

Les

dossiers

MOBILITÉS



DÉCARBONÉES

Un défi global



MOBILITÉS DÉCARBONÉES

Un défi global

LA COLLECTION « LES DOSSIERS »

Cette collection « Les dossiers » ouvre des tendances et des orientations sur des sujets prospectifs qui correspondent soit à une technique nouvelle, soit à une approche innovante ou peu investiguée dans la littérature spécialisée. Elle s'adresse à des professionnels confirmés qui se questionnent sur de nouveaux sujets et souhaitent approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante.

Avant-propos

Les pays développés, dont la France, se sont équipés de systèmes de transport pour la mobilité des personnes et des biens qui répondent aux besoins de déplacement de courte et longue distance. Au-delà du service rendu pour la desserte du territoire, il reste à faire face à bien d'autres enjeux liés au climat et à l'énergie dans un contexte de transition écologique. Sur le plan social, cela nécessite d'apporter des solutions de mobilité à l'ensemble de la population (enjeu d'inclusivité sociale et territoriale). Sur le plan budgétaire, il reste à consolider tant le financement des infrastructures que celui des services collectifs dans le cadre du quotidien. Cependant, l'enjeu prioritaire concerne l'environnement : atténuer, voire annuler l'impact sur le climat, conformément à l'engagement pris par la France de zéro émission nette de carbone à l'horizon 2050.

Le présent ouvrage aborde sous plusieurs angles le sujet de la mobilité décarbonée. À travers une trentaine de contributions d'experts de divers horizons, qui ont déjà fait l'objet d'une première publication en ligne sur le site du média social du bâtiment et de la ville durable Construction21, le présent dossier publié aux éditions du Cerema a vocation à pérenniser et élargir le panel de lecteurs. Centré sur les territoires du quotidien, les villes avec leur périphérie ou encore les territoires à urbanisation diffuse, ce dossier propose des points de vue et ouvre des perspectives de solutions destinées à nourrir la réflexion sur les défis de la mobilité décarbonée. Parmi les mots-clefs représentatifs de ce dossier, aux côtés de « mobilité », on retiendra : climat et carbone, énergie, modes de transport, services de mobilité, agencement de la voirie, aménagement du territoire, et encore écoconception et coconception.

Remerciements

Ce dossier de 32 contributions traitant de la mobilité décarbonée est issu d'une collaboration partenariale entre Construction21, le lab recherche environnement VINCI ParisTech et le Cerema.

L'ensemble de ces articles a fait l'objet d'un premier dossier thématique « Mobilités décarbonées : enjeux et solutions » publié sur le site de Construction21 (www.construction21.fr). La rédaction en chef en a été assurée par Fabien Leurent, Nicolas Coulombel (lab recherche environnement VINCI ParisTech & École des Ponts ParisTech), Catia Rennesson et Laurent Jardinier (Cerema), avec l'aide continue et

précieuse d'Alice Dupuy (Construction21) ainsi que la participation de Rosa Vicari et Maxime Trocmé (lab recherche environnement VINCI ParisTech).

Au regard de l'actualité et de l'audience rencontrée par ces articles, les partenaires ont convenu d'un commun accord de produire un ouvrage sur support papier afin de pérenniser les contributions et d'élargir le lectorat et la portée des contenus. Le Cerema en tant qu'éditeur a adapté les contributions originelles pour parvenir au présent document qui existe en version imprimée et en version numérique (téléchargeable gratuitement depuis le site www.cerema.fr).

Sont remerciés les auteurs des articles contenus dans ce dossier :

Samir Anbri, IFP Énergies Nouvelles (IFPEN),
Guy Baudelle, Université de Rennes 2 et IAU de Rennes,
Marlène Bel, Cerema,
Larissa Belgouzia, Kedge Business School,
Jaâfar Berrada, Institut VEDECOM,
Régis Blanchet, Université Gustave Eiffel,
Aurélien Bigo, Chaire Énergie et Prospérité,
Christian Bitaud, Forum métropolitain du Grand Paris,
Anne de Bortoli, Eurovia, École des Ponts ParisTech,
Agnès Boscher, Université Gustave Eiffel,
Yann Bouchery, Kedge Business School,
Cédric Boussuge, Cerema,
Jean-Louis Carrasco, La Poste,
Anne-Lise Castel, Mobilize, groupe Renault,
Patricia Champelovier, Université Gustave Eiffel,
Jean Coldefy, C3I et ATEC-ITS,
Camille Combe, La Fabrique de la Cité,
Nicolas Coulombel, LVMT, École des Ponts ParisTech, Université Gustave Eiffel,
Marielle Cuvelier, Université Gustave Eiffel,
Flora Delhomme, ENS Paris-Saclay,
Virginie Dunez, Cerema,
Hortense Éraud, GIMELEC,
Claude Escala, Supraways,
Manon Eskenazi, LVMT, École des Ponts ParisTech, Université Gustave Eiffel,
Aurore Fabre-Landry, Sustainable Mobilities,
Nadège Faul, Institut VEDECOM,
Nicolas Furmanek, Cerema,
Pascal Glasson, Cerema,
Laurent Guihéry, CY Cergy Paris Université,
Jean-Baptiste Haué, Le Lab Renault-PSA,
Jean-Paul Hubert, Université Gustave Eiffel, AME-DEST, Labex Futurs Urbains,
Thomas Jouannot, Cerema,
Walid Klibi, Kedge Business School,
Natalia Kotelnikova-Weiler, LVMT, École des Ponts ParisTech, Université Gustave Eiffel,
Jeanne de La Blanchardière, IVM - Institut VEDECOM,
Olivier Labarthe, Kedge Business School,

Valérie Leray, Cerema,
Marion Leroutier, Stockholm School of Economics,
Johan Leveque, Doctorant CIFRE, La Poste, Université de Bordeaux et KEDGE BS,
Agnès Macaire, De Gaulle Fleurance & Associés,
Hassan Mahdavi, Institut VEDECOM,
Stéphanie Mangin, Vélo & Territoires,
Frédéric Martinez, Université Gustave Eiffel,
Sébastien Marrec, Université de Rennes 2 et Ville de Paris,
Gaëtan Merlhiot, Institut VEDECOM,
Natacha Métayer, Institut VEDECOM,
Joël Meissonnier, Cerema,
Peggy Mertiny, Cerema,
Valérie Michel, IGNEs,
Pierre Monlucq, Eurovia,
Jérôme Monnet, Université Gustave Eiffel, LMVT, Labex Futurs Urbains,
Vianney Morain, Efficacity,
Nicolas Moronval, APRR-AREA,
Chloé Noual, CertiNergy & Solutions,
Julie Orgelet-Delmas, DDemain,
Laurent Perron, The Shifters,
Chrystèle Philipps-Bertin, Université Gustave Eiffel,
Mathieu Pochon, Rue de l'Avenir Suisse,
Alexis Poulhès, LVMT, École des Ponts ParisTech,
Philippe Quirion, CNRS, CIRED,
Mathieu Rabaud, Cerema,
Jean-Jacques Raidalet, GRDF,
Cyprien Richer, Cerema,
Julien Solé, L'Arbre Mobile,
Julie Scapino, Labex Futurs Urbains,
Gautier Stauffer, Kedge Business School,
Hélène de Solère, Cerema,
Cécile Théard-Jallu, De Gaulle Fleurance & Associés,
Chloé Thévenet, Université Gustave Eiffel,
Camille Thomé, Vélo et Territoires,
Khadija Tighanimine, Omexom,
Guillaume Uster, Université Gustave Eiffel,
Vincent Viguié, École des Ponts ParisTech, CIRED,
Sophie Weill, De Gaulle Fleurance & Associés.

Sont remerciés pour l'élaboration du document actuel et sa relecture :

tous les membres de l'équipe partenariale (cités en début de page) qui ont contribué au dossier initial publié par Construction21, sans lesquels ce travail n'aurait pas d'existence ; ainsi que : Stéphane Boumendil, directeur éditorial Citizen Press, Stéphane Chanut, directeur du département Mobilités, Espace

Public, Sécurité et responsable du domaine Mobilités du Cerema, Virginie Cuaz, responsable éditoriale Cerema, Laure Der Madirossian, directrice déléguée à la diffusion des connaissances du Cerema, Pascal Terrasse, directeur stratégique communication au Cerema.

Comment citer cet ouvrage : Cerema, Construction21, lab recherche environnement VINCI ParisTech. *Mobilités décarbonées. Un défi global*. Bron : Cerema, 2021. Collection : Les dossiers. ISBN : 978-2-37180-541-5

Les partenaires pour la coordination éditoriale de l'ouvrage

Construction21, le média social du bâtiment et de la ville durable



Construction21 est à la fois une plateforme collaborative et un portail d'information à la disposition des professionnels de la construction et de la ville. La plateforme propose des études de cas de bâtiments, quartiers et infrastructures exemplaires, ainsi que des dossiers thématiques élaborés avec les membres de sa communauté. L'association Construction21 France, rassemble près de 150 organisations professionnelles et entreprises pionnières. Construction21 est aussi un réseau international avec plusieurs portails nationaux en Europe, en Chine et au Maghreb, ainsi qu'une plateforme globale en anglais. Construction21 est l'organisateur des Green Solutions Awards, concours international de solutions durables, afin d'inspirer l'ensemble des professionnels du secteur.

www.construction21.fr

Le lab recherche environnement VINCI ParisTech



Le lab recherche environnement est un programme de recherche, issu du partenariat entre VINCI et trois écoles d'ingénieurs, MINES Paris PSL, AgroParisTech, École des Ponts ParisTech, sous l'égide de la Fondation ParisTech. Fondé en 2008, ce partenariat soutient la recherche sur la performance environnementale des bâtiments, des quartiers et des infrastructures. Le lab recherche environnement s'inscrit dans une démarche de mécénat scientifique. Les résultats des recherches sont rendus publics et partagés non seulement avec la communauté scientifique, mais aussi avec l'ensemble des acteurs de la ville et des territoires pour faciliter la prise de décision et améliorer les usages. Au fil des années, le lab a publié deux ouvrages « Écoconception des Ensembles Bâti et des Infrastructures » aux Presses des Mines et en version anglaise chez Taylor & Francis. Ses recherches dans le champ de la mobilité concernent la simulation des modes de transport et de la mobilité urbaine, ainsi que l'évaluation de leurs performances environnementales et sociales. Ses contributions en Analyse de Cycle de Vie des modes de transport ont été primées par l'Association Mondiale de la Route.

www.lab-recherche-environnement.org

Le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement)



Le Cerema est un établissement public qui a pour mission de répondre aux grands enjeux sociétaux du développement durable et la gestion des territoires et des villes. Le Cerema accompagne et assiste l'État et les collectivités territoriales dans une vision stratégique des politiques d'aménagement et de mobilités et dans l'expérimentation de nouveaux services et solutions.

Expert de référence sur le domaine Mobilités, le Cerema s'engage au service des territoires pour faire face au défi de la décarbonation des mobilités. Il construit des méthodes et outils pour organiser les mobilités, aménager l'espace public, développer l'usage des modes actifs, il capitalise et anime le partage d'expériences entre territoires. Sa présence sur l'ensemble du territoire national via ses implantations territoriales lui permet de proposer un appui direct aux collectivités pour mettre en place des solutions innovantes, structurantes et concrètes qui s'inscrivent dans la dimension de transition écologique et solidaire des mobilités. Centre de ressources et d'expertise, le Cerema a également pour vocation de produire et de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques, il est éditeur et produit de nombreuses publications. C'est à ce titre qu'il réalise cet ouvrage sur les mobilités décarbonées en collaboration avec Construction21 et le lab recherche environnement Vinci ParisTech.

www.cerema.fr



Stéphane Chanut,
directeur de département,
responsable du domaine
Mobilités au Cerema

DÉCARBONER LES MOBILITÉS, UN ENJEU AU CŒUR DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

La France s'est fixé comme objectif d'être neutre en carbone en 2050, dans la loi du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat. Cet impératif s'applique particulièrement au secteur des transports, comme rappelé dans la loi d'orientation des mobilités (LOM), même si les transports maritimes et aériens devraient encore conserver une part d'énergie fossile. L'ambition est très forte pour le domaine, car les transports sont peu à peu devenus le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre en France (30 %, devant l'industrie et le tertiaire, l'usage de la voiture représentant à lui seul 16 % des émissions françaises totales). De plus, ce secteur peine à se mettre sur la bonne trajectoire, ce qui a imposé un ajustement de ses plafonds d'émissions initialement envisagés, lors de la révision de la stratégie nationale bas carbone (SNBC) en 2020.

Pour atteindre la neutralité carbone pour les mobilités, tous les leviers d'action devront être mis en œuvre

La SNBC identifie cinq leviers pour décarboner les mobilités : la demande de transport, le report modal, le taux de remplissage, l'efficacité énergétique et l'intensité carbone des énergies utilisées. Chacun d'eux devra être mobilisé pour atteindre la neutralité carbone en 2050.

La recherche du report modal des déplacements vers des modes sobres en émissions devra tout d'abord être activement poursuivie. Il s'agit de favoriser de façon volontariste les modes actifs (vélo et marche), les transports collectifs et, à défaut, la voiture partagée (covoiturage, autopartage) afin d'augmenter le taux de remplissage des véhicules (il a drastiquement chuté

de 2,3 à 1,6 en 50 ans ; pour les déplacements domicile-travail, il se rapproche même de 1).

Les évolutions technologiques devront également permettre d'améliorer l'efficacité énergétique des motorisations et de réduire l'impact carbone des énergies utilisées en passant aux motorisations électriques, au (bio)gaz, à l'hydrogène, en veillant bien sûr à la décarbonation des sources de production d'énergie. Les effets de ces leviers sont importants et devront être accentués par des mesures comme la limitation du poids des véhicules, la promotion de l'écoconduite ou encore la maîtrise des vitesses pratiquées.

Enfin, la neutralité carbone ne pourra pas être atteinte sans la recherche d'une sobriété des déplacements. Ce levier devra inévitablement être mobilisé. Il s'agira notamment de repenser les mobilités professionnelles (la pandémie de Covid-19 a montré tout le potentiel des visioconférences), les déplacements domicile-travail (pleinement modifiés par le développement massif du télétravail) et d'envisager un usage plus raisonné de la mobilité longue distance, une mobilité optimisée des marchandises, ou encore le raccourcissement des distances parcourues au quotidien, grâce à des projets adaptés d'aménagement des territoires.

Un des enjeux liés à tous ces leviers sera d'anticiper les effets rebonds potentiels qui pourraient limiter la portée de certaines mesures. Le faible coût marginal de recharge des batteries des véhicules électriques ne va-t-il pas inciter à un usage encore excessif de la voiture ? Le développement du télétravail ne va-t-il pas induire un éloignement des lieux d'habitation et des lieux de travail et ainsi présenter un bilan énergétique mitigé ? L'anticipation de ces questions est fondamentale, tout comme la recherche d'adéquation entre les mesures proposées et les types de territoires – urbains, ruraux, périurbains.

« La neutralité carbone ne pourra pas être atteinte sans la recherche d'une sobriété des déplacements. Ce levier devra inévitablement être mobilisé. »

Un enjeu de société et des transformations socio-économiques à accompagner

La mobilité constitue un enjeu majeur de nos sociétés actuelles. C'est elle qui permet aux citoyens de réaliser leurs activités, aux entreprises de fonctionner. Ainsi, l'atteinte de la neutralité carbone ne sera pas l'affaire de quelques secteurs ou groupes de population. Tous les acteurs économiques et l'ensemble de la population sont concernés par les mesures qui seront nécessaires à la réalisation de cet objectif.

Ces mesures induiront donc d'inévitables changements de comportements aussi bien dans nos manières que dans notre propension à nous déplacer. Elles s'accompagneront vraisemblablement d'un renchérissement des coûts de la mobilité. Ainsi, si la technologie et les techniques à déployer seront indispensables, elles ne devront pas masquer les enjeux sociaux associés. Les plus précaires devront être accompagnés pour que les changements de comportements demandés concernent l'ensemble de la population.

Les exemples récents de l'écotaxe poids lourds, de la taxe carbone, de la mise en place des zones à faibles émissions montrent les difficultés associées à la mise en œuvre de politiques de régulation des usages de mobilité. La définition de stratégies partagées et cohérentes avec les activités économiques et les populations des territoires doit donc être adossée aux évolutions de mobilité rendues nécessaires par les objectifs de transition écologique : la transition des mobilités devra être économiquement soutenable, juste et inclusive.

Impliquer toutes les parties et penser système

La décarbonation des mobilités représente un long chemin, mais son urgence est largement avérée. La puissance publique a un rôle majeur à jouer en fixant le cap et en déployant les outils nécessaires via des mesures législatives et réglementaires, des aides, des appels à projets, etc. Mais la décarbonation gagnera surtout au quotidien et dans les territoires. Un accompagnement fort des acteurs locaux sera donc nécessaire, pour adapter immédiatement aux territoires des solutions de mobilité et des innovations qui ont réussi ailleurs, pour penser le temps long et des actions structurantes dans les projets de territoires.

Pour cela, une pensée système et une approche pluridisciplinaire et ensemblière du sujet de la décarbonation des

mobilités sont essentielles. Au-delà de l'expertise nécessaire sur les transports, l'articulation urbanisme-déplacements est à construire systématiquement. Les mobilités sont en effet les conséquences de l'aménagement du territoire et de l'éloignement, ces dernières décennies, entre d'une part les lieux de vie, d'autre part les lieux de travail et d'aménités (loisirs, services administratifs, santé). Le développement des modes actifs et le renouveau de la marche impliquent de repenser largement l'aménagement des espaces publics et des voiries, y compris en zones peu denses et notamment dans les centralités, petites ou grandes. Le lien avec les sources locales d'énergie, leur approvisionnement, invite également à rapprocher sur les territoires les acteurs de l'énergie et ceux des transports. Une vision multisectorielle et globale doit donc être développée. Enfin, en même temps que la mobilisation de tous les leviers d'atténuation, des mesures d'adaptation doivent être mises en place sans attendre, les effets du changement climatique étant déjà présents : identifier la vulnérabilité des réseaux de transport pour les protéger, améliorer les conditions d'usage des modes actifs et des transports en commun face à des conditions estivales ou hivernales plus marquées, adapter les revêtements et végétaliser, adapter les horaires et faciliter le télétravail en situation perturbée.

La décarbonation des mobilités est donc un enjeu majeur de notre société actuelle et l'ingénierie publique y prendra toute sa place : le Cerema, en tant qu'expert public des mobilités se mobilise notamment au quotidien, aux échelles nationale et locales, au service des territoires pour faire face à ce défi. La valorisation et la diffusion des connaissances scientifiques et techniques permettant de développer et mettre en œuvre toutes les pistes de progrès vers des systèmes de mobilité justes et décarbonés sont enfin essentielles. C'est l'objectif de cet ouvrage d'y contribuer, et c'est dans cet esprit qu'il a été conçu à travers une collaboration partenariale étroite entre Construction21, le lab recherche environnement VINCI ParisTech et le Cerema. Nous espérons que vous y trouvez matière à penser, à expérimenter et à entrer dans l'action !

Bonne lecture à toutes et tous.

« Une pensée système et une approche pluridisciplinaire et ensemblière du sujet de la décarbonation des mobilités sont essentielles. »

P. 13 Introduction

Fabien Leurent, Nicolas Coulombel
(École des Ponts ParisTech),
Catia Rennesson, Laurent Jardinier (Cerema)

P. 15 Partie 1

Enjeu climatique et solutions énergétiques

- P. 17 **1** La décarbonation de la mobilité, un enjeu multiscale et multiacteurs
Camille Combe (La Fabrique de la Cité)
- P. 21 **2** Cinq leviers pour la décarbonation des transports
Aurélien Bigo (Chaire Énergie et Prospérité)
- P. 25 **3** Mobilités décarbonées : quelles solutions ? Quels financements ?
Jean Coldéfy (ATEC-ITS)
- P. 29 **4** Le BioGNV, une solution incontournable pour la décarbonation des transports
Jean-Jacques Raidelet (GRDF)
- P. 33 **5** Un référentiel formalisé pour quantifier les impacts de l'infrastructure de recharge
Julie Orgelet-Delmas (DDemain) avec Hortense Éraud (GIMELEC) et Valérie Michel (IGNES)
- P. 37 **6** Déploiement et acceptabilité sociale de l'électromobilité
Khadija Tighanimine (Omexom)

P. 41 Partie 2

Renouveler les modes de déplacement

- P. 43 **1** CEE AcoTÉ : un programme pour développer le covoiturage en zone peu dense
Chloé Noual (CertiNergy & Solutions)
- P. 47 **2** Projet SAM : une méthodologie pour évaluer l'impact du véhicule autonome
Article collectif du Projet SAM
- P. 51 **3** L'autopartage : une réponse aux enjeux environnementaux des villes et des entreprises
Anne-Lise Castel (Mobilize, Groupe Renault)
- P. 55 **4** Engouement pour le vélo : quels enjeux pour les acteurs publics ?
Stéphanie Mangin (Vélo & Territoires)
- P. 59 **5** Quand les engins de déplacement personnel transforment la mobilité urbaine
Mathieu Rabaud et Cyprien Richer (Cerema)
- P. 63 **6** Léman Express : un nouveau service ferroviaire pour le Grand Genève
Laurent Guihéry (CY Cergy Paris Université)
- P. 67 **7** Le tramway : un outil d'aménagement urbain bas carbone
Pierre Monlucq (Eurovia)
- P. 71 **8** Supraways : le transport aérien du futur contre l'engorgement en ville
Claude Escala (Supraways)
- P. 75 **9** Véhicules connectés et autonomes : impact juridique et recommandations pratiques
Sophie Weill, Agnès Macaire et Cécile Théard-Jallu (De Gaulle Fleurance & Associés)

P. 79 Partie 3

Organiser la multi-modalité et partager la voirie

- P. 81 **1** « Les Routes du futur du Grand Paris » : une consultation internationale pour imaginer la mobilité de demain
Christian Bitaud (Forum métropolitain du Grand Paris)
- P. 85 **2** Des espaces publics qui marchent pour le climat
Cédric Boussuge, Nicolas Furmanek (Cerema) et Mathieu Pochon (Rue de l'Avenir Suisse)
- P. 89 **3** Infrastructure pédestre : une notion pour repenser l'espace public
Jean-Paul Hubert, Jérôme Monnet et Julie Scapino (Mobilités Urbaines Pédestres, Labex Futurs Urbains, Université Gustave Eiffel)
- P. 93 **4** Déploiement du vélo en ville : entre ingénierie de pointe et urbanisme de la proximité
Guy Baudelle (Université de Rennes 2 et Institut d'Aménagement et Urbanisme de Rennes) et Sébastien Marrec (Université Rennes 2 et Ville de Paris).
- P. 97 **5** Vélos et voitures : séparation ou mixité ?
Thomas Jouannot (Cerema)
- P. 101 **6** Voies réservées : un outil pour optimiser l'usage des infrastructures routières
Pascal Glasson (Cerema) et Nicolas Moronval (Groupe APRR-AREA)
- P. 105 **7** Inclure les baby-boomers dans la mobilité du XXI^e siècle
Peggy Mertiny et Joël Meissonnier (Cerema)
- P. 109 **8** La psychologie sociale au service du report modal
Frédéric Martinez, Chrystèle Philipps-Bertin, Patricia Champelovier, Chloé Thévenet, Régis Blanchet, Agnès Boscher (Université Gustave Eiffel)
- P. 113 **9** InTerLud : un programme pour une logistique urbaine durable
Hélène de Solère (Cerema)
- P. 117 **10** Logistique du dernier kilomètre : à Bordeaux, on livre en vélos cargos
Yann Bouchery, Larissa Belgouzia, Walid Klibi, Olivier Labarthe, Johan Leveque, Gautier Stauffer (Kedge Business School) et Jean Louis Carrasco (La Poste)
- P. 121 **11** Connaître et réduire les émissions polluantes des déplacements quotidiens en Île-de-France
Philippe Quirion (CNRS, CIRED) et Marion Leroutier (Stockholm School of Economics)

P. 125 Partie 4

Des outils pour agir dans les territoires

- P. 127 **1** Micro-mobilités : quels impacts pour l'environnement ?
Anne de Bortoli (Eurovia, École des Ponts ParisTech)
- P. 131 **2** Politique de transport et aménagement urbain : le cas de la région Île-de-France
Flora Delhomme (ENS Paris Saclay), Vincent Viguié (CIRED, École des Ponts ParisTech), Nicolas Coulombel (lab recherche environnement VINCI ParisTech)
- P. 135 **3** Territoires périurbains : vers une mobilité quotidienne bas carbone
Marielle Cuvelier et Guillaume Uster (Université Gustave Eiffel)
- P. 139 **4** Nouveaux quartiers : un rôle important dans la stratégie bas carbone de la mobilité
Alexis Poulhès (École des Ponts ParisTech) et Vianney Morain (Efficacity)
- P. 143 **5** Fresque de la mobilité : comprendre pour agir
Laurent Perron (The Shifters)
- P. 147 **6** VVE : un outil pour la transition écomobile des collectivités
Julien Solé (L'Arbre-Mobile) et Aurore Fabre-Landry (Sustainable Mobilities)

P. 151 Bibliographie

P. 155 Les références Cerema en lien avec les thématiques traitées



MOBILITÉS DÉCARBONÉES : ASSEMBLER LES SOLUTIONS POUR RECOMPOSER LE SYSTÈME

Les clefs pour décarboner la mobilité

Tout système de mobilité est « sociotechnique », car constitué d'une « demande de mobilité » d'ordre social et d'une « offre de transport » d'ordre technique. C'est pourquoi chacune des actions concerne en priorité l'un des deux volets, avant de se répercuter sur l'autre, puisque l'offre et la demande se façonnent mutuellement.

