Les mobilités décarbonées : un défi global*, éd. du Cerema, coll. « Les Dossiers », p. 59-62.
- Reck, D.J. et Axhausen K.W. (2021). Who uses shared micro-mobility services? Empirical evidence from Zurich, Switzerland, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 94, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102803>.
- Reck, D.J., Martin H. et Axhausen K.W. (2022). Mode choice, substitution patterns and environmental impacts of shared and personal micro-mobility, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 102, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103134>.
- Richer C. et Rabaud M. (2019), L'évolution des mobilités actives dans la Métropole européenne de Lille depuis dix ans : changement de modèle ou prolongement de tendance ?, *Belgeo - Revue belge de géographie*, n° 4, en ligne : <https://journals.openedition.org/belgeo/34427>.
- Sabbaghian, M.H., Llopis-Castelló, D. et Garcia, A. (2023). A Safe Infrastructure for Micromobility: the Current State of Knowledge, *Sustainability*, 15(13), en ligne: <https://doi.org/10.3390/su151310140>.
- SAE (Society of Automotive Engineers) International (2019). *Taxonomy and Classification of Powered Micromobility Vehicles* [rapport technique], en ligne: [https://doi.org/10.4271/J3194\\_201911](https://doi.org/10.4271/J3194_201911).

- Shaheen, S. et Cohen, A. (2019). Shared Micromobility Policy Toolkit: Docked and Dockless Bike and Scooter Sharing, *Transportation Sustainability Research Center*, University of California, en ligne: <http://dx.doi.org/10.7922/G2TH8JW7>.
- Sun, S. et Ertz, M. (2022). Can Shared Micromobility Programs Reduce Greenhouse Gas Emissions: Evidence from Urban Transportation Big Data, *Sustainable Cities and Society*, vol. 85, en ligne: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104045>.
- Williams, H., (1977). On the Formation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefit, *Environment and Planning A: Economy and Space*, 9(3), p. 285-344.

## Annexe

### Paramètres estimés du modèle (structure 5)

Groupe Mode	Macro		Mésos		Micro				
	TC		Voiture	2RM	Vélo	VLS	VAE	EDPM	EDP
Intercept	-18,33 ***		-12,64 ***	-13,32 ***	-12,90 ***	-14,45 ***	-14,13 ***	-13,22 ***	-13,80 ***
Année	-0,03 ***		-0,10 ***	-0,08 ***	0,03 *	0,06 ***	0,14 **	0,15 **	0,04 **
Age	-0,01 **		0,00	0,01 *	0,05 ***	0,06 ***	0,07 ***	0,04 ***	0,06 ***
Age <sup>2</sup>	-1e-5		-1e-4 ***	-3e-4 ***	-7e-4 ***	-7e-4 ***	-8e-4 ***	-7e-4 ***	-1e-3 ***
Distance	2,32 ***		2,04 ***	2,02 ***	1,38 ***	1,43 ***	1,39 ***	1,38 ***	1,39 ***
Résidence									
Centre	0,51 ***		-0,32 ***	-0,30 ***	0,18 ***	0,32 ***	0,06	0,17 ***	0,25 **
Hors UU	-0,40 ***		0,57 ***	0,50 ***	-0,22 ***	-0,17	-0,24 ***	-0,27 **	-0,08
Isolée	-0,41 ***		0,09 **	0,06	-0,11	0,09	-0,08	-0,15	-0,12
Sexe									
Homme	-0,21 ***		0,08 ***	0,29 **	0,75 ***	0,67 ***	0,58 ***	0,80 ***	0,62 ***
Non	0,89 ***		-1,64 ***	-1,33 ***	-0,07 *	-0,24 *	-0,11 *	0,13	-0,06
PCS									
Indépendant	-0,60 ***		0,18 ***	0,20 ***	0,16 ***	-0,02	0,28 ***	0,14 .	0,20 .
Cadre	-0,01		-0,07 ***	-0,08 ***	0,61 ***	0,55 ***	0,70 ***	0,34 **	0,62 ***
Ouvrier	-0,17 ***		0,13 ***	0,09 ***	0,04	-0,05	0,06	-0,03	-0,02
Étude	0,72 ***		0,02	0,01	0,44 ***	0,70 ***	0,24 *	-0,11	0,33 **
Intermédiaire	-0,05 .		0,09 ***	0,06 **	0,46 ***	0,27 **	0,45 ***	0,29 ***	0,34 ***
Motif									
Achat	-0,63 ***		-0,12 ***	-0,17 ***	-0,77 ***	-0,77 ***	-0,82 ***	-0,89 ***	-0,79 ***
Loisirs	-1,85 ***		-1,73 ***	-1,75 ***	-1,48 ***	-1,55 ***	-1,53 ***	-1,65 ***	-1,43 ***
Accompagnement	-0,64 ***		0,77 ***	0,60 ***	-0,78 ***	-0,84 ***	-0,78 ***	-0,85 ***	-0,59 ***
Démarches	-0,01		-0,16 ***	-0,19 ***	-0,72 ***	-0,78 ***	-0,77 ***	-0,71 ***	-0,67 ***
Étude	-0,56 ***		-1,32 ***	-1,36 ***	-0,93 ***	-1,08 ***	-0,97 ***	-1,04 ***	-1,09 ***
Destination									
Centre	0,44 ***		-0,45 ***	-0,43 ***	-0,07 *	0,04	-0,09 *	-0,03	0,09
Isolée	-0,90 ***		-0,24 ***	-0,26 ***	0,28 ***	0,15	0,28 ***	0,16	0,35
Hors UU	-2,09 ***		-0,89 ***	-0,91 ***	-0,07	-0,13	-0,21 *	-0,25 .	-0,40
θ micro									
θ méso									

Significativité : 0 < \*\*\* > 0.001 < \*\* > 0.01 < \* > 0.05 . > 0.1 ' > 1