Du côté de la demande, la plasticité des besoins et des usages constitue un levier tout naturel : se déplacer moins et mieux, en privilégiant les destinations de proximité et l'usage des « modes actifs », marche et vélo, qui sont « doux » pour l'environnement. Et les adaptations individuelles peuvent être facilitées et promues par l'aménagement urbain : localisation des activités dans la ville, et ce, en particulier à l'échelle du quartier, schéma multimodal de circulation et de stationnement à l'échelle locale et aux échelons supérieurs. La question de partager la voirie entre les modes concerne chaque tronçon.

Du côté de l'offre de transport, quatre axes de modernisation sont désormais largement reconnus :

— **la mobilité électrique** est une bonne nouvelle pour la réduction des émissions polluantes (voitures et scooters), mais aussi pour booster les deux-roues actifs : vélos et trottinettes. Grâce à la mondialisation, des modèles performants sont devenus accessibles à prix modique, permettant d'amplifier le rayon d'action et de couvrir plus largement les besoins de déplacement individuel. La recharge électrique est une fonction logistique destinée à devenir partie intégrante de la voirie. Et au côté des véhicules à batterie, d'autres formes d'énergie sont envisageables : hybride, hydrogène, ou carburants renouvelables ;

— **la connectivité** quasi générale des personnes et des véhicules rend disponible une information très riche, sur la localisation des activités comme sur la disponibilité des moyens de transport, et permet le calcul d'itinéraires modaux et intermodaux. Cette facilitation informationnelle est le pendant digital de l'agencement des circulations sur le terrain ;

La vie sociale et économique a subi de plein fouet la pandémie de Covid-19. Pour « faire tenir le système », entretenir le tissu social et économique, il a fallu distancier les relations sociales, restreindre la mobilité, réduire certaines activités, soutenir financièrement les entreprises en difficulté. Cette gestion publique nous a révélé qu'il est finalement possible, face à des enjeux exceptionnels, de dégager des financements publics d'une ampleur colossale : or, la transition climatique ne constitue-t-elle pas un enjeu exceptionnel ?

La gestion publique de la crise a également mis en évidence une hiérarchie des besoins de mobilité : priorité aux services civils de santé et de sécurité, puis aux approvisionnements de subsistance, ensuite à la production économique générale ; viennent après l'activité physique individuelle, et enfin les autres relations sociales et humaines. Chacun a accepté d'adapter sa mobilité individuelle et les flux de trafic ont baissé drastiquement. C'est la plasticité de la mobilité qui est ainsi révélée.

En parallèle de la pandémie et de sa gestion, la France — comme d'autres pays — a tenu une Convention citoyenne pour le climat : il en ressort la loi Climat et résilience, promulguée le 24 août 2021. La mobilité y figure en bonne place, avec des mesures de décarbonation jouant sur le choix des modes, sur l'électrification et la promotion des énergies renouvelables, sur la recomposition des cadres de mobilité en promouvant la proximité. L'accent sur le climat mobilise ainsi les dispositifs établis par la récente loi d'orientation des mobilités (LOM).

— **le partage des moyens** — véhicules, places de parking et bornes de recharge, conducteurs aussi — motive un grand renouveau de l'offre de services. En effet les technologies de l'information permettent des services en plateforme qui assurent aussi bien la coordination des ressources, que la mise en relation entre clients et serveurs, avec pour chaque client un traitement en quelques clics pour s'informer, formuler sa requête, réserver, payer. Il en résulte une révolution économique des taxis (incluant les VTC), un nouvel essor du covoiturage, l'émergence de systèmes de véhicules partagés à deux roues comme à quatre roues... Pour favoriser leur usage, faut-il leur réserver non seulement des espaces de stationnement, mais aussi des files de circulation, des « voies dédiées au covoiturage » ?

— **la conduite autonome** des véhicules, déjà implémentée sur les lignes automatiques de métro, s'étend progressivement vers des milieux de circulation plus ouverts. Au stade actuel, les « robotaxis » sont des prototypes de haute technologie faisant l'objet d'expérimentations dans des milieux favorables : voirie américaine en climat sec, navettes lentes sur parcours agencés. Plus largement, des fonctions d'aide à la conduite « augmentent » le conducteur et renforcent la sécurité du trafic.

« Les citoyens, riverains et usagers, au-delà de leur représentation démocratique, peuvent contribuer activement à la coconception des plans et à l'adaptation du système de mobilité. »

Implication des parties prenantes et action collective

Les citoyens, riverains et usagers, au-delà de leur représentation démocratique, peuvent contribuer activement à la coconception des plans et à l'adaptation du système de mobilité. Mais le renouvellement du système existant repose également sur l'implication d'entreprises, pour proposer des innovations, promouvoir des implémentations et proposer des aménagements. Une large gamme de spécialités seront utiles : au-delà des opérateurs de services de mobilité et d'infrastructures, les offreurs de services à la mobilité (tels que Google qui a renouvelé notre « rapport à l'espace » grâce à ses applications géographiques), les fabricants de véhicules électriques à deux ou quatre roues, les équipementiers, les énergéticiens, comme les aménageurs et les constructeurs-bâisseurs.

La mobilité est l'affaire de tous. Sa transition énergétique et climatique est une grande ambition à porter collectivement. Il faut en prendre la mesure pour l'envisager avec lucidité et l'engager avec audace. Par les informations et les perspectives que ce dossier apporte, il vise à éclairer les acteurs et à stimuler leur engagement.



Fabien Leurent, professeur à l'École des Ponts ParisTech et chercheur HDR au Laboratoire ville mobilité et transport (LVMT), dont il a été cofondateur [linkedin.com/in/fabien-leurent-7b1433157](https://www.linkedin.com/in/fabien-leurent-7b1433157)



Nicolas Coulombel, maître de conférences à l'École des Ponts ParisTech et chercheur au LVMT [linkedin.com/in/nicolas-coulombel-438b453](https://www.linkedin.com/in/nicolas-coulombel-438b453)



Catia Rennesson, chargée de mission, experte Aménagement Voirie, Espace public au Cerema <https://www.linkedin.com/in/catia-rennesson-b256b669>



Laurent Jardinier, chargé de mission Recherche, Innovation, Europe sur le champ mobilité/transport au Cerema [linkedin.com/in/laurent-jardinier-5928a4112](https://www.linkedin.com/in/laurent-jardinier-5928a4112)

Partie 1

Enjeu climatique et solutions énergétiques

Pour sauvegarder le climat, la mobilité doit devenir « bas carbone ». Cette série d'articles aborde les enjeux technologiques, sociétaux et financiers de cette nécessaire transformation, qui concerne spécialement les énergies : électricité et biocarburants s'imposent, ainsi que l'hydrogène, qui apparaît comme une technologie prometteuse.



1

LA DÉCARBONATION DE LA MOBILITÉ : UN ENJEU MULTISCALEAIRE ET MULTIACTEURS



Le débat sur la lutte contre le changement climatique semble aujourd'hui se concentrer sur sa composante énergétique et sur les moyens de production d'électricité, première source d'émissions de CO₂. Il ne semble pas en être de même pour la décarbonation du secteur des transports dont le niveau d'émissions a augmenté entre 1990 et 2014. Comment décarboner la mobilité routière ? Quelles solutions pour réduire les émissions liées aux déplacements ? À quelles échelles doit-on les considérer ?

Camille Combe
était chargé d'études à La Fabrique de la Cité (think tank à l'initiative du groupe VINCI)
<https://www.lafabriquedelacite.com/>

« Des instruments de politiques publiques [...] peuvent permettre de favoriser l'amélioration de l'efficacité énergétique du parc automobile. »

Financer, réguler, décarboner

Le principal facteur expliquant la hausse des émissions de CO₂ dans la mobilité est la demande de déplacement. Historiquement, les facteurs de population, PIB et demande ont été identifiés comme des facteurs participant à la hausse des émissions pour la quasi-totalité des études, très souvent avec une contribution majeure pour le PIB. Trois axes de décarbonation de la mobilité peuvent être identifiés. Le modèle Avoid-Shift-Improve synthétise ces stratégies visant tout d'abord à réduire le besoin de déplacement via une action sur l'aménagement des villes et des temps de vie (avoid); puis à favoriser le report modal vers des modes moins émissifs

(shift) et enfin à améliorer l'efficacité énergétique des modes existants (improve). L'enjeu de réduction des émissions du secteur des transports, en particulier des mobilités routières, est donc multiforme et appelle à une stratégie holistique portée à différentes échelles.

À l'échelon européen, la Commission européenne a fixé dès 2011 son objectif de réduire les émissions de 60 % à l'horizon 2050 par rapport à leur niveau de 1990. Cette ambition s'est accompagnée de la mise en place d'une série de mesures. Parmi elles, le renforcement des normes CO₂ à partir de 2017 vise notamment à réduire la consommation de carburants et inciter, par la régulation, les constructeurs automobiles à innover. En 2019, près de 60 milliards d'euros d'investissements

en direction du développement du véhicule électrique et des batteries ont été annoncés sur le continent européen, contre près de 3,5 milliards en 2018 (+ 1 700 %).

Cette forte croissance des investissements va de pair avec l'augmentation de l'offre de véhicules faiblement émissifs, notamment électriques. Cependant, le coût élevé de ces véhicules constitue un frein à l'achat. Selon une étude conduite par McKinsey, cela tient notamment au prix nettement supérieur d'un véhicule électrique par rapport à celui de son équivalent thermique (+ 12 000 dollars en moyenne). Jusqu'alors, au niveau européen, les véhicules électriques représentaient moins de 1 % du parc automobile en 2019. À l'heure où de nombreux États ne parviennent pas à accélérer les ventes

60

MILLIARDS D'EUROS

L'investissement en direction du développement du véhicule électrique et des batteries annoncé en Europe en 2019 contre 3,5 milliards en 2018.

de véhicules électriques, certains montrent la voie. La Norvège fait figure d'exception puisqu'en 2019, près de 42 % des nouveaux véhicules immatriculés étaient électriques. Cela s'explique en partie par le fait que ce pays a mis en place des mesures visant à encourager l'achat de véhicules à faibles émissions via des incitations directes (suppression de la TVA, suppression de la taxe à l'importation) et indirectes (péages et parkings gratuits, possibilité d'emprunter des voies de bus). Des instruments de politiques publiques mis en place par les États peuvent ainsi permettre de favoriser l'amélioration de l'efficacité énergétique du parc automobile. Récemment, plusieurs États européens se sont saisis de l'opportunité d'inciter à l'achat de véhicules électriques dans le cadre des plans de relance.

Cependant, subventions et régimes fiscaux incitatifs n'ont pas vocation à perdurer. En effet, ils doivent permettre de créer les conditions optimales du développement du marché des véhicules électriques. À mesure que ce parc automobile s'électrifiera, la question de la révision de ce régime incitatif se posera.

Les villes au cœur de la décarbonation des mobilités

La décarbonation de la mobilité routière est également un enjeu central à l'échelon local et notamment pour les métropoles densément peuplées. Dans ces territoires, l'enjeu est à la croisée de problématiques telles que l'amélioration de l'attractivité, par la réduction des embouteillages, du cadre et de la qualité de vie, par la réduction des émissions de CO₂, de particules fines liées à la combustion des moteurs thermiques ou encore des nuisances sonores. La décarbonation de la mobilité ne peut s'envisager sans intégrer l'échelon urbain. En effet, les villes jouent un rôle essentiel à plusieurs égards. Tout d'abord, les métropoles sont en prise directe avec les besoins en déplacements des populations. Les villes assurent un rôle d'organisation des mobilités à plusieurs égards.

D'une part, grâce à la commande publique ou à des actions réglementaires, les villes favorisent la décarbonation des mobilités. Déploiement des transports collectifs, voies réservées, pistes cyclables ou encore zones à faibles émissions forment un panel d'outils permettant de favoriser le report modal vers des modes moins carbonés (shift) et d'encourager le renouvellement du parc automobile vers des véhicules moins émissifs (improve). En outre, le déploiement d'un réseau de recharge apparaît comme une condition essentielle à la décarbonation de la mobilité routière (improve).

D'autre part, de manière plus indirecte, l'action sur l'aménagement de la ville peut favoriser la transformation des habitudes de déplacements. En effet, la réduction de la part des déplacements automobiles peut être soluble dans la densification du tissu urbain (avoid). La densité de population et d'activités apparaît comme une condition indispensable à l'efficacité des transports en commun. En ce sens, les villes, par leur action sur l'aménagement (transit-oriented development) et le déploiement des activités dans l'espace disposent d'un levier pour décarboner la mobilité.





Toutefois, parallèlement à l'augmentation tendancielle de la demande de déplacement, sous l'effet conjoint de la croissance démographique et de la hausse du PIB par habitant depuis les années 1960, États et collectivités locales font face à une raréfaction des ressources publiques qui rend plus complexe l'équation du financement de cette transition vers des modes de déplacement décarbonés. Pourtant, bien que la lutte contre le changement climatique fasse aujourd'hui largement consensus, l'actualité récente (Gilets jaunes, manifestations chiliennes contre l'augmentation des tarifs de transports...) a montré que la question des voies et moyens reste quant à elle débattue et irrésolue. Si des instruments permettant de favoriser la décarbonation de la mobilité existent à l'échelle internationale, nationale et locale, la question du financement et de la durabilité de ces mesures reste entière. Villes et États ne sont pour autant pas désarmés face à ce défi. Des exemples explorés dans le rapport que La Fabrique de la Cité a publié en mai 2020 le montrent : la problématique de la mobilité dans un monde post-carbone ne saurait être résolue par la simple technique, mais bien plutôt par une conjugaison d'outils techniques et de mesures fiscales et financières permettant de pérenniser la dynamique de décarbonation.

L'enjeu de la méthode

Là encore, pas de solution miracle. La réduction des émissions de CO₂ du secteur des transports, notamment la mobilité routière, n'est pas chose aisée. Ce constat soulève deux questions : « que faire ? » et « comment faire ? ». À la première, il est aujourd'hui impossible d'apporter une réponse universelle tant les contextes géographiques, économiques, politiques et sociaux varient d'un pays, d'une ville à l'autre.

L'enjeu consiste donc à apporter une réponse adaptée à chaque situation, capitalisant sur la variété de solutions et mécanismes de financement disponibles. La méthode de mise en place d'une stratégie de décarbonation semble, elle, être essentielle à la réussite de ladite stratégie. Elle est le dénominateur commun des différents exemples internationaux explorés dans le rapport publié par La Fabrique de la Cité. Cette méthode s'appuie notamment sur un diagnostic partagé par tous, ce qui nécessite tout d'abord de définir les problèmes initiaux, puis de décrire les objectifs à atteindre et enfin, de choisir des outils tenant compte de la situation initiale, des objectifs fixés et de l'acceptabilité des mesures. La construction d'une méthodologie claire et partagée par le plus grand nombre est donc une condition essentielle de l'acceptabilité du projet et, *in fine*, de sa réussite. ▮

« L'enjeu consiste à apporter une réponse adaptée à chaque situation, capitalisant sur la variété de solutions et mécanismes de financement disponibles. »



2

CINQ LEVIERS POUR LA DÉCARBONATION DES TRANSPORTS



Pour atteindre la décarbonation des transports terrestres d'ici 2050, il est possible d'agir sur cinq facteurs permettant de réduire les émissions : la demande de transport, le report modal, le remplissage des véhicules, leur efficacité énergétique, et enfin la décarbonation de l'énergie utilisée. Il est proposé ici de revenir sur l'importance de ces leviers dans les trajectoires d'émissions passées, ainsi que les évolutions à encourager pour atteindre les objectifs climatiques.

Aurélien Bigo,
chercheur sur la transition énergétique dans les transports,
Chaire Énergie et Prospérité
[linkedin.com/in/aurélien-bigo-551a50203](https://www.linkedin.com/in/aurélien-bigo-551a50203)

1,6

PERSONNE EN MOYENNE

Le taux de remplissage moyen des voitures actuellement, contre 2,3 en 1960.

La France s'est fixé pour objectif d'atteindre la neutralité carbone et une décarbonation quasiment complète du secteur des transports à l'horizon 2050. Seuls les transports aériens et maritimes contiendraient encore une part d'énergie fossile à cet horizon. À plus court terme, les budgets carbone fixent les plafonds à respecter, montrant un fort retard du secteur : les émissions en 2019 étaient 16 % plus élevées que l'objectif qui avait été fixé en 2015, et 2,2 % plus élevées que la limite fixée par la révision de la stratégie nationale bas carbone (SNBC) de 2019. Pour atteindre les objectifs de court et de long terme, la stratégie mise sur cinq leviers pour réduire les émissions des transports.

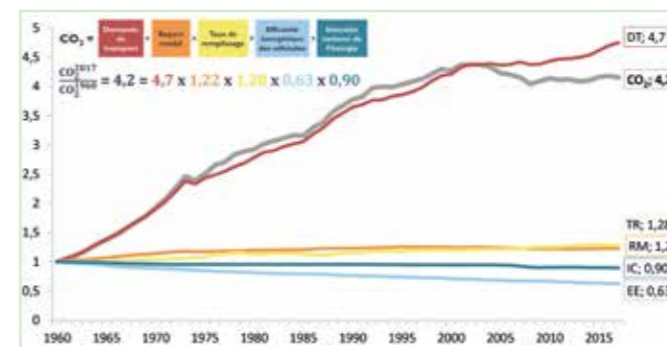
La modération de la demande de transport

Le premier levier concerne la modération de la demande de transport, calculée comme le nombre de kilomètres parcourus par les voyageurs, ou le nombre de tonnes-kilomètres transportées pour les marchandises. Jusqu'à maintenant, c'est le facteur qui a le plus influencé les émissions, comme en témoigne la multiplication par 4,7 de la demande voyageurs et de 3,4 pour les marchandises entre 1960 et 2017, tandis que leurs émissions étaient multipliées respectivement par 4,2 et 3,3 (voir la décomposition des émissions voyageurs ci-contre). Si la demande augmente encore depuis le début des années 2000, y compris hors transport aérien international (non inclus dans le schéma ci-contre), c'est uniquement en raison de la croissance de la population. Les kilomètres parcourus par personne en France sont au contraire assez stables, et l'arrêt de leur croissance au tournant du millénaire a été le principal facteur expliquant le plateau des émissions. D'une année sur l'autre, l'évolution de la demande est déterminée par l'évolution du PIB, des prix du pétrole, des vitesses pratiquées sur les routes, et de manière plus exceptionnelle pour 2020-2021, par les restrictions de circulation imposées par la pandémie de Covid-19. L'influence des politiques publiques dans la modération de la demande est pour l'instant très faible, car ce levier fait en réalité assez peu partie de politiques publiques

adaptées pour le moment. En témoigne la relance post-Covid qui cherche à retrouver aussi vite que possible les niveaux de trafics d'avant-crise, y compris pour les modes les plus polluants (voiture, aérien, poids lourds notamment). Par le passé, les politiques publiques ont grandement contribué à la hausse de la demande, de manière directe en soutenant les infrastructures de transport, par des politiques ayant un effet indirect sur la demande (politiques d'efficacité énergétique, soutien aux poids lourds plus capacitaires, aux transports en commun, etc.), ou en ne réussissant pas à contenir la dynamique d'étalement urbain ou la croissance du trafic aérien. Au contraire, une politique de modération de la demande nécessiterait de penser l'aménagement du territoire et l'organisation des mobilités avec un tel objectif de proximité au quotidien et une certaine sobriété dans les déplacements à longue distance. Ces éléments sont par ailleurs indispensables pour obtenir un report modal significatif.

Réduire les modes les plus émetteurs, développer les modes bas carbone

Le second levier de décarbonation est le report modal, mesuré comme l'évolution de la part des différents modes de transport au sein de la demande totale. Ces dernières années, les parts modales restent à peu près constantes, avec une domination très forte du transport routier, seulement un peu réduite par la légère hausse du ferroviaire pour les voyageurs, et par la croissance du transport aérien (surtout sur les



Décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ du transport de voyageurs de 1960 à 2017

Le schéma montre la contribution des 5 leviers à la multiplication par 4,2 des émissions entre 1960 et 2017. Un facteur supérieur à 1 a joué à la hausse sur les émissions : par exemple, le report modal a joué à la hausse sur les émissions de l'ordre de + 22 % sur la période, essentiellement par le report de la marche vers la voiture en début de période.

trafics internationaux). Il est probable que ces parts modales bougent relativement peu dans les années à venir, dans le contexte d'un soutien public à la demande pour l'ensemble des modes. La croissance du vélo, accélérée par la grève de fin 2019, le déconfinement et les aménagements temporaires, est bien plus dynamique que celle des autres modes. Mais sa part dans les kilomètres parcourus reste inférieure à 1 %, et nécessite le maillage d'un système vélo efficace sur l'ensemble du territoire pour produire des effets significatifs sur les émissions de CO₂ des mobilités (en plus des gains très positifs sur la santé, l'espace occupé ou encore le bruit). En ordre de grandeur, faire un report d'1 % d'un mode carboné (voiture, avion, poids lourds) vers un mode décarboné (modes actifs, ferroviaire) permet de réduire les émissions d'1 %. D'ici 2050, les scénarios de perspectives les plus ambitieux sur ce levier prévoient un report et ainsi une baisse des émissions de l'ordre de 20 %, aussi bien pour les voyageurs que les marchandises. De tels reports ne sont possibles qu'à condition d'une modération importante de la demande des modes les plus carbonés. Par ailleurs, un allongement des distances du quotidien irait à l'encontre de la volonté d'avoir une part croissante de déplacements réalisés à pied et à vélo.

Le covoiturage, un potentiel pour les zones peu denses ?

Le troisième levier est celui de l'amélioration du remplissage des véhicules, et en particulier le potentiel de développement du covoiturage. Le remplissage moyen des voitures est passé de 2,3 personnes par voiture en 1960 à environ 1,6 personne en moyenne aujourd'hui. Historiquement, nous avons donc dé-covoituré, sous l'effet notamment de la hausse du nombre de voitures dans les ménages et d'une baisse du

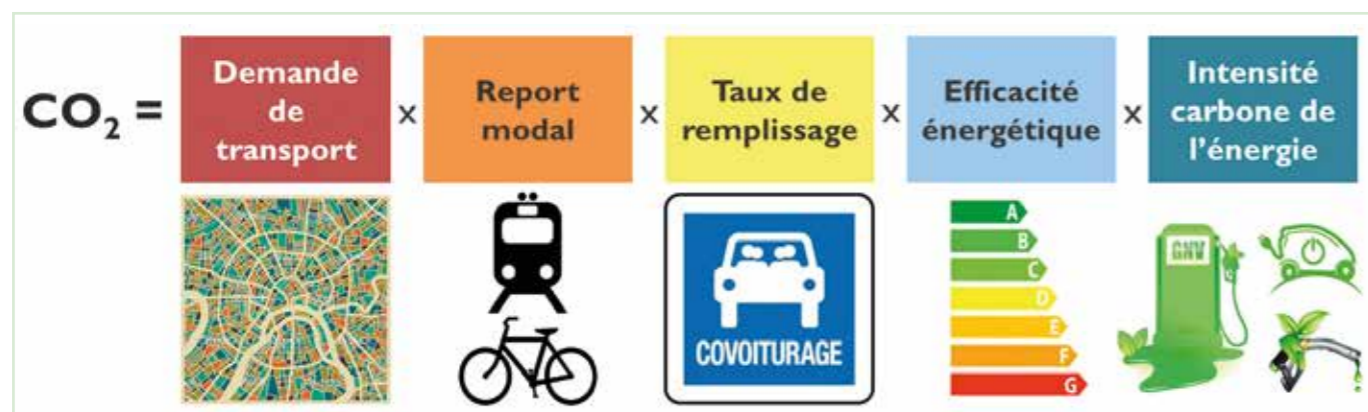
nombre moyen de personnes par ménage. Le covoiturage s'est redéveloppé plus récemment sur la longue distance, sans réels bénéfices climatiques puisque la moitié des usagers auraient pris le train et une petite partie ne se serait pas déplacée sans l'existence du covoiturage. Pour les déplacements du quotidien dans des zones très fortement dépendantes à la voiture, de tels effets rebonds seraient beaucoup moins forts, et les politiques publiques visant à favoriser le covoiturage (ou des formes proches de l'autostop) pourraient être ciblées en particulier dans ces territoires.

L'efficacité énergétique, entre technologie et sobriété

Le quatrième levier concerne l'efficacité énergétique, soit la baisse des consommations d'énergie par kilomètre parcouru, qui a été régulière par le passé. C'est essentiellement sur ce levier que repose la SNBC (stratégie nationale bas carbone) pour faire baisser les émissions à court terme. Cette efficacité regroupe des évolutions technologiques, telles que l'hybridation ou les progrès sur le rendement des moteurs. Cependant, les améliorations récentes ont été compensées pour les véhicules neufs par le regain de l'essence par rapport au diesel, et surtout par la croissance des SUV (sport utility vehicles), des véhicules moins aérodynamiques et plus lourds. Cela pointe aussi l'importance des évolutions vers plus de sobriété pour gagner en efficacité, notamment sur la taille, la puissance, le poids et l'aérodynamisme des véhicules. En poussant la réduction du poids, des véhicules intermédiaires entre la voiture et le vélo, tels que les vélomobiles ou les quadricycles (l'équivalent de voitures de moins de 500 kg) pourraient se développer. Enfin, de forts gains d'efficacité sont possibles par le passage à 110 km/h sur autoroutes, un ralentissement qui inciterait aussi à réduire le nombre de kilomètres parcourus (pour conserver des temps de transport raisonnables) ou à se reporter sur le train.

La décarbonation de l'énergie, forts potentiels et limites importantes

Enfin, le cinquième levier concerne la décarbonation de l'énergie, ou dit autrement, la baisse de l'intensité carbone de l'énergie. Il s'agit de passer du pétrole qui représente plus de 90 % des consommations actuelles des transports, à l'électrique, l'hydrogène, les biocarburants ou le biogaz, à condition que ces énergies soient produites de manière durable. Pour le moment, cette décarbonation a été très faible, car les biocarburants développés (7 % des consommations d'énergie des transports) ne sont pas moins émetteurs que le pétrole en analyse de cycle de vie. Les plus forts espoirs sont désormais tournés vers l'électrique, particulièrement adapté pour les véhicules les plus légers. Les émissions des voitures électriques en France sont environ 2 à 3 fois moindres que les voitures thermiques, en prenant en compte l'analyse de cycle de vie complète des véhicules. Cependant, les



Les 5 leviers de réduction des émissions des transports

émissions plus fortes à la fabrication ainsi que ses autres impacts environnementaux (notamment en raison de la batterie), doivent inviter à penser son développement en interaction avec les mesures de sobriété citées plus haut, ce qui manque actuellement aux politiques publiques favorisant son essor. De même, l'électrique est beaucoup moins adapté pour les poids lourds, le maritime ou l'aérien, en raison du poids de batteries qu'il faudrait embarquer. Les autres énergies telles que l'hydrogène, les biocarburants ou le biogaz pourront ainsi être développées. Toutefois, leurs émissions indirectes, les potentiels de production parfois limités ou leurs coûts élevés pourraient contraindre leur développement, pointant l'importance des quatre premiers facteurs pour réduire la demande en énergie.

Une ambition à renforcer

C'est donc l'ensemble des cinq leviers de décarbonation qu'il faudra mobiliser simultanément et en profitant de leurs synergies pour réussir la décarbonation des transports. Le manque d'ambition des politiques publiques et l'inertie des évolutions actuelles rendent l'atteinte de cet objectif de plus en plus difficile, à mesure que l'on prend du retard sur les objectifs de court terme.

« Le manque d'ambition des politiques publiques et l'inertie des évolutions actuelles rendent l'atteinte de cet objectif de plus en plus difficile, à mesure que l'on prend du retard sur les objectifs de court terme. »

La période actuelle ouvre à la fois des opportunités et des risques nouveaux. Côté opportunités, on peut citer l'accélération de l'usage du vélo, du télétravail ou une transition de l'aérien à repenser. Aussi, l'agenda politique est marqué par le plan de relance et la loi Climat (cf. p.11) et résilience (qui fait suite aux travaux de la Convention citoyenne pour le climat), avec des investissements intéressants vers une économie bas carbone (véhicules électriques ou trains de nuit), tout en restant peu ambitieuse sur les mesures de sobriété (aérien ou malus au poids par exemple). /



3

MOBILITÉS DÉCARBONÉES : QUELLES SOLUTIONS ? QUELS FINANCEMENTS ?



Loi des idées reçues et des effets de mode, la décarbonation des modes de déplacement nécessite une réflexion globale tenant compte à la fois des aspirations des usagers et de l'urgence climatique.



Jean Coldefy,
directeur du Programme mobilité 3.0, ATEC ITS France
[linkedin.com/in/jean-coldefy-36246a46](https://www.linkedin.com/in/jean-coldefy-36246a46)

« L'urbanisme devrait ainsi favoriser les modes actifs pour les déplacements du quotidien (courses, écoles, médecin...) qui sont courts, et les transports en commun pour les déplacements domicile-travail qui sont longs. »

Pour contenir le réchauffement climatique, il nous faut réduire de plus de 55 % nos émissions d'ici 2030. Les mobilités sont en France le 1^{er} poste d'émissions de CO₂, la voiture en représentant 50 %. Pour baisser ces émissions, il y a trois moyens possibles : réduire les émissions des véhicules, diminuer les distances parcourues, basculer de la voiture individuelle vers les transports partagés — ce que l'on appelle le report modal.

Le véhicule électrique permettra de décarboner les mobilités en zones rurales, mais ne répondra pas aux enjeux de congestion en zones urbaines. Il devrait permettre une réduction de 20 % des émissions mobilité d'ici 2030. Les distances parcourues, elles, sont stables depuis 30 ans et les réduire ne pourra se faire que via une politique d'urbanisme qui favorise la proximité et donc les modes actifs, pour les déplacements résidentiels et les transports en commun pour les trajets domicile-travail, beaucoup plus longs. Elle mettra 20 ans à produire ses effets. C'est donc dès à présent par le report modal qu'il faudra décarboner massivement nos déplacements.

Pour ce faire, les solutions qui sont aujourd'hui proposées paraissent simples : pour avoir moins de voitures, il faut plus de vélos, des transports collectifs gratuits, arrêter l'étalement urbain et développer « la ville du quart d'heure ». La réalité est plus complexe.

Le vélo, atouts et handicaps

Le vélo représente l'objet cochant toutes les cases de la mobilité urbaine : il est plus rapide que la voiture aux heures de pointe, il occupe trois fois moins d'espace et n'émet pas de gaz à effet de serre. Pour finir, il est économe en fonds publics. Malgré ces atouts indéniables, le principal défaut du vélo est sa portée. Les flux de voitures entrant dans les centres-villes pèsent 50 % des émissions des agglomérations contre 2 % pour les flux internes aux villes centres, le reste

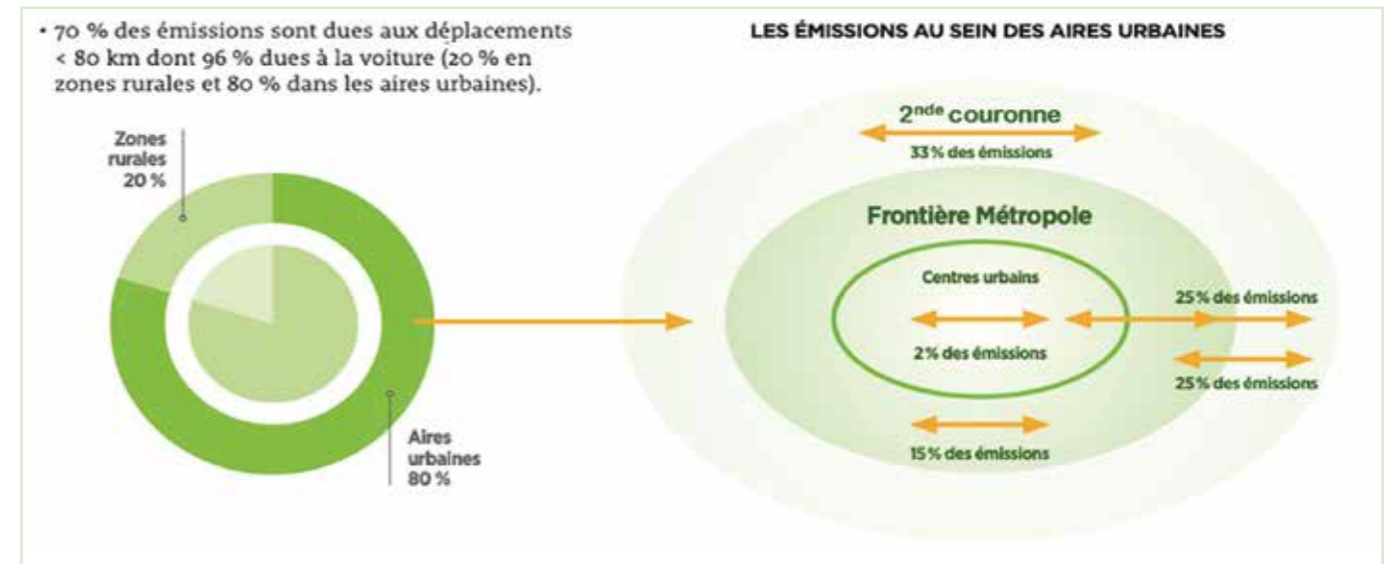
se situant dans le périurbain. Ces déplacements font plus de 10 km et peuvent difficilement être réalisés à vélo. Strasbourg, Copenhague et Amsterdam, les villes championnes du vélo, comptent jusqu'à 10 fois plus de part de déplacements à vélo qu'à Lyon, mais la part de la voiture est tout de même plus forte dans ces villes, parce qu'à Lyon la part des transports en commun et de la marche est plus élevée. Les villes où le vélo est très développé sont aussi celles où l'on marche le moins. L'efficacité du vélo sur le report modal est une thèse qui n'est pas vérifiée par ses supporters. Le vélo à assistance électrique (VAE) pourra-t-il changer la donne pour certains déplacements ?

Au-delà de la ville du quart d'heure, inventer la métropole de la demi-heure

La ville du quart d'heure devient le nouveau dogme à la mode. Le périurbain, qui représente 50 % de la population des grandes aires urbaines, est à la fois la résultante d'un désir d'espace et de vert, d'arbitrages coût du logement/coût du transport, et aussi de la concentration des dynamiques économiques autour des villes. La ville du quart d'heure peut avoir du sens pour les déplacements résidentiels, mais n'en a pas pour les déplacements domicile-travail, du fait de la dissociation entre les lieux de vie et d'habitat.

La limitation en couronnes de l'extension urbaine a paradoxalement favorisé l'extension d'un habitat diffus, la rente foncière et les flux de voitures, les gens allant chercher encore plus loin ce qu'ils ne pouvaient pas trouver plus près. La métropolisation des dynamiques économiques est le fait d'une économie de l'innovation, indispensable dans nos pays qui ne possèdent plus de matières premières clé 29 % s et n'ont pas de main-d'œuvre bon marché. C'est dans les grandes villes que cette économie peut se développer, là où se concentrent centres de recherche, entreprises, ressources humaines. Par ailleurs, les villes centres ne peuvent accueillir

Partis modales	Amsterdam	Strasbourg	Lyon (intra périurbain)	Copenhague
Sources EGT	Données 2014	Données 2019	Données 2015	Données 2014
Voiture	29 %	37 %	25 %	33 %
TC	22 %	15,50 %	25 %	25 %
Vélo	25 %	11 %	3 %	30 %
Marche	22 %	36,50 %	47 %	17 %



J. Coldefy d'après données CEREMA DEEM/ENTD

toutes les populations de leur aire urbaine. Connecter des territoires éloignés des centres-villes en transport en commun n'est pas une difficulté si l'on a densifié. L'urbanisme devrait ainsi favoriser les modes actifs pour les déplacements du quotidien (courses, écoles, médecin...) qui sont courts, et les transports en commun pour les déplacements domicile-travail qui sont longs. Cela conduit à n'autoriser l'urbanisation qu'autour des pôles de transports en commun et des bourgs centres et à massifier les flux pour accéder aux agglomérations en transport en commun.

Sortir des simplismes et affronter les réalités

Comme l'écrivait Bernard Shaw, « À tout problème complexe, il existe une solution simple... et fautive ». Trois erreurs sont souvent commises. La première est d'oublier que la mobilité dépend de nos lieux de vie : le domicile et le lieu de travail. Depuis 30 ans, les évolutions sociétales (féminisation du travail, familles monoparentales...), les dynamiques économiques métropolitaines, la perte de substance industrielle dans les autres territoires et la multiplication par trois des prix de l'immobilier dans les grandes agglomérations ont induit une désynchronisation entre lieu de travail et habitat. L'offre de TER n'a malheureusement pas suivi cette dynamique territoriale, et avec un urbanisme d'éparpillement, ceci a grandement favorisé l'usage de la voiture pour accéder aux emplois des agglomérations. Ces flux représentent la moitié des émissions de la mobilité des aires urbaines, tandis que les déplacements dans les centres urbains ne pèsent que 2 %. Il faudrait multiplier l'offre de transports en commun par trois (et donc financer ces coûts) pour permettre aux habitants du périurbain de laisser leur voiture et baisser significativement le trafic automobile en ville. Si l'on veut décarboner les mobilités, c'est là qu'il faut porter l'effort aujourd'hui en massifiant les flux via des parcs relais. La ville est le lieu des opportunités et de la rencontre. Elle appartient à tous ceux

qui la vivent, sans forcément y résider. Les villes ne peuvent pas se barricader, sauf à réamorcer la crise des Gilets jaunes. Relier et décarboner devraient ainsi être les maîtres mots de la mobilité de la décennie qui s'ouvre.

La seconde erreur est de croire que l'argent public n'est pas une ressource rare. Mis sur un projet, il ne sera pas disponible pour d'autres. L'efficacité de la dépense publique sera une clé pour demain : pour 1 € public investi, combien de personnes transportées et combien de tonnes de CO₂ évitées ? Il vaut ainsi mieux faire rouler des cars de 10 t remplis que des trains diesel de 150 t vides et coûtant 5 fois plus cher. Il vaut mieux déployer des pistes cyclables, des parkings sécurisés vélos dans les gares et des transports en commun pour relier les bourgs de périphéries aux centres-villes qui sont eux déjà largement pourvus d'alternatives à la voiture. Il vaut mieux, à Paris, diminuer une offre bus surabondante, très coûteuse et roulant à 7 km/h pour la déployer en périphérie.

Concilier aspiration pour le progrès et urgence climatique

Enfin la troisième erreur, plus fondamentale, est de penser que nous allons spontanément réduire nos programmes d'activités. L'homme est ainsi fait qu'il cherchera toujours à améliorer sa condition, innovera pour ce faire et remplira son agenda. Sans brider cette capacité d'innovation dont nous avons plus que jamais besoin à l'heure du réchauffement climatique, il faudra réduire fortement l'usage de la voiture dans l'accès aux grandes villes grâce à un choc massif d'offre de transports en commun et de contraintes : sur l'urbanisation afin de densifier les couronnes périurbaines et interdire tout logement éloigné de plus de 2 km du pôle central ou d'une gare, sur la tarification, afin de dégager des ressources et éviter les effets rebonds. Il sera inévitable de tarifier l'usage de la voiture dans les grandes agglomérations, afin de financer les alternatives et

« Il faudra réduire fortement l'usage de la voiture dans l'accès aux grandes villes grâce à un choc massif d'offre de transports en commun et de contraintes. »

Des transports gratuits = moins de voitures ?

La question de la gratuité des transports collectifs repose aussi sur une équation simple : des transports gratuits = moins de voitures. La réalité montre que ce n'est pas le cas : ceux qui prennent la voiture pour aller travailler dans les centres-villes depuis l'extérieur n'ont pas d'autres solutions. Les usagers demandent de l'offre et de la qualité, pas la gratuité. Ce sont des candidats aux élections qui la proposent. Il faudrait trois fois plus de transports en commun depuis les périphéries des grandes agglomérations pour pouvoir délaissé sa voiture. La gratuité, c'est donc pénaliser le développement des alternatives à la voiture dont on a tant besoin aujourd'hui pour décarboner la mobilité. La gratuité fait une erreur de diagnostic, si les gens prennent peu les transports publics, c'est parce qu'il n'y en a pas assez et non un problème de demande. La gratuité met par ailleurs les piétons et les cyclistes dans les bus et tramways et n'a quasiment aucun impact sur le trafic routier. À Lyon, l'usager finance 60 % du coût des transports en commun (25 % ailleurs en France). C'est aussi une ville qui a fait baisser de 40 % le trafic routier depuis 20 ans, parce qu'elle a investi durant cette période 3 milliards dans les transports en commun. La gratuité dans les grandes villes est donc non seulement inefficace pour lutter contre l'usage de la voiture, mais accroît les inégalités territoriales et les injustices sociales : pourquoi ceux qui pourraient payer se feraient financer leur déplacement par les autres ?

parce que son coût d'usage avec l'électrification va la ramener au niveau des transports publics : 0,1 €/km. Sans régulation, l'usage de la voiture augmentera, avec bientôt des bouchons de voitures propres. Cette tarification faible (1 à 2 €/j ouvré) devra se faire en épargnant les faibles revenus, avec un fléchage des ressources vers un programme de mobilité défini et une fois les alternatives en place. Il est aussi inévitable que les usagers des transports en commun paient un prix correspondant davantage aux réalités des coûts, à l'image de tous les autres pays européens. L'universitaire Yves Crozet écrit justement à propos de la mobilité : « Hier c'était plus vite, plus loin, moins longtemps. Demain sera plus lent et plus près ». Ajoutons « demain sera plus cher » sauf à renoncer à s'occuper sérieusement du réchauffement climatique. /



Les 4 axes d'actions pour réduire l'usage de la voiture en accès aux grandes agglomérations (J. Coldefy).

4

LE BIOGNV, UNE SOLUTION INCONTOURNABLE POUR LA DÉCARBONATION DES TRANSPORTS



La réduction des émissions du secteur des transports est primordiale pour atteindre l'objectif de neutralité carbone en 2050 que se sont fixés les États européens. Si les mobilités hydrogène et électrique largement soutenues par les plans de relance répondent aux enjeux de mobilité durable, d'autres énergies alternatives — davantage mature — permettent d'agir dès aujourd'hui. C'est le cas notamment du BioGNV, qui présente toutes les qualités nécessaires pour répondre à ces enjeux climatiques.



Jean-Jacques Raidalet,
délégué Marché d'Affaires et Mobilité, GRDF
[linkedin.com/in/jean-jacques-raidelet-ab9965121](https://www.linkedin.com/in/jean-jacques-raidelet-ab9965121)

« Les mobilités électrique, hydrogène et BioGNV cohabiteront et contribueront à répondre aux enjeux de décarbonation des transports de demain. »

Le GNV (gaz naturel pour véhicules), c'est le gaz naturel utilisé comme carburant. Sa version renouvelable, le BioGNV, correspond à l'usage du biométhane ou gaz renouvelable comme carburant.

Le biométhane : un gaz renouvelable 100 % made in France

L'énergie gaz, choisie par 11 millions de Français, se verdit et peut à présent être produite localement : c'est le biométhane.

Le biométhane est produit à partir de déchets organiques (déchets agricoles, effluents d'élevage, déchets alimentaires de la restauration collective, des supermarchés, des boues d'épuration...). Ils fermentent dans un méthaniseur et fabriquent deux produits :

- un engrais organique 100 % bio, le digestat, qui est épandu sur nos sols, évitant l'utilisation d'engrais chimiques et permettant ainsi d'éviter la pollution des eaux et des sols;

— du biogaz qui est épuré et odorisé pour être injecté dans les réseaux de gaz et ainsi être utilisé selon tous les usages classiques du gaz : cuisson, chauffage, mobilité...

Quand il est utilisé au service de la mobilité, ce biométhane est appelé BioGNV.

80 % des sites de méthanisation français sont des sites agricoles, constituant ainsi des sources complémentaires de revenus pour nos agriculteurs.

Utilisée depuis plus de vingt ans, cette technologie simple, robuste et éprouvée, dispose d'une rentabilité intéressante. Près de 28 millions de véhicules dans le monde roulent au gaz carburant. Le BioGNV, comme le GNV, présente une solution immédiatement disponible pour améliorer la qualité de l'air. Rouler au gaz carburant permet de réduire considéra-



1 BUS SUR 4

immatriculé en 2019 était un véhicule GNV/BioGNV.

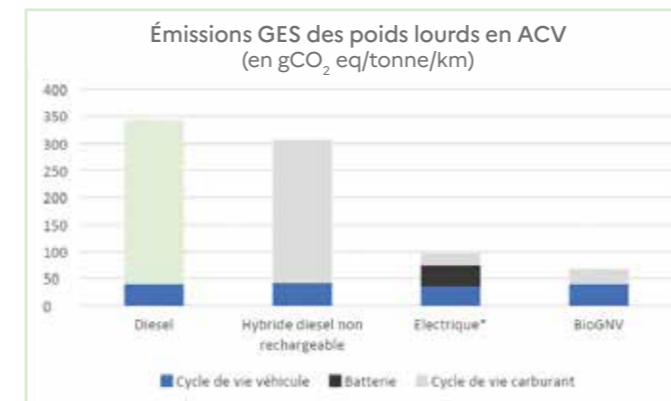
blement les polluants locaux dont les particules fines (-95 % par rapport à la norme Euro VI) et les NOx (-50 % par rapport au seuil de la norme). S'y ajoute une réduction du bruit de 50 % par rapport à un moteur diesel. Tous les véhicules qui roulent au gaz, quelle que soit leur génération, bénéficient de la vignette Crit'Air 1, un certificat qualité de l'air qui les autorise à circuler lors des pics de pollution et dans les zones à faibles émissions (ZFE).

Le BioGNV émet 80 % de CO₂ en moins par rapport à un véhicule diesel de même génération

Les mobilités hydrogène et électrique sont souvent présentées comme les meilleures alternatives au diesel. Pourtant les choses ne sont pas si évidentes quand on prend en compte l'intégralité du cycle de vie d'un véhicule. On parle alors d'une analyse en cycle de vie, intégrant la production du véhicule, son recyclage (et donc l'impact éventuel de la batterie) et la production du carburant. En outre, ce type d'analyse permet d'intégrer la réalité des émissions d'un véhicule.

Pour un véhicule électrique, l'analyse prend en compte la quantité importante de CO₂ émise lors de la fabrication des batteries, provenant en grande partie de l'extraction et du raffinage des métaux utilisés (lithium, cobalt, nickel...), et par les procédés énergivores mis en œuvre pour la fabrication et l'assemblage des cellules des batteries. Le recyclage complexe des batteries est également un élément pénalisant pour la mobilité électrique.

En France, une récente étude menée par l'IFP Énergies nouvelles démontre qu'en tenant compte du mix énergétique français, peu carboné grâce au nucléaire, et de l'intégralité du cycle de vie d'un véhicule, le BioGNV permet des réductions de gaz à effet de serre tout à fait comparables à celles



Sources : étude IFPEN - étude ACV de véhicules roulant au GNV et au BioGNV, septembre 2019.

Le BioGNV accentue sa part dans la mobilité gaz.

Près de 20 % du GNV consommé est déjà du BioGNV. La filière biométhane a connu en moins de 10 ans un essor remarquable. Le premier site de méthanisation a injecté du gaz vert dans le réseau en 2011. En novembre 2021, la capacité d'injection de biométhane dans les réseaux gaziers atteint 5,8 TWh, soit l'équivalent de la consommation de 22 500 bus roulant au BioGNV. C'est aujourd'hui 333 sites de méthanisation qui sont raccordés aux réseaux gaziers, dont 133 sites depuis janvier 2021. Près de 1150 projets sont à l'étude, illustrant la croissance rapide de la filière. La Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) fixe un objectif de 10 % de gaz renouvelable dans les réseaux avant 2030.

de l'électrique, voire meilleures. Sur l'ensemble de sa vie, un véhicule léger de moyenne gamme, un petit utilitaire ou un camion de livraison consommant du BioGNV impacte moins le climat qu'un véhicule électrique. Le graphique ci-dessous illustre le cas d'un camion.

Le BioGNV a l'avantage d'être un carburant renouvelable issu de déchets. En analyse du cycle de vie, son bilan carbone est quasiment neutre : le CO₂ libéré à l'échappement est équivalent au CO₂ consommé par les végétaux méthanisés lors de la fabrication du biocarburant.

Les transporteurs plébiscitent la mobilité gaz

Tout cela explique que le GNV et le BioGNV soient particulièrement plébiscités par les transporteurs, que ce soit pour le transport de personnes ou de marchandises. 37 % des bus immatriculés en 2020 fonctionnent au BioGNV/GNV.

À titre d'exemple, la RATP, dans son projet Bus 2025, prévoit d'intégrer entre 60 et 65 % de bus au BioGNV dans sa flotte. Côté marchandises, les transporteurs y voient un outil permettant de réussir leur transition écologique à un coût maîtrisé. Pour exemple, la STAF sur un parc de 600 poids lourds en a déjà converti 180 au BioGNV/GNV.

L'atteinte de la neutralité carbone dans la mobilité nécessite la mise en place d'une démarche de transition énergétique pour chaque gestionnaire de flotte. Cette transition ne peut reposer sur une solution unique, comme nous avons pu le faire lors des dernières décennies, mais passe par un mix énergétique diversifié et complémentaire. À chaque usage correspond une énergie. Ainsi les mobilités électrique, hydrogène et BioGNV cohabiteront et contribueront à répondre aux enjeux de décarbonation des transports de demain. /



5

UN RÉFÉRENTIEL FORMALISÉ POUR QUANTIFIER LES IMPACTS DE L'INFRASTRUCTURE DE RECHARGE



Le verdissement des mobilités est l'un des axes prioritaires du plan de relance économique 2020-2022 de la France. La transformation de la filière automobile passe certes par l'accroissement du nombre de véhicules électriques, mais aussi par l'arrivée des infrastructures de recharge de ces véhicules.



Julie Orgelet-Delmas,
consultante ACV et numérique, responsable DDemain
[linkedin.com/in/julie-orgelet](https://www.linkedin.com/in/julie-orgelet)

Coauteurs :
Hortense Éraud,
directrice Économie circulaire / Développement Durable, GIMELEC
Valérie Michel,
responsable Efficacité Énergétique et Bâtiment Durable, IGNES
[linkedin.com/in/valerie-michel-75819751/](https://www.linkedin.com/in/valerie-michel-75819751/)

« Le développement d'une mobilité électrique durable n'est pas uniquement un enjeu pour les acteurs de l'automobile et du transport, mais aussi pour les acteurs de l'installation électrique. »

Dans le cadre d'une politique de mobilité bas carbone, il est important de travailler sur la réduction des émissions de CO₂ des véhicules, mais aussi de leurs infrastructures de recharge. En effet, comment est-il possible de réaliser une politique bas carbone sans pouvoir évaluer l'impact environnemental des éléments émettant du gaz à effet de serre ? C'est pourquoi le GIMELEC et l'IGNES, organisations professionnelles représentant les industriels des infrastructures de recharge de véhicules électriques (IRVE), se mobilisent et proposent des règles communes pour évaluer l'impact environnemental des IRVE au sein du programme PEP Ecopassport, le programme de développement des déclarations environnementales des équipements électriques et électroniques. Dès lors, cette évaluation environnementale pourra être utile non seulement pour les industriels dans le cadre de l'écoconception des produits, mais aussi pour les utilisateurs qui trouveront ainsi une information fiable sur les impacts environnementaux des bornes de recharge de véhicules électriques.

Un contexte à dimension internationale

Afin de respecter les objectifs de l'accord de Paris et la mise en application de la Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), l'intégration d'infrastructures de recharge pour les véhicules électriques dans les bâtiments devient incontournable. Elle constitue d'ailleurs à la fois un des piliers du développement de la mobilité bas carbone et un moyen de stockage privilégié de l'énergie électrique produite localement dans les bâtiments. Il apparaît donc clairement que le développement d'une mobilité électrique durable n'est pas uniquement un enjeu pour les acteurs de l'automobile et du transport, mais aussi pour ceux de l'installation électrique du bâtiment et de l'infrastructure en général.

« Permettre à l'utilisateur final d'effectuer un comparatif équitable »

« Hager est un partenaire de longue date du programme PEP Ecopassport®. Il est en effet de notre responsabilité de travailler avec les acteurs du secteur,

également adhérents, afin de cadrer la déclaration environnementale de nos produits et ainsi permettre à l'utilisateur final d'effectuer un comparatif équitable. En tant qu'industriel et, notamment, fournisseur de bornes de recharge pour véhicules, nous

Afin de répondre à cet enjeu, la création d'un cadre de déclaration des performances environnementales des IRVE est indispensable. Pour ce faire, les acteurs de la filière électrique française des syndicats IGNEs et GIMELEC se sont regroupés pour proposer des règles d'évaluation de l'impact environnemental des IRVE, dans le cadre d'un programme de déclarations environnementales reconnu : le programme PEP Ecopassport® (PEP : profils environnementaux produits).

Pourquoi faut-il encadrer le développement de déclarations environnementales produites pour les infrastructures de recharge ?

Pour réduire l'impact environnemental d'un secteur, il est nécessaire de le quantifier et de le connaître. Ainsi, le calcul des performances environnementales doit être réalisé de manière identique par tous. Le programme PEP Ecopassport® via ses règles spécifiques par catégorie de produit permet de disposer d'un cadre méthodologique strict :

- conforme aux exigences de la norme ISO 14025 régissant les déclarations environnementales de type III ;
- adapté à la quantification des impacts environnementaux des produits électriques et électroniques et permettant de se focaliser sur les enjeux du secteur et ainsi de simplifier la démarche ;
- reconnu par les instances gouvernementales et internationales, du bâtiment notamment ;
- fixant les indicateurs environnementaux à considérer et leurs modes de calcul ;
- fixant le périmètre de déclaration : étapes du cycle de vie à considérer (« du berceau à la tombe »), bases de données recommandées (principalement la base ELCD), données d'impacts obligatoires, règles de coupe, traitement des données secondaires...

avons tout naturellement participé à la rédaction de cette PSR IRVE. Grâce à l'animation efficace du cabinet DDemain, nous sommes aujourd'hui à l'aboutissement de ce projet. La prochaine étape significative envisagée en mars 2021 sera de réaliser des PEP « blancs » sur nos

produits respectifs afin d'évaluer, toujours en concertation, la robustesse de notre méthodologie. »

David Dupuis, responsable environnement chez Hager Group (fournisseur de solutions électriques pour les bâtiments)

En complément de ce cadre, il est opportun de développer et de fixer un certain nombre de paramètres propres à la catégorie de produits considérée, à savoir les IRVE, tels que :

- la définition des familles de produits : prise, borne sur pied, wallbox... ainsi que leur usage privé ou public ;
- l'unité fonctionnelle à considérer ;
- les scénarios d'usage associés à chaque famille et à chaque usage ;
- le mode de calcul de la consommation d'énergie en phase d'usage...

Un processus participatif et itératif

La création de ces règles fait l'objet d'un travail collectif entre fabricants de prises et bornes de recharge mêlant à la fois des experts produits et des experts de l'analyse du cycle de vie et des déclarations environnementales. Cette approche basée sur la discussion et l'expérimentation permet de mettre en place des règles conformes aux exigences du programme sans sacrifier leur caractère opérationnel. En complément, les règles sont associées à des outils simples qui doivent faciliter leur mise en œuvre et le développement des déclarations. En complément, les fabricants mettent directement en application ces règles afin d'identifier leur pertinence et de potentielles voies de simplification.

Un référentiel disponible depuis septembre 2021

Ce référentiel constitue le premier référentiel complet formalisé portant sur des infrastructures de mobilité au sein du programme PEP Ecopassport®. Auparavant, des déclarations portant sur les bornes de recharge existaient déjà, mais s'appuyaient sur des règles généralistes qui conduisaient à des disparités de traitement entre les différents fabricants. La mise à disposition de ce référentiel permet désormais aux acteurs de la mobilité bas carbone de disposer d'éléments comparables et de faire des choix éclairés sur la base des performances environnementales. Financé par l'ADEME dans le cadre de l'appel à accompagnement #FaistaFDES #FaistonPEP, le référentiel a été mis au point dans le cadre d'un groupe de travail commun GIMELEC/IGNES dirigé par le cabinet de conseil DDemain. Il a fait l'objet d'une revue critique par un vérificateur indépendant habilité par le programme PEP® pour ensuite être publié le 17 septembre 2021 (PSR disponible sur le site PEP ecopassport® : Faire une ACV (pep-ecopassport.org) ». Les industriels de la profession peuvent maintenant produire des déclarations environnementales PEP de leurs gammes de produits. ▬



À propos de DDemain

DDemain accompagne les organisations dans la quantification et la réduction de leurs impacts environnementaux pour contribuer au développement d'un monde plus soutenable. DDemain combine des outils reconnus : l'analyse du cycle de vie et de l'écoconception (PEP Ecopassport®, FDES, E+C-...) avec une grande expérience de la gestion de projet (Agilité, Intelligence collective...) pour construire avec ses clients leur stratégie et organiser leur montée en compétences et leur prise d'autonomie.



6

DÉPLOIEMENT ET ACCEPTABILITÉ SOCIALE DE L'ÉLECTROMOBILITÉ



Depuis 2010, la mobilité électrique connaît un essor notable. En janvier 2020, la Commission européenne a présenté, à travers le Green Deal, des objectifs qui visent une neutralité carbone en 2050. En France, la loi d'orientation des mobilités (LOM) fixait dès 2019 la fin des ventes des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers utilisant des énergies fossiles, d'ici 2040¹. L'annonce par l'État français du plan de relance économique 2020-2022 s'inscrit dans cette continuité et réaffirme la volonté du gouvernement de répondre aux enjeux de transition énergétique, grâce au déploiement de 100 000 infrastructures de recharge pour les véhicules électriques (IRVE) à l'échelle du territoire pour 2021.



Khadija Tighanimine,
project Manager Smart cities & e-mobility chez Omexom
[linkedin.com/in/khadija-tighanimine](https://www.linkedin.com/in/khadija-tighanimine)

1. Loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités, article 73.

1

MILLION DE VÉHICULES RECHARGEABLES

d'ici à 2022, dans le cadre du contrat stratégique signé entre l'État et la filière automobile.

Face à l'urgence invoquée par le politique de décarboner les mobilités, les acteurs de la filière s'ingénient à consolider un marché très concurrentiel. Cette accélération interroge la chaîne de valeur de l'électromobilité, de la production de l'électron par les fournisseurs d'énergie à sa consommation par l'utilisateur final. Les réflexions autour de la structuration du marché intègrent difficilement la question de la transformation culturelle et sociétale qu'entraîne ce mouvement. Elle est souvent sous-estimée voire occultée, bien qu'elle soit déterminante. Pourtant, l'articulation de l'ingénierie du déploiement avec la question de l'acceptabilité sociale d'une innovation est cruciale pour assurer la conduite du changement dans les pratiques de mobilité. On ne peut envisager de décarboner les mobilités sans impliquer et former les utilisateurs à ces nouveaux modes de transport. Réhabiliter la place de l'utilisateur dans le processus de transformation des mobilités est nécessaire pour une bonne diffusion de l'électromobilité. Partant d'une expérience participative dans des groupes de travail collaboratif sur l'électromobilité, cet article introduit les concepts d'ingénierie du déploiement et d'acceptabilité sociale lors du développement d'une innovation. Il s'agit de souligner l'importance d'une approche pluridisciplinaire et inclusive pour une meilleure diffusion de la culture de l'électromobilité dans les territoires en tenant compte des modalités d'« inscription sociale »² du déploiement d'un tel système.

Ingénierie du déploiement, de quoi parle-t-on ?

Nos participations aux groupes de travail collaboratif réunissant les différents acteurs de l'électromobilité nous ont permis d'observer que les réflexions engagées reposent très

« On ne peut envisager de décarboner les mobilités sans impliquer et former les utilisateurs à ces nouveaux modes de transport. »

souvent sur les conditions de massification de l'électromobilité, à travers le soutien aux mesures réglementaires qui encadrent le marché de la demande des véhicules électriques (VE). Nous faisons ici référence, entre autres, aux primes à la conversion des véhicules, aux avantages d'usage des véhicules, aux incitations fiscales et autres dispositifs de soutien favorisant leur développement. La réduction des coûts des véhicules et le développement d'une stratégie industrielle en phase avec les mutations du secteur de la mobilité font partie des sujets qui animent les débats. Ceux-ci retiennent principalement l'attention des acteurs qui créent le système de l'électromobilité pour en assurer la pérennité économique et industrielle. Les impacts environnementaux de ces solutions sont aussi pris en considération au regard des enjeux de décarbonation qui accompagnent la logique conjoncturelle de déploiement des IRVE.

Ainsi, nous constatons l'absence quasi systématique d'une approche par le territoire et plus particulièrement par les usagers qui sont involontairement davantage perçus comme tributaires de ce système que comme acteurs. Leur participation est évoquée dans un souci de dialogue, à travers le recours aux associations d'utilisateurs existantes, dont le rôle se limite à de la consultation plus qu'à une véritable concertation sur les choix de déploiement des infrastructures. Il s'agit pourtant de déployer tout un système et cela passe par une ingénierie dédiée qui crée un environnement favorable au développement de l'électromobilité : l'ingénierie du déploiement du système d'électromobilité³.

Cette ingénierie suppose l'intervention de nouveaux acteurs pour concourir à la réussite du développement de la mobilité électrique. Parmi eux, la participation des pouvoirs publics permettrait ainsi de favoriser la diffusion de l'électromobilité et des infrastructures de recharge grâce à une lecture territoriale plus prompte et des mesures de mise en œuvre appropriées. Contrairement à l'automobile qui définissait les dynamiques territoriales, l'électromobilité dépend des opportunités qu'offrent les territoires⁴. L'ingénierie du déploiement doit donc étudier les spécificités territoriales, afin que la transformation des usages soit compatible avec la rupture en cours.⁵ Il est nécessaire d'établir une typologie des acteurs touchés par cette transformation et d'évaluer leur position stratégique et leur rôle dans le développement de la mobilité électrique. C'est le cas des usagers qui ont une position déterminante. Leur rôle conditionne les facteurs de succès du système d'électromobilité et garantit la robustesse du schéma de déploiement des IRVE qu'envisage le plan de relance.

2. Joseph Schumpeter

3. Midler Christophe, Von Pechmann Félix, « Du véhicule électrique à l'électromobilité », *Le journal de l'école de Paris du management*, 2015/4 (N° 114), p. 8-15. DOI : 10.3917/jepam.114.0008. URL : <https://www.cairn.info/revue-le-journal-de-l-ecole-de-paris-du-management-2015-4-page-8.htm>

4. Shadi Sadeghian, *Développer la mobilité électrique : des projets d'acteurs au projet de territoire. Architecture, aménagement de l'espace*, Université Paris-Est, 2013, français. NNT : 2013PEST1190ff. fftet-01130114f

5. Midler Christophe, Von Pechmann Félix

6. Midler Christophe, Von Pechmann Félix

Inscrire socialement l'électromobilité en réhabilitant la maîtrise d'usage

Pour que la transformation culturelle en matière de mobilité décarbonée soit effective, il faut réussir à élever la valeur perçue des VE au niveau de la valeur perçue des véhicules thermiques⁶. Il est donc essentiel d'opter pour une approche holistique et inclusive, afin d'amener les usagers à comprendre la valeur de l'électromobilité et l'importance de participer au processus de diffusion.

Il s'agit selon nous de réhabiliter le statut de l'utilisateur dans la définition des enjeux d'une mobilité électrique durable. Cette approche repose sur un jeu d'acteurs qui intègre l'utilisateur en tant que diffuseur de la culture de la mobilité électrique. L'utilisateur est considéré comme partie prenante de la conception des projets et participe à la construction du sys-

« Il est nécessaire d'établir une typologie des acteurs touchés par cette transformation et d'évaluer leur position stratégique et leur rôle dans le développement de la mobilité électrique. »

FOCUS SUR LE MARCHÉ PUBLIC GLOBAL DE PERFORMANCE DE BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

Le MGP de Bourgogne-Franche-Comté est le premier marché de performance lié à la recharge de véhicules électriques en France. Celui-ci a été remporté par Citeos, une marque de Vinci Énergies.

Les conditions d'attribution de ce marché ont été déterminées à partir de critères de fiabilité et de robustesse des services de maintenance et d'exploitation du réseau de bornes, en lien avec des objectifs de performance qualifiés, pour assurer une qualité de service optimale.

Des problèmes antérieurs d'entretien signalés par les

utilisateurs du réseau de bornes expliquent le choix d'un marché à performance, outil contractuel jusqu'alors réservé au domaine de l'éclairage public. C'est donc l'importance de la qualité de service recueillie auprès des usagers qui a déterminé le cadre de ce marché dont l'objectif principal a été d'imposer comme critère d'éligibilité du mandataire, une disponibilité élevée des IRVE.

Ainsi, l'on retrouve ici l'importance de l'acceptabilité pratique qui met en avant la notion d'utilisabilité seule et répond aux besoins de l'utilisateur en termes de fonctionnalités en lien avec la tâche à accomplir.

Un réseau performant de bornes de recharge pour une mobilité décarbonée en Bourgogne Franche-Comté

7 départements concernés par le réseau

Un réseau disponible et performant grâce à des délais d'intervention rapides

Des recharges rapides grâce à l'exploitation d'un réseau de plus de 380 bornes accélérées et rapides



tème de l'électromobilité à travers la notion de *maîtrise d'usage*. Ce concept, né de la volonté des usagers de se situer au cœur du processus d'élaboration, consiste à placer ceux-ci aux côtés du traditionnel binôme maître d'ouvrage et maître d'œuvre.

Notre approche repose sur l'idée que les usagers détiennent une compétence spécifique, fondée sur l'usage et sur la proximité. Partant du principe qu'ils sont les premiers à souffrir des dysfonctionnements en matière de mobilité, ils peuvent mieux identifier les cas d'usage et participer à la bonne diffusion de la culture de la mobilité électrique et à la mise en place de mesures réalistes et pérennes.

L'expérience et la participation des utilisateurs permettent de définir un certain nombre de modes opératoires applicables dans les différents contextes de déploiement. Les usagers jouent donc un rôle primordial dans le processus d'adoption d'une solution et dans sa diffusion car :

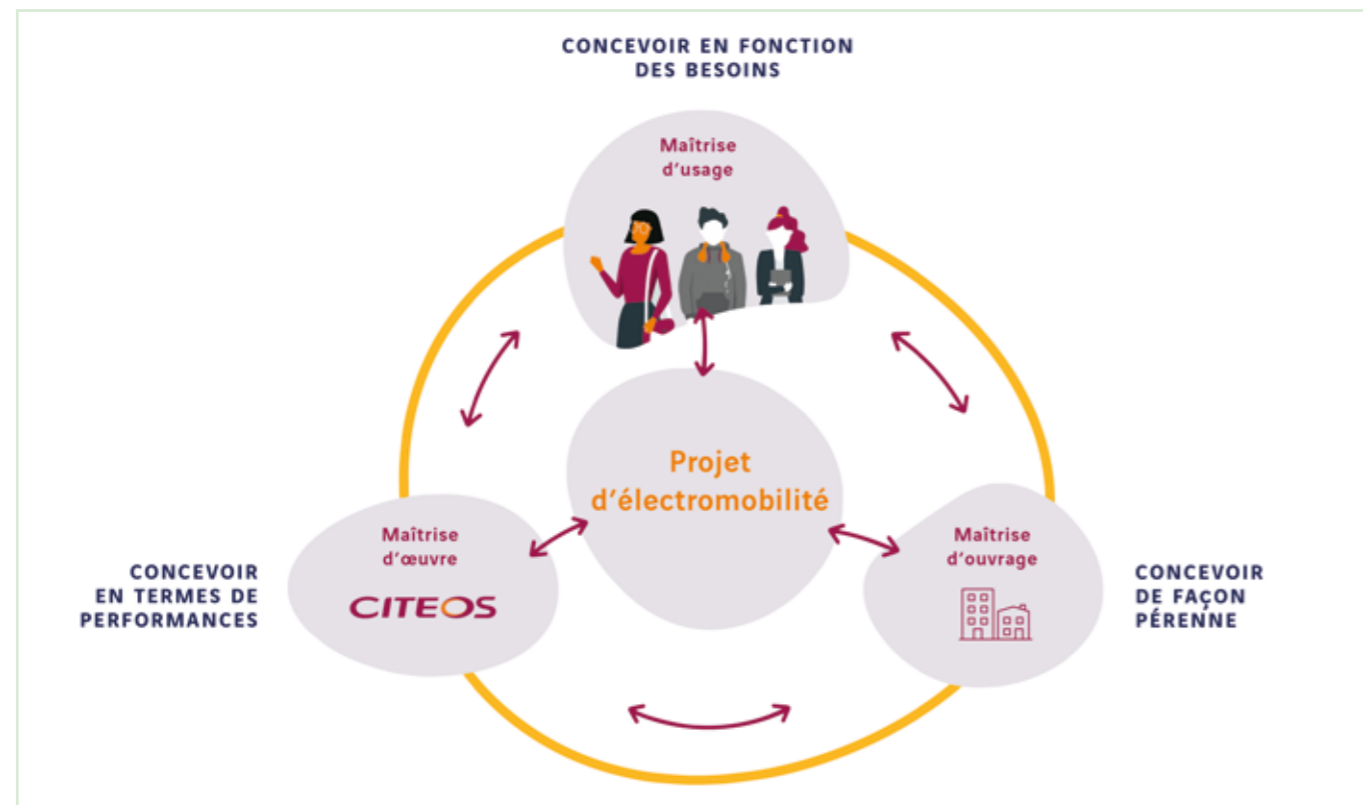
- ils spécifient des cas d'usage par rapport à leur propre environnement;
- ils développent un savoir pratique qui permet de « routiniser » et d'admettre l'intégration et l'utilisation d'une solution;
- ils facilitent sa diffusion.

Importance de l'interdisciplinarité

Nous avons observé que penser le sujet du déploiement de l'électromobilité par le prisme des utilisateurs n'est pas envisagé comme tel par les acteurs du marché, non pas par refus d'adopter une méthodologie inclusive, mais en raison d'un manque de plu-

« Il s'agit d'éviter de tomber dans l'écueil du déterminisme technologique, si l'on souhaite une rapide adoption de la mobilité électrique par les usagers. »

ridisciplinarité au sein des groupes de travail. La transformation des techniques de transport reste réfléchi encore aujourd'hui sous un angle purement technique. Or, il s'agit selon nous d'éviter de tomber dans l'écueil du déterminisme technologique, si l'on souhaite une rapide adoption de la mobilité électrique par les usagers. Ce courant de pensée suppose que le changement technique soit autonome et qu'il influence la société. Postulat fortement remis en question par la sociologie des techniques qui étudie les interactions entre les acteurs (concepteurs, usagers, entreprises, pouvoirs publics...) afin de mettre en place un cadre favorable à l'acceptation sociale des progrès techniques. Pour conclure, nous dirons que la construction du système de l'électromobilité doit certes reposer sur un savoir-faire technique et un cadre réglementaire propices à son déploiement, mais en s'appuyant sur le tissu social des territoires. L'accélération de la mobilité électrique ne sera efficace que si les infrastructures techniques sont envisagées à l'aune de la dynamique sociale qui caractérise le territoire. //



Partie 2

Renouveler les modes de déplacement

Promouvoir les modes "bas carbone" dans nos déplacements du quotidien : le défi est immense tant les usages actuels restent dominés par les véhicules à carburant fossile et l'autosolisme. Cette série d'articles aborde les solutions alternatives : les mobilités actives (marche et bicyclette), les micromobilités (trottinettes et autres engins de déplacement personnel) et les transports publics, routiers et ferroviaires, représentent également des domaines d'innovation, tout comme le covoiturage.



1

CEE AcoTÉ : UN PROGRAMME POUR DÉVELOPPER LE COVOITURAGE EN ZONE PEU DENSE



70 % des trajets domicile-travail se font en voiture¹ et près de 40 % des Français vivent dans une zone non desservie par les transports collectifs². L'une des solutions pour réduire les émissions est de développer la pratique du covoiturage. C'est l'objectif du programme CEE AcoTÉ porté par CertiNergy & Solutions et La Roue Verte, ainsi que par l'Association nationale des pôles territoriaux et des pays. AcoTÉ propose aux collectivités de développer des lignes de covoiturage sur-mesure, en levant les freins à la pratique.



Chloé Noual,
directrice Stratégie chez CertiNergy & Solutions
[linkedin.com/in/chloé-noual-a98246118](https://www.linkedin.com/in/chloé-noual-a98246118)

1. Étude Insee n° 143, « Sept salariés sur dix vont travailler en voiture », <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3714237>
2. Observatoire des inégalités, « Inégaux face à la mobilité », https://www.inegalites.fr/Inegaux-face-a-la-mobilite?id_theme=25



« L'objectif est de co-construire avec les habitants et les entreprises locales des lignes de covoiturage adaptées aux besoins. »

Le dispositif des certificats d'économies d'énergie (CEE) encourage les fournisseurs et vendeurs d'énergie à faire faire des économies d'énergie aux consommateurs (entreprises, industries, collectivités, ménages). Le transport est l'un des secteurs concernés par les CEE, que ce soit pour des opérations dites « standardisées » (actions couramment réalisées et pré-identifiées dans un catalogue) comme remplacer son véhicule par un véhicule moins émetteur de CO₂, pour des opérations « sur-mesure » (opérations spécifiques hors catalogue) ou pour des actions inscrites dans le cadre de programmes de formation, sensibilisation ou innovation en faveur de la maîtrise de la demande en énergie, comme le programme AcoTÉ.

AcoTÉ : un programme pour aider les collectivités à développer le covoiturage du quotidien sur leurs territoires

Depuis janvier 2020, le programme CEE AcoTÉ (acteurs et collectivités engagés pour l'écomobilité) propose aux collectivités qui souhaitent massifier le recours au covoiturage sur leurs territoires de monter en compétences sur le sujet via des réunions de sensibilisation, des journées d'études, des échanges entre territoires. L'objectif étant de co-construire avec les habitants et entreprises locales des lignes de covoiturage adaptées aux besoins.

En 2020, plus de 10 territoires se sont engagés dans le programme, ce qui a permis de sensibiliser directement plus de 250 élus et techniciens au covoiturage du quotidien.

Qu'est-ce qu'une ligne de covoiturage ?

Une ligne de covoiturage se rapproche d'une ligne de bus : il y a des lieux prédéfinis (matérialisés ou non) pour la prise et la dépose des passagers ainsi que des horaires d'ouverture et de fermeture. Elle peut être mise en œuvre de plusieurs manières notamment par le biais d'applications. L'approche par ligne a pour objectif de simplifier au maximum l'accès au covoiturage pour les conducteurs et les passagers afin de l'adapter à une pratique régulière. Par ailleurs, ces lignes peuvent, comme c'est le cas dans le cadre du programme, offrir des garanties aux usagers, ce qui permet de lever les freins liés à la crainte de ne pas pouvoir trouver un covoiturage.

Les lignes proposées dans le cadre du programme AcoTÉ sont coconstruites avec les habitants et les entreprises. La coconstruction est en effet un moyen de s'assurer en amont que la solution envisagée répond bien à un besoin et d'amorcer la création d'une communauté pour assurer sa pérennité.

10

TERRITOIRES ENGAGÉS

dans le programme AcoTÉ en 2020, soit 250 élus et techniciens impliqués.

L'objectif est de proposer une solution qui prend en compte l'existant et qui le complète, afin de proposer une offre plus large. Cette prise en compte fait que chaque ligne est unique et a des caractéristiques différentes (longueur, flux, nombre d'arrêts...).

Co-construire sa ligne avec le programme AcoTÉ

À la suite des réunions de formation (préalable nécessaire au passage à l'action), le territoire peut choisir de se lancer

Une expérimentation dans la Sarthe

Le Pays Vallée du Loir, territoire situé dans la Sarthe, a été le premier bénéficiaire du programme à s'engager dans la coconstruction. À la suite des échanges avec La Roue Verte, quatre axes ont été identifiés comme intéressants à expérimenter. C'est pourquoi, depuis janvier 2021, les habitants ont accès à un questionnaire en ligne pour donner leur avis, notamment sur les endroits stratégiques où installer des arrêts. Une campagne de communication a d'ailleurs été mise en place afin d'inciter les acteurs locaux à participer à cette coconstruction, l'ambition étant de lancer l'expérimentation des lignes avant la fin du premier semestre 2021. Les territoires qui le souhaitent ont la possibilité de s'engager dans le programme AcoTÉ afin de développer la pratique du covoiturage sur leur territoire et ainsi de réduire l'impact environnemental lié aux trajets quotidiens en voiture.



Réunion de formation PETR (Pôle d'équilibre territorial et rural) du Pays Vallée du Loir – février 2020.



« L'expérimentation doit permettre de décider de la poursuite ou non de l'offre et de son adaptation afin de la rendre viable. »

dans la coconstruction. Dans ce cas, il est mis en relation avec La Roue Verte, qui va l'accompagner techniquement et financièrement : techniquement, d'une part, en permettant aux collectivités de recenser l'existant, de rechercher des contributeurs, d'analyser les données obtenues, de qualifier les potentiels avant d'expérimenter la solution coconstruite en situation réelle avec l'ouverture aux conducteurs puis aux passagers. L'expérimentation doit permettre de décider de la poursuite ou non de l'offre et de son adaptation afin de la rendre viable. Financièrement, d'autre part, car les CEE prennent en charge les coûts liés à la coconstruction de la solution (tests, communication, fonctionnement de la ligne) et une partie de ceux de l'expérimentation. Les collectivités peuvent donc expérimenter la solution à un coût réduit avant de décider de la pérennisation ou non de celle-ci. /

2

PROJET SAM : UNE MÉTHODOLOGIE POUR ÉVALUER L'IMPACT DU VÉHICULE AUTONOME



Le véhicule autonome est porté par des enjeux industriels puissants. Il est soutenu depuis 2018 par une politique nationale visant à accompagner son déploiement. Depuis, de nombreuses études tentent d'évaluer les effets de l'introduction de ce nouveau type de mobilité. Le projet SAM (sécurité et acceptabilité de la conduite et de la mobilité autonome) se propose de partager dans le bien commun des méthodes complémentaires permettant d'évaluer les effets de ces nouveaux systèmes à différentes échelles.



Samir Anbri (IFP Energies Nouvelles), **Marlène Bel** (Cerema), **Jaâfar Berrada** (Institut VEDECOM), **Nicolas Coulombel** (LVMT, École des Ponts ParisTech, Université Gustave Eiffel), **Jeanne de La Blanchardière** (IVM - Institut VEDECOM), **Virginie Dunez** (Cerema), **Manon Eskenazi** (LVMT, Ecole des Ponts ParisTech, Université Gustave Eiffel), **Nadège Faul** (Institut VEDECOM), **Jean-Baptiste Haué** (Le LAB Renault-PSA), **Natalia Kotelnikova-Weiler** (LVMT, École des Ponts ParisTech, Université Gustave Eiffel), **Valerie Leray** (Cerema), **Hassan Mahdavi** (Institut VEDECOM), **Gaëtan Merlihot** (Institut VEDECOM), **Natacha Métayer** (Institut VEDECOM)

« Adossées aux expérimentations, les évaluations s'appuient sur des données directement mesurées lors d'un déploiement réel de services de mobilité autonome. »

Le véhicule autonome (VA) est porteur de promesses à la fois technologiques, sociales, économiques et environnementales. S'il suscite un certain engouement, le véhicule autonome est aujourd'hui en phase d'expérimentation et ses bénéfices doivent encore être démontrés. Dans cette optique, la stratégie nationale du véhicule autonome lancée en France en 2018 porte le programme d'expérimentation EVRA¹ pour en évaluer la sécurité et l'acceptabilité à travers différents cas d'usage. Le projet SAM, issu du programme EVRA, intègre treize expérimentations sur des territoires et dans des contextes d'expérimentation variés (site fermé, chaussée ouverte, en centre-ville, en périphérie, etc.). Ces expérimentations étudient le VA dans une pluralité de contextes qui sont définis par :

1. Les fonctions de conduite déléguées au conducteur ;
2. Le domaine d'emploi du véhicule autonome (chaussée ouverte ou non, vitesse maximale autorisée sur la voie, etc.) et les conditions de circulation ;
3. Le niveau d'automatisation.

Elles visent également à tester de nouveaux services de mobilité autonome, que ce soit du transport collectif et partagé (transport public, robot-taxi, transport à la demande), de l'aide à la conduite individuelle (valet parking, véhicule particulier) ou de la logistique (compagnon de livraison). Le projet regroupe vingt partenaires industriels et académiques, issus notamment des filières de l'automobile, du transport public et de l'infrastructure.



Intérieur de la navette autonome, expérimentation RATP, Bois de Vincennes, 2019/2020.

Face à cette pluralité de situations, comment pouvons-nous construire une méthodologie d'évaluation permettant d'appréhender les différents aspects des services et des VA ?

Vers une méthodologie d'évaluation multi-échelles

La méthode d'évaluation de la mobilité autonome proposée dans le projet SAM est pluridisciplinaire et multi-échelle. Elle combine des approches issues de disciplines variées (psychologie cognitive et sociale, accidentologie, technique, ingénierie de trafic, études de mobilité, analyse de la gouvernance et de l'aménagement urbain, environnement et socioéconomie) afin de couvrir une gamme d'effets directs et indirects de l'introduction des services de mobilité autonomes dans les territoires. Les effets sont évalués à plusieurs échelles : à l'échelle de l'individu et/ou du véhicule, à l'échelle du service ou de la zone d'étude, et enfin, à l'échelle de la gouvernance globale des systèmes de mobilité.

13

EXPÉRIMENTATIONS intégrées dans le projet SAM, sur des territoires variés et dans des contextes différents.

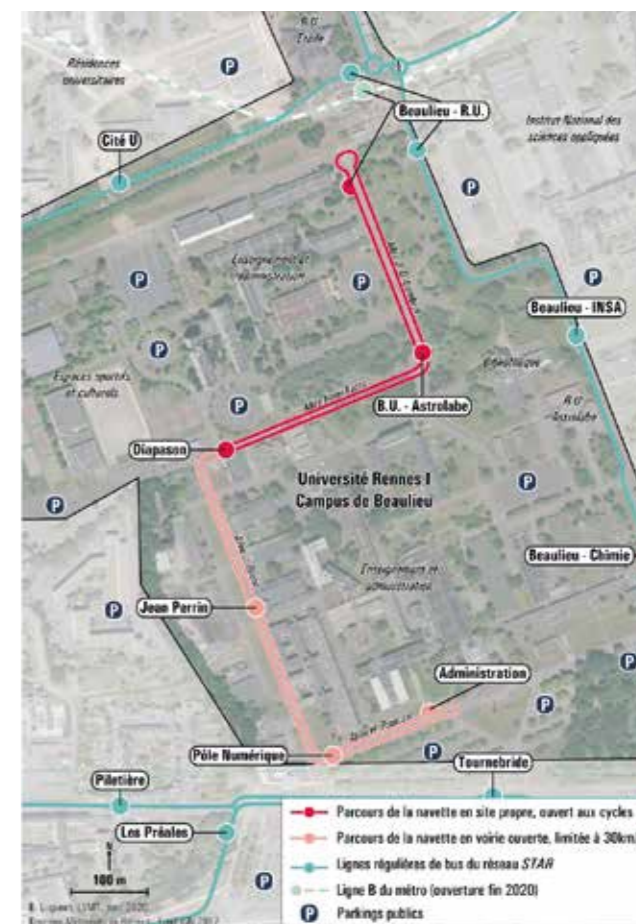
L'originalité de la démarche SAM consiste à combiner ces différentes approches afin d'évaluer la pertinence des services de mobilité autonome aux différentes échelles. Adossées aux expérimentations, les évaluations s'appuient sur des données directement mesurées lors d'un déploiement réel de services de mobilité autonome. La variété des expérimentations permet à son tour d'appliquer une seule et même méthode à des services et contextes diversifiés, fournissant ainsi des résultats cohérents dont l'analyse pourra dégager des invariants et des spécificités de certains cas. Enfin, un travail de scénarisation mené avec les partenaires du consortium et intégrant ainsi leur vision de la place potentielle de la mobilité autonome dans le système de transport, permettra de se projeter, via des simulations, à des échelles de déploiement plus larges.

Évaluation à l'échelle de l'individu ou du véhicule

L'introduction sur les routes du VA connecté, hautement technologique et à conduite automatisée pose de nombreuses questions dont :

- les interactions avec les autres véhicules et les effets sur le trafic routier et la sécurité des usagers ;
- l'acceptabilité pratique et sociale par les individus, qu'ils soient utilisateurs du VA ou autres usagers de la route comme les piétons, les cyclistes ou les conducteurs de véhicules conventionnels (comportements émergents face à cette nouvelle technologie, sécurité routière, incivilités, etc.) ;
- les caractéristiques environnementales (émissions acoustiques et de polluants, consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre et impacts indirects produits au cours du cycle de vie des composants, etc.). En effet, le véhicule autonome nécessite des capteurs et une puissance de calcul suffisante pour en traiter les données, de la supervision à distance impliquant des transferts de données et, dans certains cas, des équipements d'infrastructure connectée. Éléments dont il s'agit de mesurer le poids environnemental, notamment sur le bilan carbone, et les bénéfices éventuels.

Le consortium SAM étudie ces questions grâce à une approche transversale des différents sites de tests et des objets déployés. Plusieurs méthodologies sont utilisées : mesures de terrain, modélisations et analyses de cycle de vie, observations via des caméras, radars et autres systèmes disposés sur les parcours expérimentaux et à l'intérieur des véhicules de test, données véhicules, entretiens et questionnaires. L'analyse de ces données donnera lieu à l'identification des freins et des leviers pour l'introduction optimale de cette nouvelle mobilité dans un écosystème déjà existant et bien ancré.



Tracé de l'expérimentation Keolis, campus de Beaulieu (Rennes), 2019/2020

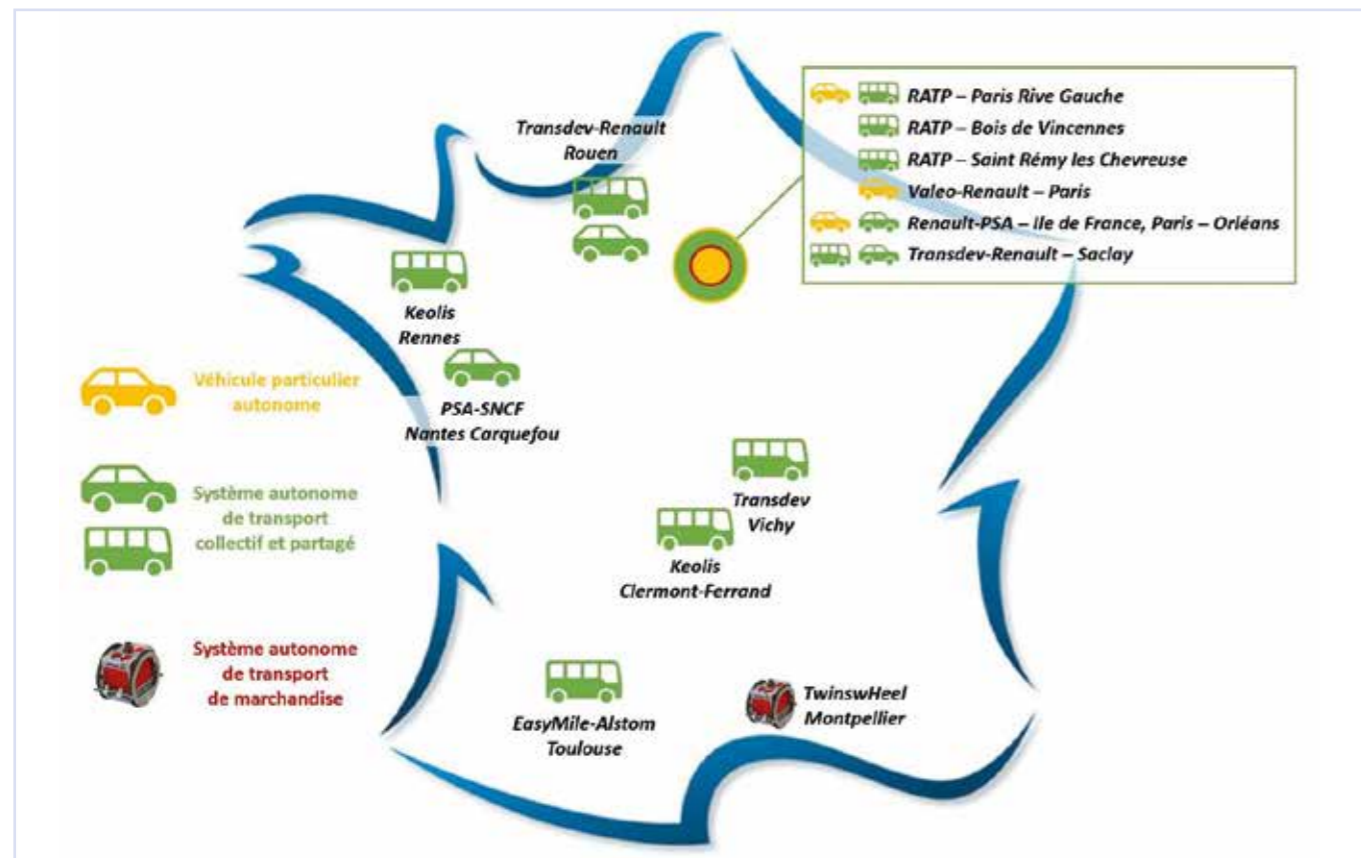
Évaluation à l'échelle du service ou de la zone d'étude

L'utilisation du VA, sans conducteur, au sein d'un service de mobilité modifie le fonctionnement technique et les coûts du système véhicule/infrastructure/supervision conventionnel. On s'interroge alors sur ses conséquences pour les usagers, les collectivités et les territoires, à savoir :

- la fréquentation du service qui dépendra de sa performance technique et économique (vitesse, temps d'attente, prix, etc.) ;
- l'impact sur la fréquentation et le temps de parcours des autres modes de transport ;
- le bilan environnemental des impacts produits et évités par la mise en place du service (qualité de l'air, bruit, impacts indirects sur l'ensemble du cycle de vie), en intégrant les effets du service sur le territoire : ses conséquences sur le trafic routier, la motorisation des ménages, le report modal ;
- le bilan coûts-bénéfices pour la collectivité, incluant les usagers des transports (gains de temps, qualité de service, accidentologie), l'opérateur (coûts d'investissement, d'exploitation et recettes), la puissance publique (financement des infrastructures, subventions) et l'environnement (monétarisation du bilan environnemental).

Pour cela sont mises en œuvre des méthodes de simulation et d'évaluation s'appuyant sur des scénarios de mise à l'échelle des services expérimentés ainsi que des enquêtes de

1. Expérimentation du véhicule routier autonome, financé par l'ADEME



Carte des expérimentations de véhicule autonome dans le cadre du projet SAM.

terrain. Ces évaluations permettront d'analyser et d'évaluer la pertinence des services de mobilité autonome sur différents territoires et contextes multimodaux.

Effets sur la gouvernance globale des systèmes de mobilité

L'introduction du VA dans les systèmes de mobilité pose des questions à la fois en matière de gouvernance et de modèles d'affaires des services de mobilité autonome.

— L'évaluation de la gouvernance du VA s'attache à comprendre le processus d'action publique qui porte le VA à deux échelles :

- à l'échelle nationale, l'approche proposée vise à interpréter les relations entre les acteurs publics et privés et leurs stratégies, pour comprendre comment leurs logiques d'action vont définir et orienter la politique française du VA,
- à l'échelle locale, c'est la façon dont les expérimentations de VA s'inscrivent dans des projets de territoire, à travers l'analyse des coalitions d'acteurs, de leurs représentations, de leur potentiel d'action et de leurs compétences qui est étudiée. Cette évaluation s'appuie à la fois sur le territoire réel, par le biais de parcours commentés et de cartographies, et sur le recueil et l'analyse des expériences d'acteurs. En construisant des outils de compréhension sur les problématiques spatiales et organisationnelles en jeu dans l'établissement de partenariats entre acteurs, cette méthode permet d'identifier les freins à la mise en œuvre d'un service de mobilité autonome mature sur le territoire, et d'établir

concrètement les conditions d'aménagement nécessaires à son inscription dans l'espace public.

- L'évaluation des modèles d'affaires cherche à définir les potentiels nouveaux services qui pourront découler des expérimentations de VA. À travers des entretiens avec les parties prenantes du service et des diagnostics approfondis des expérimentations, les évaluations cherchent, d'une part, à identifier le système d'acteurs complexe qui va porter chaque service de mobilité autonome et, d'autre part, le modèle économique et financier qui en découlera dans l'hypothèse d'une répliquabilité ou d'un passage à l'échelle.

Conclusion

Les résultats des évaluations des expérimentations de service et de systèmes autonomes dans le cadre du projet SAM ont vocation à nourrir un bien commun concernant la pertinence de ces services dans un contexte technologique, sociétal et économique donné. Leur finalité est d'alimenter la réflexion publique sur le futur de ces innovations technologiques. La consolidation de cette base de connaissance doit donc être appréhendée comme un processus d'évaluation itératif au-delà du projet SAM. Il intègre les progrès techniques, la familiarisation croissante des publics avec ces nouveaux systèmes de transport, l'évolution du contexte socio-économique environnant, et les décisions prises par les acteurs territoriaux. Dans ce cadre, le projet SAM fournit un socle méthodologique et des outils réexploitables pour continuer d'enrichir cette base de connaissances. /

3

L'AUTOPARTAGE : UNE RÉPONSE AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX DES VILLES ET DES ENTREPRISES



L'autopartage est perçu comme une solution pratique et efficace pour décongestionner le trafic routier, optimiser le budget mobilité et surtout améliorer la qualité de l'air dans les villes. Il permet de passer d'une économie de la propriété à celle de l'usage et des services et d'opter pour une mobilité multimodale. Quels sont les différents types d'autopartage ? Quels sont les facteurs clés de son succès ?



Anne-Lise Castel,
directrice Déploiement des services de Mobilités, Mobilize (Groupe Renault)
[linkedin.com/in/anneli%E2%9A%A1%E2%80%8F-castel-04506678](https://www.linkedin.com/in/anneli%E2%9A%A1%E2%80%8F-castel-04506678)



Pollution de l'air, congestion et stationnement dans les villes

Le bilan de la qualité de l'air en France de 2019¹ montre qu'elle s'améliore. Entre 2000 et 2019, les émissions polluantes sont deux fois moins importantes. Cette réduction est nécessaire et doit persister. Pour enrayer l'augmentation de la pollution de l'air, plusieurs grandes villes ont dessiné des zones à faibles émissions (ZFE) grâce aux systèmes de vignette Crit'Air pour tous les véhicules.

Parallèlement, les villes font face à des problèmes de congestion. Selon l'étude Traffic Index de 2019², les automobilistes franciliens passent en moyenne 163 heures par an dans les embouteillages. Paris est la première ville congestionnée de France, suivie par Marseille. Une congestion qui n'est pas sans conséquences, car elle augmente les émissions polluantes. Le stationnement est également une préoccupation pour les villes. À Paris, la place du véhicule individuel dans l'es-

« Les automobilistes franciliens passent en moyenne 163 heures par an dans les embouteillages. Paris est la première ville congestionnée de France, suivie par Marseille. »

15 000

VÉHICULES ÉLECTRIQUES

sont disponibles en autopartage en Europe.

pace public est de 50 %³ alors qu'il n'est utilisé que pour 13 % des déplacements. Une partie des places pourrait évoluer vers d'autres usages : le stationnement des vélos, motos et scooters ou encore l'implantation de stations de véhicules partagés. L'objectif est de mieux partager l'espace public.

L'autopartage de véhicules 100 % électriques est une réponse concrète et efficace à ces enjeux environnementaux. Cette solution de mobilité contribue en effet à améliorer la qualité de l'air et favorise une mobilité plus fluide avec un nombre réduit de véhicules en circulation (1 voiture en autopartage remplace 5 voitures personnelles)⁴.

Aujourd'hui, 15 000 véhicules électriques sont disponibles en autopartage en Europe et on estime que ce nombre sera multiplié par 10 environ d'ici à 2025. L'urbanisation croissante et l'émergence de l'économie du partage (passage de la propriété vers l'usage) devraient accélérer l'adoption de cette nouvelle forme de mobilité partagée.

L'autopartage : qu'est-ce que c'est ?

L'autopartage est défini par le Code des transports comme « la mise en commun d'un véhicule ou d'une flotte de véhicules de transport terrestre à moteur au profit d'utilisateurs abonnés ou habilités par l'organisme ou la personne gestionnaire des véhicules. Chaque abonné ou utilisateur habilité peut accéder à un véhicule sans conducteur pour le trajet de son choix et pour une durée limitée. »⁵ Les services d'autopartage peuvent être proposés par des constructeurs automobiles, tel que le groupe Renault via son entité Mobilize avec ZITY by Mobilize et Mobilize Share (anciennement Renault Mobility), des coopératives comme le réseau CITIZ, des entreprises comme E.Leclerc ou encore des collectivités locales.

L'autopartage en free floating (stationnement libre) : ce service permet d'emprunter et restituer un véhicule librement sur n'importe quelle place de stationnement à l'intérieur du périmètre couvert par le service. Le service d'autopartage en libre-service (sans station) ZITY by Mobilize est constitué d'une flotte de véhicules 100 % électriques disponibles 24 h/24 et 7 j/7. L'utilisateur géolocalise via une application smartphone dédiée le véhicule le plus proche de sa position, en prend possession, puis le dépose sur n'importe quelle place publique en surface dans un périmètre donné. Ce service est déployé à Madrid depuis 2017 avec une flotte de 800 véhicules et compte plus de 400 000 clients. En France, le service est disponible à Paris, Boulogne-Billancourt et Clichy) depuis mai 2020 ; et à Issy-les-Moulineaux,

Meudon, Sèvres et Vanves depuis septembre 2021 avec un parc de 500 Renault ZOE et Dacia Spring et à déjà plus de 40 000 clients.

L'autopartage en trace directe ou boucle fermée : c'est un service basé sur un système de stations, l'utilisateur doit déposer le véhicule sur un emplacement dédié au service utilisé. La boucle fermée quant à elle impose de déposer le véhicule à l'emplacement initial. La métropole niçoise a déployé l'autopartage en boucle fermée avec le service Mobilize Share, disponible en libre-service, 7 j/7, 24 h/24 et dès 1 heure de location via l'application. Ce service est déployé à travers le réseau du groupe Renault et dispose d'une flotte de 3 100 véhicules particuliers et utilitaires. Par ailleurs, Mobilize Share met à disposition des entreprises une flotte de véhicules leur permettant de proposer un service d'autopartage à leurs propres clients comme IKEA et Leroy Merlin.



1. Bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2019.
2. Index Paris traffic.
3. Chiffres et informations sur le stationnement à Paris.
4. 5. Autopartage en France, ministère de la Transition écologique (<https://www.ecologie.gouv.fr/autopartage-en-france>)



En quoi l'autopartage contribue-t-il à réduire les émissions ?

Grâce à l'autopartage, la dépendance à la voiture individuelle est réduite, ce qui favorise le report vers d'autres formes de mobilité (vélo, trottinette, bus, train et marche) et permet de réduire la consommation d'énergies et les émissions de polluants. En s'abonnant à un service d'autopartage, l'utilisateur réduit ses émissions de 1,5 tonne de CO₂/an⁶. Par ailleurs, l'autopartage permet de décongestionner le trafic et de libérer l'espace urbain utilisé par le stationnement des véhicules individuels.

« Grâce à l'autopartage, la dépendance à la voiture individuelle est réduite, ce qui favorise le report vers d'autres formes de mobilité. »

Les usages et les profils de l'autopartage en France

D'après le ministère de la Transition écologique, 5 %⁷ des Français ont recours à l'autopartage (2017). L'utilisation moyenne d'une voiture est de 40 minutes pour une distance de 8 km. Selon l'enquête nationale sur l'autopartage réalisée en 2019, ce sont 10 000 à 40 000 km en voiture qui sont évités par un autopartageur sur une année. En France, 70 % des utilisateurs de l'autopartage habitent dans des centres urbains où les services d'autopartage sont déployés. Les utilisateurs sont plutôt jeunes (34 à 38 ans pour le *free floating*) et diplômés.

L'autopartage : un écosystème partagé

La mobilité électrique partagée est un enjeu collectif où chaque partie prenante a son rôle à jouer. La collaboration entre villes, territoires, constructeurs d'automobiles, fournisseurs d'infrastructures de recharge et opérateurs d'autopartage est indispensable pour la mise en place de cette solution de mobilité durable. C'est dans cet esprit qu'un cahier de recommandations, « Véhicules, cycles et engins en *free floating* », a été cosigné par 16 acteurs, dont Mobilize, et publié le 17 février 2021 par le ministère chargé des transports. /

6. 7. Autopartage en France, ministère de la Transition écologique (<https://www.ecologie.gouv.fr/autopartage-en-france>)

4

ENGOUEMENT POUR LE VÉLO : QUELS ENJEUX POUR LES ACTEURS PUBLICS ?



Les fréquentations cyclables sont au beau fixe depuis le premier déconfinement du 11 mai 2020. Le vélo se pose en réponse au besoin d'une mobilité du quotidien plus résiliente et décarbonée. La crise provoquée par l'épidémie de Covid-19 pourrait marquer un point de bascule pour le vélo en France. Volonté commune, financements disponibles, les choses peuvent avancer vite pour faire décoller durablement le vélo.



Stéphanie Mangin,
cheffe de projet observation du vélo, Vélo & Territoires
[linkedin.com/in/stephanie-mangin-0627733](https://www.linkedin.com/in/stephanie-mangin-0627733)

« À chaque grève dans les transports en commun, la fréquentation cyclable dans les grandes villes progresse grâce à l'arrivée de nouveaux cyclistes. »

Le suivi de l'évolution de la pratique du vélo s'apparente à celui de sa part modale parmi l'ensemble des modes de transport. Malheureusement, à ce jour, il n'est pas possible d'avoir un suivi régulier mensuel, voire annuel. L'analyse de la part modale au plan national nécessite des études lourdes et coûteuses qui ne sont mises en œuvre que tous les dix à quinze ans. À défaut de suivre l'évolution de la pratique, c'est donc l'évolution de la fréquentation qui est mesurée, à différents points du territoire. Pour assurer ce suivi, les collectivités (communes, EPCI, départements, régions) installent des dispositifs de comptages automatiques qui permettent de déterminer le nombre de passages de vélos sur chaque point.

Un suivi régulier de la fréquentation du vélo

Vélo & Territoires, avec le soutien de la CIDUV et de l'ADEME, a mis en place en 2013 la Plateforme nationale des fréquentations permettant de collecter et d'agréger les données de comptages des collectivités contributrices. À la fin mars 2020, plus de 900 compteurs étaient partagés par 90 contributeurs. La collecte de ces données permet d'analyser chaque année l'évolution de la fréquentation cyclable au niveau national, par territoire, itinéraire ou type de pratique. Ces analyses font l'objet d'un rapport annuel disponible sur le site Internet de Vélo & Territoires. C'est également grâce à l'ensemble de ces données que Vélo & Territoires, en lien avec le ministère de la Transition écologique, propose, depuis mai 2020, un suivi régulier de la fréquentation vélo, afin d'analyser l'impact de la crise sanitaire et de la mise en place progressive des aménagements cyclables de transition sur la pratique du vélo (Bulletin *Fréquentation vélo & déconfinement*).

La crise sanitaire, quel impact sur l'utilisation du vélo ?

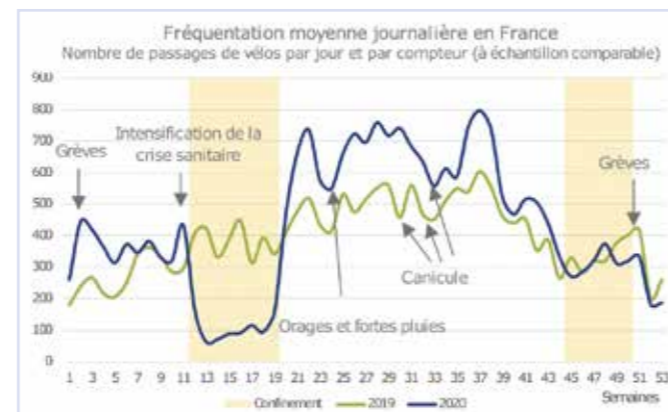
À chaque grève dans les transports en commun, la fréquentation cyclable dans les grandes villes progresse grâce à l'arrivée de nouveaux cyclistes. Même si celle-ci retombe en sortie de la période de grève, elle dépasse son niveau de départ. Qu'en sera-t-il pour la crise sanitaire que nous traversons ? Il est encore trop tôt pour le dire, néanmoins le schéma diffère et laisse penser que l'impact sera plus grand.

En sortie du premier confinement, en mai 2020, l'utilisation du vélo s'est positionnée comme un geste barrière à part entière. Les collectivités ont travaillé d'arrache-pied pour mettre en place très rapidement des aménagements cyclables de transition. L'objectif ? Favoriser la pratique du vélo dès la sortie du confinement et éviter l'engorgement des territoires par les voitures. Résultats ? Fin juin, alors que

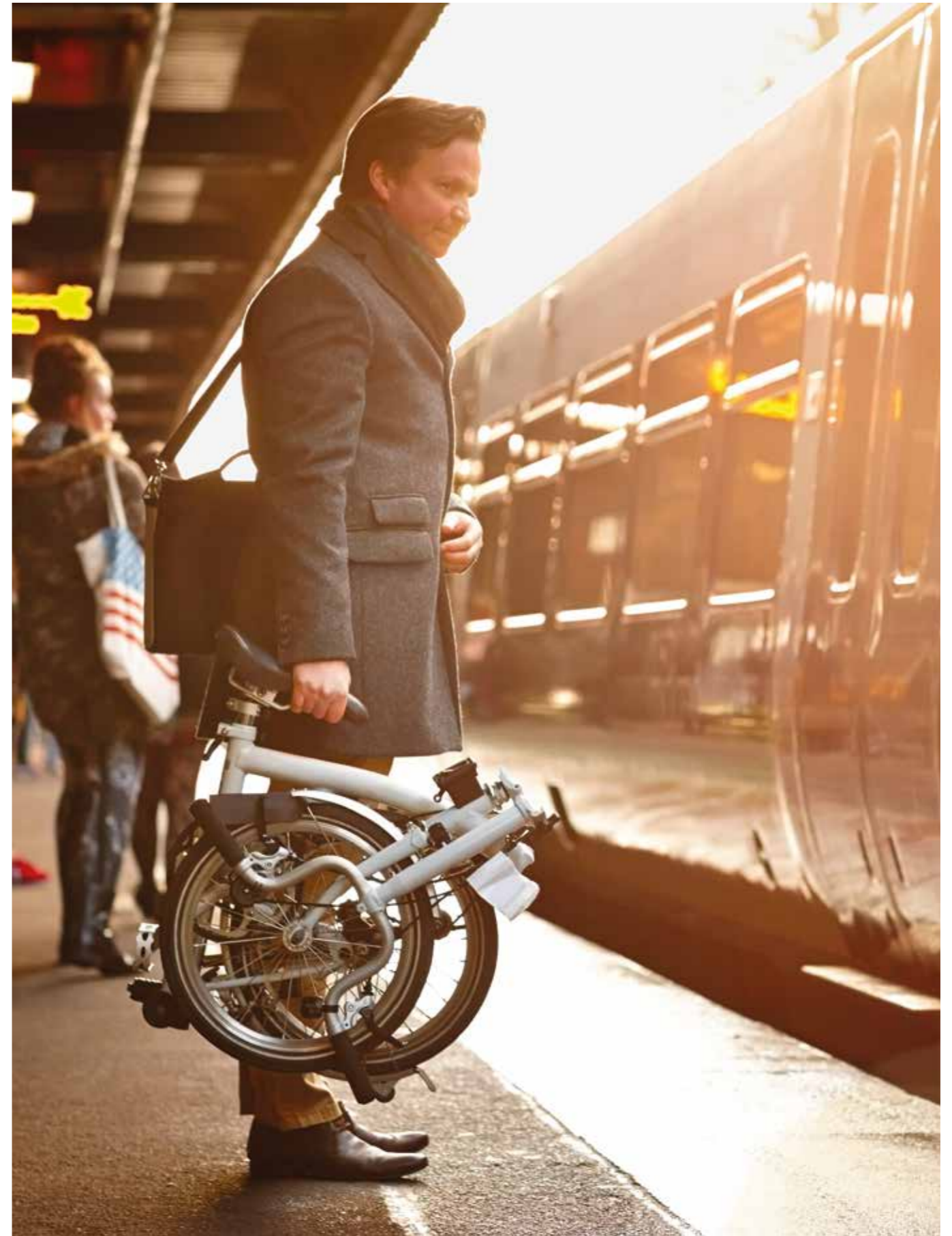
500 km d'aménagement cyclables de transition étaient recensés dans l'outil Carto¹, la fréquentation cyclable du 11 mai au 28 juin enregistrait une progression de 29 % par rapport à la même période de 2019. À la fin décembre, le premier bilan sur l'année, périodes de confinement exclues, reste du même ordre (+ 27 %). Le nombre de passages de vélos comptabilisés sur l'ensemble de l'année est en hausse de 10 %, et ce malgré les confinements ! Des fréquentations records ont été enregistrées, notamment en espace urbain, et de nouvelles habitudes ont fait leur apparition.

En milieu urbain, la pratique a fortement progressé en semaine (+ 29 % de passages sur l'année, périodes de confinement exclues), mais également le week-end (+ 34 %). Le vélo affirme son rôle de mode de déplacement utilitaire et pendulaire. Il offre une nouvelle façon de vivre la ville. Cette progression était encore plus marquée au printemps (+ 57 % sur la période post-confinement à fin juin) et s'est réduite avec l'arrivée d'une météo automnale.

Contrairement à des périodes de grèves, la crise sanitaire a également un impact sur la fréquentation dans les milieux périurbains et ruraux. Ceux-ci ont enregistré de fortes progressions du volume de passages de vélos observés. Périodes de confinement exclues, ces territoires affichent respectivement + 14 % et + 15 % de passages en 2020 par rapport à 2019.



1. Outil cartographique de suivi des aménagements cyclables de transition développé par la Fédération des usagers de la bicyclette : <https://carto.parlons-velo.fr>



200
MILLIONS D'EUROS
supplémentaires pour le
fonds mobilités actives.

« Pour de nombreuses collectivités, leur politique cyclable fait un grand bond en avant en ce temps de crise sanitaire. Les mesures mises en place font parfois gagner cinq ans aux politiques cyclables. »

Autre fait marquant : malgré l'absence des clientèles étrangères, le tourisme à vélo n'a pas manqué sa saison en 2020. Le nombre de vélos comptabilisés sur les dix itinéraires EuroVelo qui traversent la France a progressé de 23 % lors de l'été 2020 (du 6 juillet au 30 août) par rapport à 2019, et de 21 % sur l'ensemble de l'année hors périodes de confinement.

Pour de nombreuses collectivités, leur politique cyclable fait un grand bond en avant en ce temps de crise sanitaire. Les mesures mises en place font parfois gagner cinq ans aux politiques cyclables. Même s'il est encore trop tôt pour montrer le lien direct entre les aménagements installés en accéléré et l'augmentation de la fréquentation cyclable, la crise semble avoir un effet de catalyseur.

Quels leviers pour maintenir l'élan ?

Si l'année 2020 était très singulière et pleine d'incertitudes, elle a fait le plein d'annonces pour inscrire la progression de la pratique du vélo dans la durée. Côté financements, il n'y a jamais eu autant de dispositifs disponibles pour le développement du vélo. Le plan de relance, en lien avec les contrats de plan État-Région, les 200 millions d'euros supplémentaires du fonds mobilités actives, le programme AVELO2 porté par

l'ADEME, le Coup de pouce vélo prolongé jusqu'à fin mars 2021 ou le programme ALVEOLE porté par la FUB et Rozo, les aides à l'achat d'un vélo sont autant d'occasions d'investir massivement dans les infrastructures cyclables et les services permettant de répondre aux besoins des cyclistes. Maillage d'un réseau cyclable continu, jalonné et sécurisé, développement du stationnement sécurisé, embarquement des vélos dans les trains et les cars et création d'un véritable système vélo doivent être au cœur des échanges avec les collectivités pour maintenir cet élan cyclable. /

Pour en savoir plus : Suivi de la fréquentation vélo en 2020
<https://www.velo-territoires.org/observatoires/plateforme-nationale-de-frequentation>



5

QUAND LES ENGINES DE DÉPLACEMENT PERSONNEL TRANSFORMENT LA MOBILITÉ URBAINE



Les engins de déplacement personnel (EDP) viennent bousculer la mobilité urbaine. Qu'il s'agisse de trottinette, de gyroroue, de skateboard, ces modes individuels légers permettent de parcourir quelques kilomètres et éventuellement de pratiquer l'intermodalité. L'objectif de cet article est de faire un point sur la connaissance actuelle des pratiques de micromobilité et d'estimer l'impact à terme du développement de ces « nouveaux » modes.



Mathieu Rabaud,
directeur de projets Connaissance et Analyse de la Mobilité, Cerema
[linkedin.com/in/mathieu-rabaud-053394173](https://www.linkedin.com/in/mathieu-rabaud-053394173)



Cyprien Richer,
chargé de recherche Géographie, urbanisme et mobilités, Cerema
[linkedin.com/in/cyprien-richier-a65553162](https://www.linkedin.com/in/cyprien-richier-a65553162)

51 %

DES UTILISATEURS DE TROTTINETTES sont des habitants des villes centres.

La ville du futur sera nécessairement multimodale. La vision binaire du report modal « de la voiture aux transports collectifs » semble avoir fait son temps à mesure que la diversité modale s'accroît par hybridation, (ré)invention, innovation (servicielle plus que technique) comme l'observe le prospectiviste Georges Amar¹. Ainsi, les politiques publiques se penchent plus activement sur le « cocktail » de mobilité pour trouver des alternatives à l'autosolisme². Cependant, la connaissance de certaines pratiques de déplacement comme celles liées aux engins de déplacement personnel (EDP) est encore très limitée³. Quelles mobilités génèrent-ils ou remplacent-ils ? Est-ce un effet de mode ou le début d'un véritable bouleversement⁴ ?

EDP, micromobilité, de quoi parle-t-on ?

Motorisé ou non, le décret du 23 octobre 2019 définit un EDP comme « un véhicule sans place assise, conçu et construit pour le déplacement d'une seule personne et dépourvu de tout aménagement destiné au transport de marchandises, équipé d'un moteur non thermique ou d'une assistance non thermique et dont la vitesse maximale par construction est supérieure à 6 km/h et ne dépasse pas 25 km/h ». Pour désigner les trottinettes, gyroroues, overboards, skateboards, les professionnels utilisent le terme de micromobilité⁵.

Nous proposons une classification, en croisant deux dimensions essentielles de ces engins : le poids et la vitesse (figure 1). L'enjeu est aussi de replacer ces modes « nouveaux » par rapport à la diversité des cycles.

- Concernant le poids, nous pouvons distinguer les modes facilement embarquables (moins de 15 kg) et ceux plus difficiles à embarquer.
- Concernant la vitesse, on retiendra le seuil réglementaire de 25 km/h pour les engins motorisés, sachant qu'il est techniquement possible de le dépasser.

Nous nous focalisons sur les modes dont le poids du véhicule est inférieur à 40 kg et dont la vitesse maximale est inférieure à 25 km/h. Ces engins présentent plusieurs caractéristiques :

- individuels, ils permettent des déplacements de porte à porte sans contrainte horaire ;
- privés ou partagés, c'est un marché qui est en plein développement⁶, à travers différentes formes de commercialisation ou de services ;
- légers, ils sont « embarquables » dans les transports collectifs ou dans une voiture et peuvent ainsi être utilisés en pré et/ou post-acheminement dans une chaîne de déplacements ;
- souvent motorisés, ils sont en capacité d'augmenter la vitesse des métriques piétonnes.

Les enquêtes mobilité certifiées Cerema pour caractériser les micromobilités

En exploitant une quarantaine d'enquêtes mobilité certifiées Cerema (EMC²) réalisées sur la période 2015-2019, nous recensons 364 utilisateurs d'engins de déplacements personnalisés de plus de 15 ans et 904 trajets. Nous avons décidé

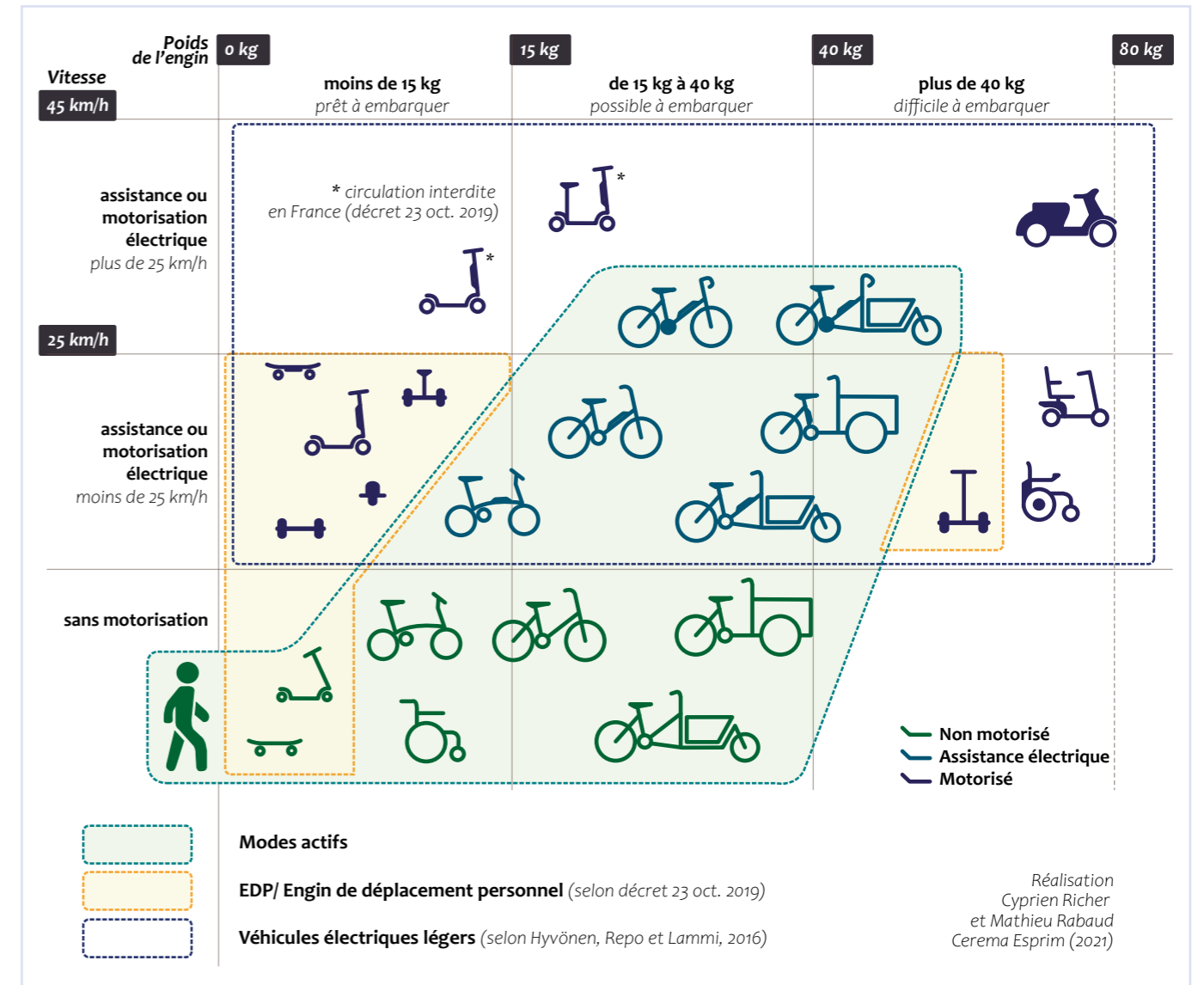


Figure 1 : périmètre de la micromobilité



d'exclure les moins de 15 ans de nos analyses, afin de nous concentrer sur les déplacements « utilitaires ». Un utilisateur est une personne ayant utilisé au moins une fois le mode considéré au cours d'une période de 24 heures. Notons que dans ces enquêtes, nous considérons le mode « rollers, skate, trottinette » sans savoir s'il s'agit vraiment d'EDP et s'ils sont motorisés ou non. En revanche, il n'y a pas de trajets réalisés en *free floating* ; dans nos données, il s'agit donc exclusivement d'engins privés et vraisemblablement très majoritairement de trottinettes. Cet échantillon restreint permet une première analyse des caractéristiques des mobilités « EDP ».

Nous mettons en perspective les EDP avec la marche, le vélo personnel et le vélo en libre-service (VLS). Cette analyse permet d'avancer trois grands types de résultats sur le profil sociodémographique des utilisateurs, sur les caractéristiques des trajets et sur les déplacements intermodaux.

1. *Homo mobilis, le nouvel âge de la mobilité*, Paris, FP Éditions, 2016.
 2. L'autosolisme consiste en l'utilisation d'une voiture particulière par le seul conducteur, sans passager.
 3. Signalons les travaux de 6t sur les services de trottinettes électriques en *free floating* en France (2019) <https://6-t.co/trottinettes-freefloating/> ou le projet de recherche ANR « URFé » (aménagement de l'espace urbain et mobilités à faible impact environnemental) qui a débuté en 2021 <https://lma.univ-gustave-eiffel.fr/institut/ts2/laboratoires/lma-ifsttar/contrats-et-projets-de-recherche-en-cours/projet-urf>
 4. Voir les travaux de 15 marches, notamment le « Manifeste pour les micromobilités » <https://15marches.fr/non-classe/manifeste-pour-les-micromobilités>
 5. Cf. Fédération des professionnels de la micromobilité <https://fpm.fr>
 6. La Fédération des professionnels de la micromobilité annonce qu'il s'est vendu 640 000 trottinettes électriques en 2020. Un chiffre qui dépasse les ventes de vélos à assistance électrique (VAE), pourtant également en croissance (514 000 VAE vendus en France en 2020). Le marché potentiel de ces modes et plus largement de l'ensemble de la « micromobilité » est estimé par le cabinet de conseil McKinsey & Company à au moins 100 milliards de dollars en Europe en 2030 (plus de 300 milliards de dollars au niveau mondial).
 7. Il serait intéressant dans des travaux complémentaires de pouvoir distinguer les EDP motorisés ou non sur la question de la portée des trajets.





	% Femmes	Distance moyenne	% déplacements intermodaux	Mode principal associé aux déplacements intermodaux	Possession d'un abonnement TCU
 Marche	56%	740 m			
 Vélo privé	31%	2460 m	5%	Vélo+Train 57%	18%
 Vélo libre-service	36%	1770 m	18%	VLS+TCU 42%	45%
 Trottinette privée	37%	1560 m	28%	EDP+TCU 49%	44%

Figure 2 : quelques caractéristiques des modes individuels légers (source : EMC² Cerema)

« La micromobilité est donc un enjeu pour toute la chaîne de la mobilité urbaine. »

Les EDP, modes « intermédiaires » entre marche et vélo

Les EDP, comme le vélo et les VLS, sont beaucoup utilisés pour les déplacements vers les lieux de travail ou d'études (24 à 30 % des déplacements), davantage que la moyenne (19 %, tous modes de déplacements confondus). La portée médiane des trajets est légèrement inférieure au vélo (1 km pour la trottinette contre 1,4 km pour le vélo privé et partagé) mais bien plus élevée qu'à pied (580 m). Via le 85^e centile, on note une propension à faire de longs trajets moins élevés en EDP (85 % des trajets EDP font moins de 2,4 km) qu'en VLS (2,7 km) et surtout qu'à vélo (3,6 km). Ces résultats confirment l'intuition que la portée des trajets en trottinette se positionne entre la marche et le vélo⁷.

La trottinette, un mode très intermodal

Les résultats portent à croire que le potentiel intermodal de la micromobilité est important. On dénombre une proportion très élevée de déplacements intermodaux lorsqu'il y a un trajet en trottinette : ainsi 28 % des déplacements comportant de la trottinette sont intermodaux contre 18 % pour les VLS, 5 % pour les vélos privés et 3 % pour l'ensemble des déplacements. Le vélo est surtout associé au train (57 % pour les intermodalités vélo-train contre 17 % pour vélo-TC urbains) tandis que les VLS (42 %) et trottinette (49 %) se combinent essentiellement avec les transports collectifs urbains ; une donnée à rapprocher de la proportion d'abonnés aux réseaux de transports urbains plus importante chez les usagers du VLS et de la trottinette.

La micromobilité composante clé du système de mobilité urbaine ?

Ces analyses de la mobilité EDP laissent entrevoir un potentiel intermodal très élevé. Si elle apparaît proche des VLS, il n'en demeure pas moins que la trottinette évite un inconvénient

majeur : le temps de marche pour rejoindre une station, estimé à près de cinq minutes en moyenne. Ainsi, la trottinette personnelle a des caractéristiques proches des modes en libre-service avec une spécificité « porte-à-porte » comme le vélo personnel (disponibilité immédiate).

Les EDP disposent ainsi d'un réel potentiel pour augmenter la portée de rabattement (distance x2, vitesse x3 par rapport à la marche) grâce à sa facilité d'embarquement. La micromobilité est donc un enjeu pour toute la chaîne de la mobilité urbaine : elle ouvre la perspective de redéfinir l'organisation des transports collectifs avec des aires de chalandise plus larges et elle apparaît comme une solution d'accompagnement de mesures visant à diminuer notre dépendance à l'automobile. Certes, les EDP électriques ne sont pas des modes actifs et de ce fait apportent moins de bénéfices en termes de santé. Cependant, s'ils permettent de réduire l'usage de l'automobile, alors il peut s'agir d'un levier complémentaire pour les politiques publiques. ▮

Le profil sociodémographique des utilisateurs d'EDP

Les usagers de la trottinette, à l'image de ceux qui utilisent le vélo, sont à plus de 60 % des hommes. Parmi les modes étudiés, ce sont aussi les plus jeunes avec 41 % d'usagers entre 15 et 25 ans, dans des proportions similaires aux usagers de VLS, contre 27 % pour le vélo et 23 % en moyenne dans la population considérée. Autre indicateur sur les utilisateurs de trottinettes : ils sont principalement habitants des villes centres (51 %), mais moins que pour les VLS (64 %). Les usagers des EDP et du VLS sont davantage abonnés aux transports collectifs urbains (45 %) que la moyenne des habitants (22 %), à l'inverse des usagers du vélo (18 %). Les caractéristiques des utilisateurs de trottinettes ont un profil très proche de ceux qui empruntent un VLS : de jeunes hommes, urbains et abonnés TC, ce qui laisse entrevoir un comportement très multimodal.

6

LÉMAN EXPRESS : UN NOUVEAU SERVICE FERROVIAIRE POUR LE GRAND GENÈVE



Opérationnel depuis fin 2019, un nouveau service régional ferroviaire cadencé dessert Genève, le Canton de Vaud mais surtout Annemasse et les départements français limitrophes (Ain, Haute-Savoie). Ce service offre une alternative modale crédible pour répondre à la forte demande de mobilité pendulaire des Français travaillant à Genève... et aux dommages environnementaux qui en résultent. Le Léman Express pourra-t-il répondre à ce défi d'une forte croissance des mobilités ? Permettra-t-il de repositionner Genève comme une grande métropole européenne ?



Laurent Guihéry, professeur, CY Cergy Paris Université
[linkedin.com/in/laurent-guihéry-93581a70](https://www.linkedin.com/in/laurent-guihéry-93581a70)

460

MILLIONS D'EUROS

Les Chemins de fer fédéraux suisses (CFF) et la Région Auvergne-Rhône-Alpes ont investi près de 460 millions d'euros dans le matériel roulant.

Genève occupe une position singulière au bord du lac Léman : 110 km de frontière avec la France qui l'entoure, mais seulement 4 km avec le canton de Vaud qui permettent de la rattacher à la Confédération helvétique. Partant de cette configuration particulière, la place de Genève dans l'Europe reste centrale : siège historique de la Société des Nations (SDN), elle reste aujourd'hui un lieu d'échanges diplomatiques, de conventions et accueille encore de nombreuses organisations internationales (OMC, BIT, CERN, HCR...). On évalue le poids de ces organisations internationales à près de 11 % du PIB soit 1 emploi sur 10 environ. Mais qu'en est-il de son ancrage local, de son lien avec les territoires qui l'environnent, de son développement à long terme face à un espace contraint, car la Suisse protège fortement ses espaces ruraux et agricoles ? Et comment gérer les flux pendulaires qui alimentent un dynamisme économique genevois avéré ?

Chaque jour, 630 000 déplacements ont lieu (surtout pendulaires) autour de Genève, entre la France et la Suisse (65 %), mais aussi entre le canton de Vaud et le canton de Genève (35 %). La part modale globale des transports publics aux frontières cantonales est proche de 14 % en 2018. Pour les actifs habitant en France et travaillant dans le canton de Genève, 80 % des déplacements s'effectuent en voiture, 13 % en transport en commun et 7 % en deux roues (2014).

« *L'infrastructure et la mise en service opérationnelle ont été ouvertes au public le jour prévu, sans retard, soit le 15 décembre 2019. Une prouesse de ce point de vue et... une marque de fabrique suisse !* »

Les mobilités en voiture particulière, surtout d'ailleurs caractérisées par l'autosolisme, sont très majoritaires dans une ville qui pendant longtemps s'est donnée à la voiture : ce n'est pas par hasard que Genève accueille à un rythme annuel le grand salon international de l'automobile, qui a fêté son centenaire en 2005. La ville connaît une très forte congestion dans ses différents accès, en particulier pour le passage des frontières, ce qui entraîne des nuisances environnementales et fait de Genève une des villes les plus touchées par la pollution automobile. Aux problèmes de congestion et de nuisances — pollution, bruit, insécurité routière — s'ajoutent des difficultés de stationnement dans un espace public très contraint. Comment sortir de ce cercle vicieux ?

La construction du Grand Genève et un projet ferroviaire phare : le Léman Express

Pour faire face à ces défis, une organisation transnationale a vu le jour : le Grand Genève qui regroupe, selon l'INSEE, 189 communes en France et en Suisse (canton de Genève, communes du canton de Vaud et des départements de l'Ain et de la Haute-Savoie)². Un schéma prospectif d'agglomération a donné un cadre au développement partagé entre tous les territoires. Au centre de ce schéma se place la question des mobilités pendulaires entre France et Genève, car, côté français, cette région d'Auvergne Rhône-Alpes attire une population de plus en plus nombreuse (+ 37 % entre 1990 et 2014, soit un peu plus de trois fois la croissance démographique en

FRANCE	Part modale des transports publics pour les flux transfrontaliers vers Genève
Côté Annemasse	15 %
Côté Ain	8 %
Côté Saint-Julien-en-Genevois	3 %
Côté Chablais	2 %
SUISSE	Part modale des transports publics pour les flux transfrontaliers vers Genève
Canton de Vaud	33 %

Source : annuaire statistique des transports, Office cantonal des transports (OCT), Genève, 2019.



France). Le bassin d'emploi couvre environ un million d'habitants sur plus 2 000 km² : sur ce territoire, un Français sur deux travaille à Genève.

Une réponse à ces défis s'est concrétisée le 15 décembre 2019 avec la mise en service d'un grand réseau ferroviaire métropolitain, le Léman Express. D'emblée, montrons son impact sur les mobilités : Genève-Annemasse en 22 minutes, contre plus de 50 minutes auparavant. Ce projet n'est pas nouveau puisqu'il remonte au XIX^e siècle, avec un barreau manquant entre le réseau ferroviaire français et la Suisse. Ce sont en tout 230 km de lignes ferroviaires en Suisse et en Auvergne-Rhône-Alpes, avec un axe central en tunnel de 16 km, dont 2 km en France débouchant à la gare d'Annemasse qui ont été modernisés, comme les espaces environnants. Un service ferroviaire cadencé s'arrête dans 45 gares en France et en Suisse (dont 4 gares nouvelles souterraines dans Genève), ce qui a permis à la Ville de lancer de nombreux projets d'aménagements urbains et d'habitat, avec un terminus actuel à la gare de Coppet, tout près du château de Germaine de Staël. C'est à ce jour le plus grand réseau ferroviaire transfrontalier d'Europe.

Côté matériels roulants, 40 trains flambant neufs et confortables nous ramènent à la frontière puisque Alstom, côté français, a produit les 17 rames françaises pour 210 millions d'euros et Stadler, côté suisse, a produit les 23 rames suisses. Les Chemins de fer fédéraux suisses (CFF) et la Région Auvergne-Rhône-Alpes ont ainsi investi près de 460 millions d'euros dans le matériel roulant. Le service ferroviaire est cadencé avec une forte fréquence, par exemple au départ d'Annemasse, mais aussi des autres grands pôles du Grand Genève, ce qui pose de redoutables difficultés d'exploitation en cas d'incidents.

L'entrée en service du Léman Express devrait permettre une diminution du trafic motorisé de 12 %, ce qui est énorme. Malgré quelques difficultés d'exploitation dues à des goulots d'étranglement sur le réseau régional SNCF vieillissant et des problèmes de recrutement sous contrainte de pandémie, le Léman Express a trouvé son public, avec 45 000 voyageurs début mars 2020, ce qui est proche de l'objectif fixé à 50 000/jour (Le Dauphiné, juin 2020). Ainsi ce service ferroviaire permet d'abord aux Français titulaires d'un permis frontalier de rejoindre leur lieu de travail en Suisse... même si Annemasse parie sur l'essor du tourisme avec un centre d'accueil et une maison des mobilités bienvenue. Mais que ferait Genève sans ces salariés ? 6 % des employés du centre hospitalier universitaire vaudois sont de nationalité française. La Compagnie générale de navigation sur le lac Léman emploie 20 % de Français dans ses effectifs.

Financement et perspectives

Le financement du Léman Express se fonde sur une convention franco-suisse qui a deux mérites : d'une part, il n'y a pas eu de dépassement de coût par rapport au budget initial. Et plus important encore, l'infrastructure et la mise en service opérationnelle ont été ouvertes au public le jour prévu, sans retard, soit le 15 décembre 2019. Une prouesse de ce point de vue et... une marque de fabrique suisse !

1. Respectivement Organisation mondiale du commerce, Bureau international du travail, Organisation européenne pour la recherche nucléaire, Haut Commissariat des Nations unies pour les réfugiés.
2. Plus précisément : canton de Genève, le district de Nyon et le pôle métropolitain du Genevois français avec les communautés de communes du Pays Bellegardien, du Genevois, de l'Arve et Salève, du Pays Rochois, de Faucigny-Glières, du pays de Gex et les communautés d'agglomération d'Annemasse et de Thonon Agglomération.

« *Le réseau du Léman express n'est qu'une étape pour Genève sur la route d'une reconquête de sa place naturelle comme métropole européenne de premier rang.* »

Précisons tout d'abord que le financement du cœur de l'infrastructure, à savoir la liaison Cornavin-Eaux-Vives-Annemasse (ligne CEVA), a été majoritairement apporté par la Suisse, la France ne prenant à sa charge que les 2,5 km sur son territoire. Ces 2,5 km de CEVA ont coûté 234 millions d'euros (construction de l'ouvrage et restructuration de différentes gares). Le financement vient de différents acteurs : l'État français (45 millions), la Région Auvergne Rhône-Alpes (55 millions), le département de la Haute-Savoie (65 millions), l'agglomération d'Annemasse (11,75 millions) ou encore six communautés de communes ainsi que l'Union européenne (1 million). Côté suisse, le coût du projet s'établit à 1,567 milliard de francs : 44 % sont investis par l'État de Genève et le

reste est à la charge de la Confédération. Ces financements ont évidemment été validés par des votations (un vote référendaire le 29 novembre 2009, très classique dans le fédéralisme suisse, et validé à plus de 61 %).

Les grèves SNCF au début de l'année 2020 ont impacté le service. Ce fut une grande surprise côté suisse de voir des trains supprimés sur l'affichage des correspondances, en gare de Genève-Cornavin : une expérience rare pour les Suisses, peu habitués à des retards ou à des interruptions de service.

Vers des adaptations institutionnelles ?

Et l'avenir ? La nouvelle configuration des mobilités dans le Grand Genève entraîne-t-elle des adaptations institutionnelles, par exemple du côté français ? Certains signes en témoignent : ainsi, au 1^{er} janvier 2019, une fusion de communes importante a été actée entre les communes de Bellegarde-sur-Valserine, Châtillon-en-Michaille et Lancrans qui deviennent Valserhône (16 500 habitants environ). Ces communes appartiennent au Grand Genève et sont distantes de 30 km de Genève et de 15 km de la frontière franco-suisse. La ligne L6 du Léman Express relie en effet Bellegarde et Genève Cornavin. À la mi-décembre 2020, une convention relative à la communauté tarifaire du Léman Express a été signée entre Valserhône — et son réseau de transport Mobi'Vals — et le Léman Express pour une intégration tarifaire transfrontalière plus poussée : les charges d'investissement sont partagées à 50 % entre le canton de Genève et les autorités organisatrices françaises, la part de Valserhône s'élevant à 2,13 %. De même, une répartition des charges de fonctionnement a été validée : Valserhône devra participer à hauteur de 3 300 à 4 748 € par an au dispositif jusqu'en 2024. Le maire de Valserhône observe avec attention cette intégration tarifaire : « Ce qui est intéressant dans ce système, c'est que nous entrons de plus en plus dans cette mutualisation transfrontalière » (Régis Petit, interview *Le Dauphiné*, 17/12/2020). Tout un programme ?

Quelles perspectives à long terme ?

Le réseau du Léman Express n'est qu'une étape pour Genève sur la route d'une reconquête de sa place naturelle comme métropole européenne de premier rang. Une votation en février 2014, à une large majorité, a permis de mettre sur pied un fonds d'investissement ferroviaire (FIAF) qui va permettre de renforcer les synergies du réseau ferroviaire du Grand Genève. Ainsi les prévisions de trafic côté suisse, entre Lausanne et Genève indiquent qu'il pourrait passer de 50 000 voyages par jour en 2010 à près de 100 000 en 2030, ce qui devrait amener un cadencement du Léman Express au quart d'heure et des liaisons vers le canton de Vaud avec un doublement prévu des places assises. La gare de Genève, comme celle de Renens, devrait connaître de larges aménagements, en particulier une extension souterraine pour Genève-Cornavin. Ces perspectives devraient donner matière à réflexion pour Lyon, capitale régionale, mais aussi Annecy, Chambéry et Grenoble pour se positionner dans la nouvelle donne des métropoles européennes. //

7

LE TRAMWAY : UN OUTIL D'AMÉNAGEMENT URBAIN BAS CARBONE



À ce jour, 29 agglomérations sont équipées de tramways, une dizaine de lignes font l'objet de travaux (construction ou prolongement) et une trentaine sont en projet. Si ce transport en commun est de plus en plus plébiscité, réaliser un projet de tramway, ce n'est pas qu'apporter des rails, c'est procéder à une véritable métamorphose urbaine. Constructeur des réseaux de transport urbain en France, Eurovia bénéficie d'une solide expérience sur les tramways.

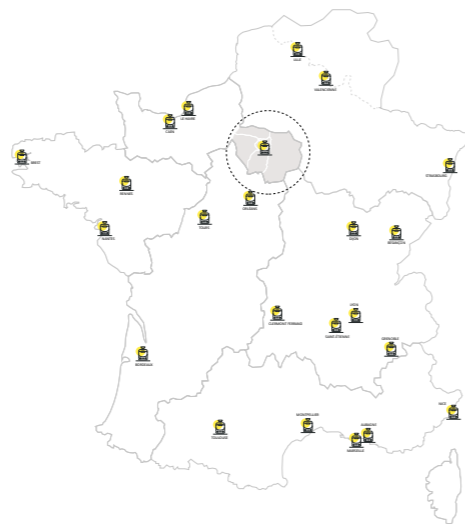


Pierre Monlucq,
directeur marketing stratégique chez Eurovia
[linkedin.com/in/pierre-monlucq-6b446ab8](https://www.linkedin.com/in/pierre-monlucq-6b446ab8)

29

AGGLOMÉRATIONS

en France, sont équipées de tramways.



Tramways sur la construction desquels Eurovia et ETF sont intervenus

Une étude menée par Alstom et Carbone 4 en 2016¹ a démontré la meilleure performance carbone du tramway face aux bus à haut niveau de service (BHNS).

Hors vélo, le tramway est le mode de transport urbain le plus écologique : une seule rame transporte à elle seule autant de passagers que 170 voitures. Et contrairement à la voiture, il permet l'intermodalité, essentielle dans les villes modernes qui ne cessent de s'étendre : là où la voiture nécessite une place de parking, le tramway s'inscrit dans une offre complète permettant de mixer marche, vélo, trottinette et offres de transports en commun. Une offre d'autant plus intéressante pour les usagers qu'un abonnement d'un an revient environ 17 fois moins cher que l'usage d'une voiture².

Aujourd'hui, les projets en France concernent les villes de 50 000 à 200 000 habitants souhaitant une nouvelle ligne de tramway et les agglomérations souhaitant étendre les lignes de tramway existantes.

Trouver le bon partenaire pour accompagner le projet de A à Z est capital.

Eurovia et ETF, 35 ans de tramway

Depuis 1985, Eurovia et ETF, sa filiale ferroviaire, participent à la renaissance et à l'extension des tramways dans les plus grandes villes et conurbations françaises : Paris (et Grand Paris), Aubagne, Besançon, Bordeaux, Brest, Caen, Clermont-Ferrand, Dijon, Grenoble, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Montpellier, Nantes, Nice, Orléans, Rennes, Saint-Étienne, Strasbourg, Toulouse, Tours, Valenciennes. Parmi les chantiers les plus récents et les plus structurants : le T3b (petite couronne nord-est de Paris), le T9 (Paris – Orly) et le T10 (Croix-de-Berny – Clamart) en Île-de-France, ainsi que les tramways de Nice, Caen et Saint-Étienne. Ces contrats démontrent la complémentarité des activités d'Eurovia et sa capacité à proposer une offre globale en matière de solutions de mobilité.

Un aménagement urbain de façade à façade

Réaliser un projet de tramway, ce n'est pas qu'apporter des rails, c'est apporter une véritable métamorphose urbaine. Les collectivités demandent des projets globaux contribuant à rénover la ville. Voies ferrées, chaussées, réseaux, trottoirs, mobilier urbain, espaces verts... c'est tout l'environnement urbain qui est aménagé, harmonisé, embelli.

Des compétences multimétiers

Eurovia propose des solutions techniques et économiques optimisant l'organisation des travaux et minimisant la gêne pour les riverains. Cette large palette de compétences couvre



Tramway réalisé par Eurovia, à Caen



Réalisation d'une plateforme béton en rail bas

les métiers de la voirie, du génie civil ferroviaire, de la caténaire, de la distribution d'énergie et de la signalisation (ferroviaire ou horizontale). Le savoir-faire d'Eurovia englobe la conception du projet jusqu'à la réalisation et la maintenance, couvrant ainsi l'ensemble des étapes de construction et de vie des infrastructures.

En accompagnant ses clients dans la conception et la construction d'un projet urbain adapté, Eurovia vise à optimiser la performance du système de transport choisi via huit domaines d'expertise.



Réalisation Eurovia, à Saint-Étienne

1. Différencier les structures de la voie selon leur situation en ville

Les infrastructures de voies doivent être adaptées aux différentes configurations rencontrées, pour lier le choix de l'infrastructure à son emplacement géographique — hypercentre (plateforme béton flottante en rail bas), centre (plateforme béton en rail bas) ou périphérie (plateforme en voie végétalisée ballast).

La structure réduite a donc moins d'impact sur les réseaux concessionnaires.

2. Recourir à des solutions ingénieuses pour diminuer notre empreinte dans le sol

Deux techniques permettent de limiter sensiblement les coûts et de réduire l'impact des travaux pour les riverains. L'objectif est de limiter le décaissement par l'usage de techniques plus légères et proches des besoins d'exploitation.

Tout d'abord le rail bas. En effet, le rail classique nécessite de libérer en moyenne 60 cm en sous-sol. Le nouveau rail bas, quant à lui, ne demande que 42 cm (à +/- 2 cm selon la position dans la ville). Cette différence est essentielle, car elle évite dans certains cas de réaliser des travaux de dévoisement. Ensuite la multitubulaire, qui permet de faire circuler les câbles au sein du réseau tramway (électricité, télécoms,

etc.). C'est un véritable ouvrage dans les projets de tramway classique. Son véritable besoin peut être si nécessaire réduit à deux fourreaux calés dans le béton de bordure du gabarit limite d'obstacle (GLO), de part et d'autre de la plateforme (quand l'ancien modèle en proposait beaucoup plus).

3. Intégrer la voie au trafic et mieux cohabiter avec les autres moyens de transport

Dans la ville, le tramway traverse des espaces variés : centre-ville très passant avec peu d'espace, périphérie moins urbanisée... Il est logique d'adapter la voirie à l'espace qu'elle parcourt. Grâce à son expertise en matière de voirie, Eurovia conçoit la réalisation du tramway comme un vrai projet urbain. Le tramway est mieux intégré à la cité et le budget de construction optimisé pour plus d'agrément.

4. Utiliser des solutions discrètes et intelligentes pour le transport de l'énergie tout au long du tracé

Transporter l'énergie au sein du réseau tramway nécessite une infrastructure particulière. Deux techniques permettent

1. <http://www.carbone4.com/alstom-carbone-4-ont-compare-lempreinte-carbone-tramways-bus-ahaut-niveau-de-service>
2. Source : macop21.fr

d'optimiser les travaux pour minimiser les coûts sans modifier les fonctionnalités.

Tout d'abord les *shelters*. Sur des projets de tramway classique, les sous-stations d'énergie sont volumineuses, lourdes et coûteuses. Mais il existe des sous-stations dites « *shelters* ». Ce sont des containers préfabriqués.

Ensuite, les poteaux caténaires. Eurovia propose de simplifier la construction des poteaux des caténaires en les fixant directement à la voie. Cette technique évite de construire les nombreux massifs de béton nécessaires habituellement sur une seule ligne.

Des économies sont réalisées sur deux aspects. D'abord, la matière première est moins coûteuse, car les massifs béton sont moins volumineux. De plus, l'emprise réduite de ces nouveaux massifs engendre une simplification des travaux.

5. Calibrer la taille du centre de maintenance en fonction des besoins du réseau tramway

Dans une logique d'économie, nous concevons un centre de maintenance aux dimensions adaptées. Ce nouveau modèle condensé joue ni plus ni moins le rôle technique qui le rend indispensable.

Le centre de maintenance regroupe sur sa parcelle les voies d'accès au site et les voies de remisage, une station de lavage et son local technique, une station sable ou station-service, un bâtiment de maintenance, quatre voies de maintenance (une d'accès au toit, une sur fosse, une avec lavage, une avec tour en fosse).

Ce nouveau centre dispose donc de fonctionnalités préservées, pour un foncier nécessaire réduit à 20000 m². C'est un modèle de rationalisation, adapté à tous les réseaux de tramway.

6. Simplifier et rationaliser la signalisation du tramway

Les systèmes de signalisation du tramway nécessitent des systèmes d'information et des constructions complexes. Nous préconisons de les rationaliser en garantissant le même niveau de sécurité et de service.

D'un côté la signalisation routière : elle permet au tramway de circuler en sécurité avec les voitures et les piétons. Elle est réglementée et ne peut être modifiée. La priorité est donnée au tramway au niveau des intersections.

D'un autre côté, la signalisation ferroviaire : les codes de la signalisation ferroviaire assurent un niveau de défaillance de 10-14 incidents par heure. Il existe deux modes de fonctionnement pour la signalisation ferroviaire : le mode normal (appliqué dans la majeure partie des cas) et le mode dégradé. Celui-ci entre en vigueur de façon exceptionnelle, en cas d'incident (panne, etc.) obligeant les trains à manœuvrer de manière inhabituelle à l'approche du dépôt. Afin de réduire les coûts sans risque sur la sécurité, les communications en ligne servant au retournement en mode de service dégradé ne sont pas équipées de signalisation ferroviaire. Ces signalisations sont remplacées par des consignes d'exploitation.

7. Distinguer le choix du matériel roulant du projet urbain

Nous avons conçu des plateformes voie compatibles avec tout matériel roulant (Bombardier, Alstom, CAF, Staedler, etc.), d'écartement standard (UIC de 1,435 m) et de charge à l'essieu courante sur le marché (11 à 13 t).



Tramway à Toulouse

« Plus tôt commence la réflexion commune de conception entre les maîtres d'œuvre et d'ouvrage et le constructeur, meilleure sera l'adaptation possible des infrastructures et donc des modes de transport. »

8. Mettre la conception-construction au service des acteurs de la ville

La conception-construction, c'est l'art et la manière de mener un projet intégré. Pour le constructeur, c'est l'occasion de gérer toutes les interfaces des différents métiers nécessaires à la réalisation du projet de tramway.

C'est optimiser la phase amont, des études d'avant-projet aux études d'exécution. Les infrastructures de transport constituent un patrimoine commun qu'il nous appartient, ensemble, avec nos agences et filiales déployées localement, de pérenniser et de développer.

La conception intégrée du projet vise à optimiser la gestion de toutes les interfaces métier, ce qui favorise la préservation des infrastructures existantes ainsi que la réduction de l'empreinte carbone.

Ainsi, Eurovia propose des projets « clé en main », multidisciplinaires, intégrant les marchés de fourniture, de construction de voies de tramway, mais encore de lignes aériennes de contact — projets qui peuvent être étendus à l'étude, la coordination (ordonnancement-pilotage-coordination), la garantie et la maintenance.

Plus tôt commence la réflexion commune de conception entre les maîtres d'œuvre et d'ouvrage et le constructeur, meilleure sera l'adaptation possible des infrastructures et donc des modes de transport. //

8

SUPRAWAYS : LE TRANSPORT AÉRIEN DU FUTUR CONTRE L'ENGORGEMENT EN VILLE



Les villes et agglomérations croissent inexorablement et atteignent tous les ans des records de congestion et de pollution. Le manque d'espace est de plus en plus prégnant et complexifie l'organisation de la mobilité urbaine, essentiellement déployée au niveau du sol. En conséquence, les coûts augmentent et les conflits d'usage se multiplient. L'exploitation des couloirs aériens urbains (routiers, ferroviaires ou fluviaux), avec une offre de transport durable et à haut niveau de service, garantirait à l'utilisateur fluidité et vitesse, tout en permettant à la ville de réorganiser et d'optimiser son espace. Supraways a cette ambition de faire circuler des véhicules électriques, autonomes et partagés au-dessus de l'espace public.



Claude Escala
président fondateur de Supraways
[linkedin.com/in/claude-escala-66268411](https://www.linkedin.com/in/claude-escala-66268411)



Les Supras, cabines autonomes de sept à neuf places circulent sous une infrastructure discrète, composée d'un rail de guidage supporté par des piliers. Se déplaçant en toute sécurité au-dessus de l'espace urbain, les Supras sont libérés du trafic et de la congestion. Ils peuvent entrer et sortir du réseau sans gêner les autres véhicules grâce à la construction de stations en dérivation, permettant aux passagers d'aller d'un point A à un point B sans arrêt intermédiaire. Le réseau Supraways vient en complément des modes de transports en commun existants. Maillant le territoire, il offre un moyen de rabattement et de connexion ultra-efficace vers les transports en commun lourds (métro, tramway, etc.), les aéroports ou les gares. Grâce à leur vitesse de déplacement, les Supras offrent une alternative très compétitive à la voiture et Supraways propose aux métropoles de construire des parcs relais aux abords de la ville et de les connecter au réseau urbain Supraways pour former un vrai rempart à la voiture.

La solution innovante Supraways offre la possibilité de négocier des pentes de plus de 15 % et des courbes, atouts considérables pour l'insérer dans des corridors publics existants. Les villes peuvent ainsi optimiser le foncier, éviter les expropriations et les survols. Les stations relient les quartiers, les gares et parkings et forment des centres d'intermodalité. Des bornes de vélos, trottinettes en libre-service ou navettes autonomes peuvent être organisées dans la continuité pour desservir les quartiers.

La capacité de transport d'un réseau Supraways dépasse celle des bus, des téléphériques ou des tramways, grâce à un espace intervéhiculaire très court (quelques secondes) et à la vitesse moyenne de 50 km/h. Ces performances reposent en partie sur le développement d'un système de mobilité spécifique breveté, qui comprend une suspension intelligente et un système de guidage embarqué.

La solution de transport public aérien Supraways représente une alternative efficace et massive à la voiture. Elle restitue l'espace aux citadins, aux cyclistes, aux piétons et aux commerçants.

Remettre l'utilisateur au centre des transports

L'offre de service Supraways correspond aux attentes des usagers du XXI^e siècle en termes de confort, de sécurité, d'ergonomie et d'expérience. Pour pouvoir voyager dans le réseau, l'utilisateur doit détenir un titre de transport virtuel. Via l'application et depuis son smartphone, il reste connecté en temps réel au système et bénéficie d'informations, d'aide et de services divers. Dans la station de départ, le voyageur indique sa destination via des écrans ou sur son application, est dirigé vers un quai où l'attend une cabine en partance pour

la station de son choix. Il doit juste détenir un titre de transport valide, prendre place, s'asseoir et s'attacher, conditions *sine qua non* pour le départ du Supras. Simple, sans horaires, sûr et confortable.

Dans un système Supraways, une personne ou un groupe a la possibilité de privatiser un véhicule, comme pour un taxi, moyennant un coût majoré. Il s'agit là d'un nouvel usage qui garantit l'attractivité du service et améliore la rentabilité pour l'exploitant.

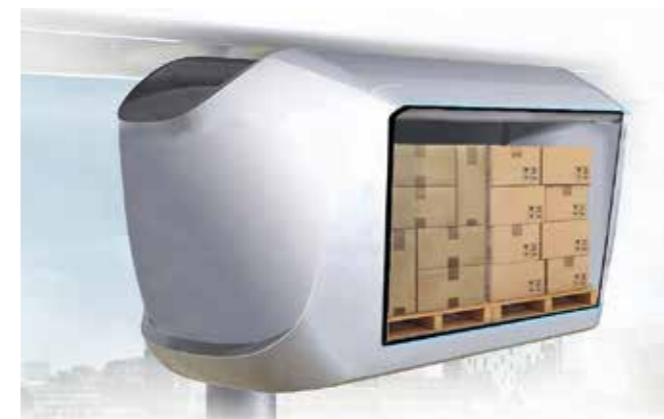
Enfin, une attention particulière a été portée à l'accessibilité des personnes à mobilité réduite, chaque Supras disposant d'une place dédiée pour les fauteuils roulants.

Un modèle économique compétitif

Malgré l'augmentation de la fréquentation, le coût des transports en commun est de moins en moins supporté par les usagers. Cette tendance oblige les collectivités à accroître leur participation afin d'assurer l'équilibre financier des opérateurs de transport collectif urbain (CGDD, 2018).

Avec des coûts d'investissement inférieurs à ceux d'un tramway ou d'un téléphérique, de l'ordre de 8 à 12 millions €/km, ce système s'inscrit dans ce contexte de raréfaction des financements. Par ailleurs, Supraways envisage d'atteindre la compétitivité de son système, notamment par la réduction des coûts d'exploitation et la diversification de son modèle de revenus. En effet, cette solution ne nécessite pas de conducteurs, lesquels représentent plus de 50 % des coûts d'exploitation des transports collectifs (2/3 pour les

« Supraways propose aux métropoles de construire des parcs relais aux abords de la ville et de les connecter au réseau urbain Supraways pour former un vrai rempart à la voiture. »



économique du démonstrateur, les gains de temps colossaux représentant un atout majeur pour l'attractivité du territoire. La fréquentation a été estimée à près de 6 millions d'utilisateurs par an. Dynamisant l'ensemble des transports collectifs, ce démonstrateur supprimera autant de voyages en voiture chaque année, ce qui représente des centaines de tonnes de CO₂ évitées, des places de parkings en moins et une baisse de l'accidentologie et des nuisances sonores.

Les Supras sont des véhicules électriques partagés pilotés par un système de contrôle commande. Chaque courbe est parfaitement négociée ce qui induit une écoconduite quasi parfaite pour le confort des passagers et pour les émissions de CO₂. De fait, ils émettront moins de CO₂ que les dernières voitures électriques : entre 0,6 et 3,5 g de CO₂/passager/km en fonction du type d'énergie consommée (contre 20 g CO₂/km pour la voiture électrique).

bus). De plus, il est prévu de ne pas limiter le modèle d'affaires aux seuls usagers : l'infrastructure pourra être mise à disposition d'entreprises ou de collectivités utilisant des véhicules adaptés pour le transport logistique. Il suffira alors de relier le réseau à des hubs ou plateformes logistiques, des zones cargos ou autres pôles de transit de marchandises comme les ports, les gares et les aéroports.

Un transport écologique et décarboné

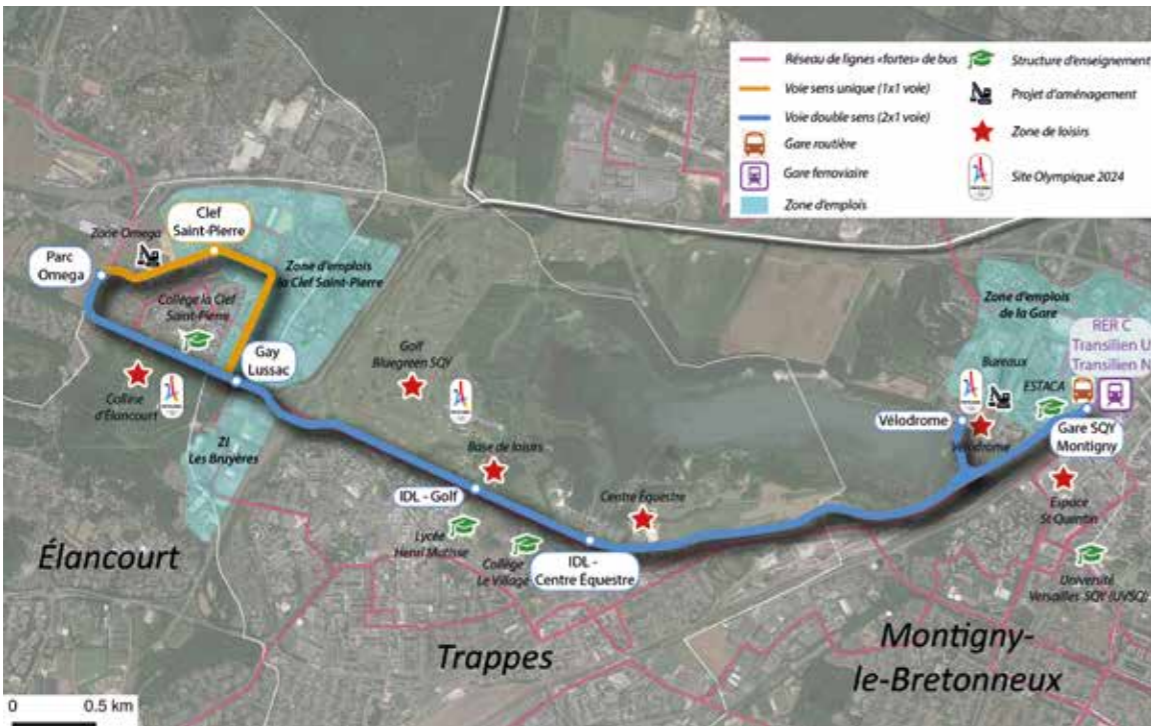
En proposant un mode de transport fiable, confortable, rapide et à la demande, la technologie Supraways offrira un service attractif aux usagers, conduisant certains à abandonner leur voiture au profit d'un Supras. L'étude de Saint-Quentin-en-Yvelines a par exemple mis en évidence l'intérêt

De plus, avec ses auvents solaires, le réseau produira une partie de l'énergie qu'il consomme pour fonctionner, avec l'utilisation de batteries recyclées pour le stockage. Par ailleurs, par son caractère aérien, cette technologie vise à diminuer les ruptures des corridors écologiques des territoires, réduisant ainsi son impact sur la biodiversité.

Les prochaines étapes

Supraways a clôturé l'année 2020 par une levée de fonds et démarre 2021 sous les meilleurs auspices avec une structure renforcée et des objectifs ambitieux :

— en 2020, un premier dossier a été conclu avec le Groupe CNIM, groupe industriel français intervenant dans les



Une première expérimentation a été étudiée à Saint-Quentin-en-Yvelines

Plusieurs territoires français s'intéressent à cette solution durable : des études ont déjà été menées sur l'axe franco-luxembourgeois, en région parisienne, en région lyonnaise, en Suisse ou encore à la Réunion, et des discussions sont en cours avec d'autres métropoles françaises et étrangères. Mais c'est surtout dans le département des Yvelines (78) que Supraways a fait une percée. Portée par une forte volonté d'innover et de poursuivre son développement économique, mais handicapée par une congestion automobile croissante, l'agglomération de Saint-Quentin-en-Yvelines espère accueillir la première expérimentation mondiale d'un système Supraways, dès lors que la technologie sera prête. Le site pilote reliera le REC C à la zone industrielle d'Élancourt, soit 19 grands comptes, 30 000 emplois et 45 000 habitants.

« En proposant un mode de transport fiable, confortable, rapide et à la demande, la technologie Supraways offrira un service attractif aux usagers. »

- secteurs des hautes technologies, pour valider la faisabilité technique et industrielle du brevet Supraways relatif à l'autoguidage sécurisé des véhicules ;
- en 2021, formalisation de son dossier de sécurité de fonctionnement, avec l'appui de la société Clearys ;
- en 2021, conclusion d'un accord avec l'entreprise BERARD SAS pour la construction des cabines et négociation de partenariats avec différents acteurs des industries automobile et ferroviaire, dans une logique de codéveloppement, visant à bénéficier des meilleures expertises et avancées technologiques ;
- publication des résultats de travaux de recherche lancés en juillet 2017 (thèse CIFRE) sur la réglementation relative au régime juridique, réglementaire et normatif pour le transport de passagers et de marchandises dans l'espace aérien urbain. M. Ojevan, employé de Supraways conclut qu'il n'y a aucun point de blocage juridique ou réglementaire pour implanter ce système de transport dans nos villes ;
- construction d'un prototype à l'échelle en 2022, permettant de mettre au point sa technologie de guidage et d'attirer des partenaires et investisseurs.

Supraways prépare également l'étape d'après, celle de la construction en 2023 d'un centre d'essais pour réaliser des tests d'endurance, de résistance et de comportement des matériels et de l'infrastructure. Plusieurs sites d'accueil ont été repérés dans des territoires dont le département des Yvelines, la région Auvergne Rhône-Alpes, les Hauts de France, qui soutiennent ce système afin de permettre à l'entreprise de mettre au point et d'homologuer sa technologie. De plus en plus de territoires et d'industriels s'intéressent à l'entreprise Supraways, dont l'innovation apparaît comme très prometteuse pour décarboner la mobilité urbaine et lutter efficacement contre la congestion, dès 2025. /

<http://www.supraways.com/>

9

VÉHICULES CONNECTÉS ET AUTONOMES : IMPACT JURIDIQUE ET RECOMMANDATIONS PRATIQUES



En France comme ailleurs, les véhicules les plus polluants sont progressivement interdits à la circulation en faveur de mobilités plus propres. Le véhicule connecté, quant à lui, s'est rapidement imposé et poursuit son évolution en s'insérant dans une ville devenant « intelligente », au service du bien-être et de la santé des usagers. En permettant de nouvelles formes de partage, de collaboration et de gestion de la donnée, le numérique peut être un outil puissant pour modifier positivement les comportements, à la fois dans les modes de production et de consommation, contribuant à une protection accrue de l'environnement et à un développement plus durable.



Agnès Macaire et Cécile Théard-Jallu,
avocats – associées, Société d'avocats De Gaulle Fleurance & Associés
[linkedin.com/in/agnès-macaire-32650926](https://www.linkedin.com/in/agnès-macaire-32650926)
[linkedin.com/in/cécile-théard-jallu-35830a10](https://www.linkedin.com/in/cécile-théard-jallu-35830a10)

Sophie Weill,
avocat – Senior counsel, Société d'avocats De Gaulle Fleurance & Associés
[linkedin.com/in/sophie-weill-8268b9130](https://www.linkedin.com/in/sophie-weill-8268b9130)



Les réglementations foisonnent et pourtant des freins juridiques perdurent. Voici un point d'étape sur une réglementation en mouvement aux niveaux français et international (I) et quelques recommandations juridiques visant à favoriser et à sécuriser le développement des projets (II) dans l'attente de la consolidation du cadre réglementaire.

I. Une réglementation en mouvement en France et à l'international

Le cadre juridique des véhicules connectés et décarbonés est posé et continue d'évoluer

Ces véhicules s'inscrivent dans des modèles juridiques distincts puisque les véhicules plus propres relèvent du cadre réglementaire actuel, alors que les véhicules connectés — et *a fortiori* les véhicules autonomes (VA) — génèrent de nouveaux enjeux juridiques avec des règles encore en gestation. Dans les deux cas, la loi d'orientation des mobilités dite LOM¹ tient une place prépondérante, avec la première inscription dans la loi des objectifs du Plan climat (neutralité carbone des transports terrestres d'ici 2050 et réduction de 37,5 % des émissions de CO₂ d'ici 2030). Surtout, deux de ses dispositions (art. 31 et 32) concernent spécifiquement les véhicules autonomes et connectés et un chapitre entier est consacré à l'ouverture des données.

Au-delà, malgré le retard dû à la crise sanitaire, la LOM¹ ambitionne avant tout de fixer une stratégie pour la période 2019-2037, impliquant l'adoption de **138 mesures d'application, 68 ordonnances et 17 rapports**², dont tous ne sont pas encore

parus à ce jour. Dans ce contexte, le gouvernement fait une priorité pour 2022³ de finaliser le cadre juridique d'un service organisé de transport automatisé de passagers sur parcours ou zone prédéfinis.

Aux niveaux européen et mondial, l'effervescence réglementaire est similaire : le « **paquet Mobilité** »⁴ adopté en 2020 comporte un volet « Mobilité connectée et automatisée »⁵. L'objectif à terme serait l'adoption d'une directive sur les véhicules propres⁶. Des textes de portée plus générale comportent également des avancées notables, à l'instar de la **définition des véhicules autonomes** (dits « entièrement automatisés ») introduite par le règlement européen de sécurité générale (GSR II) du 27 novembre 2019⁷.

« Le principal enjeu des projets impliquant des véhicules décarbonés et connectés est de les insérer efficacement dans leur environnement. »

138

MESURES D'APPLICATION

68 ordonnances et 17 rapports

En matière de VA, plus de 50 pays dont les États membres de l'UE, le Japon et la Corée du Sud, ont adopté le 25 juin 2020 à l'ONU un règlement contraignant incluant la présence obligatoire d'une boîte noire⁸. Il est entré en vigueur en 2021 et bien que les États-Unis ne fassent pas partie du Forum mondial, leurs constructeurs automobiles devront s'y conformer pour vendre leurs véhicules à l'étranger.

La valorisation des projets par la data et l'intelligence artificielle (IA)

Le fonctionnement des VA repose sur la présence de capteurs, de radars et de caméras qui modélisent leur environnement, afin de respecter les règles de circulation, d'éviter les obstacles et de faciliter les trajets. En son cœur figure donc l'**intelligence artificielle**, capable de traiter l'ensemble de ces informations et de décider des manœuvres à effectuer en agissant sur le système de gouvernance des commandes.

Un premier enjeu est celui de la valorisation des actifs de propriété intellectuelle ou assimilés (notamment le retour sur investissement dans la création et l'enrichissement de bases de données) tandis que le marché glisse progressivement vers une valeur ajoutée par le service dans un contexte d'open data nécessité par l'optimisation du fonctionnement des nouvelles mobilités. Cette valeur sera partagée puisqu'elle bénéficiera à la fois aux utilisateurs, aux collectivités et aux industriels⁹.

En application de la LOM, une ordonnance du 14 avril 2021 a précisé (i) les cas dans lesquels les données de mobilité seront accessibles (prévention, observation du trafic, détermination des responsabilités en cas d'accidents) et (ii) les personnes qui pourront y accéder pour chacun de ces cas (gestionnaires d'infrastructures, forces de police, assureurs...). Par ailleurs, l'*open data* implique lui-même un large accès aux **données pertinentes des véhicules** connectés et pose donc la question du traitement des données personnelles qui y figurent. En France et dans l'Union européenne, le **Règlement général européen sur la protection des données personnelles** du 27 avril 2016 (RGPD) donne le ton, agrémenté de la Loi informatique et Libertés n° 78-17 du 6 janvier 1978 modifiée. Parmi d'autres bases légales, le consentement à la collecte des données y est très encadré : il doit être libre, éclairé et spécifique¹⁰, et une série de mesures techniques et organisationnelles doivent être assurées dont la réalisation d'analyse d'impact, notamment en cas de traitement à grande échelle combiné à un croisement de fichiers ou à l'usage de technologie innovante¹¹.

Le RGPD interdit également de prendre une **décision fondée uniquement sur un traitement automatisé des données** dès lors qu'elle affecte significativement une personne physique. Cette pratique n'est autorisée qu'à certaines conditions,

parmi lesquelles l'intervention humaine à permettre dans la prise de décision adossée à un droit d'opposition et autres garanties du RGPD.

L'adoption du cadre juridique relatif aux **données des systèmes d'automatisation** est attendue, avec impatience, pour la fin 2021.

Ceci fait écho aux **débats éthiques en matière d'IA** et à la question de l'autonomie de l'homme et de son contrôle sur la machine. Cette **garantie humaine**, désormais introduite dans le droit français de la santé par la loi bioéthique n° 2021-1017 du 2 août 2021, est également légitime pour les VA et constitue l'un des piliers de la politique européenne de développement de l'IA. Elle est aussi au cœur du partenariat mondial pour l'IA lancé en juin 2020 par la France et le Canada.

Le Parlement européen a adopté **trois résolutions**¹² sur le **développement de l'IA**, indispensable à la valorisation de la donnée : les enjeux éthiques, le lien entre l'IA et la propriété intellectuelle et les questions de responsabilité, le tout menant à une politique industrielle européenne globale sur l'IA et la robotique¹³.

Le 20 janvier 2021, le Parlement complétait ce dispositif par une résolution sur l'usage civil et militaire de l'IA, tandis qu'en avril 2021, la Commission européenne publiait un projet de règlement sur l'IA en classant les IA par niveaux de risques. La France n'est pas en reste avec la publication d'un avis du CNPEN relatif aux véhicules à conduite automatisés¹⁴.

II. Recommandations juridiques pour favoriser et sécuriser le développement des projets de véhicules connectés et décarbonés

Retenir une approche globale pour la structuration des projets

Le principal enjeu des projets impliquant des véhicules décarbonés et connectés est de les insérer efficacement dans leur environnement, par exemple celui de la Smart & Healthy City : réseaux de communication, infrastructures routières et de parking, dispositifs de recharge, fournisseurs de services, plateformes liées à l'usage... De fait, de nombreux acteurs, notamment publics, y seront impliqués, dans une démarche partenariale.

Établir une gouvernance plurale public-privé dans la gestion des projets partenariaux autour de la Smart & Healthy City

Ces **partenariats** seront clés dans les projets de mobilité, comme l'illustre le nouveau territoire d'expérimentation pour les véhicules connectés et autonomes créé sur l'auto-route A63 en octobre 2020. Cette zone d'expérimentation à haut niveau de service (ZEHNS) pour les véhicules communicants, coopératifs et automatisés est pour partie financée par la Région Nouvelle-Aquitaine, et implique l'Université Gustave Eiffel aux côtés de partenaires privés. Nul doute que cette tendance associant une diversité d'acteurs se poursui-

« En amont du projet et tout au long de son évolution, la protection des données personnelles devra nécessairement être intégrée. »

vra avec les mesures de relance économique à venir, fondée en partie sur l'*open innovation*.

Anticiper les comportements des employeurs et des particuliers

La mobilité des travailleurs est une cible primordiale des projets de véhicules décarbonés et connectés. Parmi les critères de sa réussite figurent les avantages fiscaux des actions en faveur des mobilités individuelles vertes : forfait mobilités durables exonéré d'impôt sur le revenu et de cotisations sociales, réductions d'impôts en cas de mise à disposition des salariés d'une flotte de vélos pour les déplacements domicile-travail...

La sécurisation et la valorisation des projets en misant sur le digital

Compte tenu du rôle central du digital et de l'IA dans ces projets, quelques actions seront particulièrement nécessaires :

Soutenir l'*open data* en faisant de la protection des données personnelles un atout

En amont du projet et tout au long de son évolution, la protection des données personnelles devra nécessairement être intégrée, en utilisant les référentiels, méthodologies et autres publications de la CNIL et du Comité européen de protection des données.

Entre autres mesures, la présentation d'une analyse d'impact (*Privacy Impact Assessment* ou PIA) à des clients, des partenaires ou des investisseurs est un outil de conviction puissant, même lorsqu'il n'est pas obligatoire.

Dans un cadre international, il faudra également veiller à la sécurisation des flux transfrontaliers dont l'environnement juridique est aujourd'hui moins sécurisé, depuis la décision Schrems II du 16 juillet 2020 de la CJUE ayant invalidé le Privacy Shield, et qui permettait auparavant des exportations dérogatoires de données vers les États-Unis ou encore depuis le Brexit pour ce qui concerne le Royaume-Uni ; au-delà de ces seuls pays, ces deux décisions majeures ont impacté l'ensemble des transferts internationaux de l'UE ; certes, en juin 2021, de nouvelles clauses contractuelles types ont été éditées par la Commission européenne et des décisions d'adéquation ont été établies avec le Royaume-Uni, mais une stabilisation plus globale et des retours de terrain pour faciliter leur mise en place seront les bienvenus.

Se doter d'outils d'IT efficaces pour se conformer à la réglementation et penser à la certification et à l'adoption de normes (voir notamment les nouveaux schémas de certification de conformité au RGPD comme Europrivacy¹⁵).

Mettre en place un plan de prévention et de maîtrise de risques en matière de sécurité des données, y compris de cybersécurité.

Il s'agit d'un travail pluridisciplinaire à mener au sein des organisations, en coordination avec les compagnies d'assurances, voire les forces de l'ordre.

Il s'agit également de sensibiliser les citoyens utilisateurs aux réflexes à acquérir pour préserver leur vie privée.

Identifier, protéger et valoriser ses actifs immatériels

Entre autres outils, la création de bases de données de mobilité peut être protégée en tant que telle par le droit de la propriété intellectuelle et des licences accordées pour en permettre l'usage au profit du fonctionnement sécurisé des véhicules connectés et décarbonés¹⁶.

1. Loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités.
2. Rapport d'information déposé à l'Assemblée nationale le 29 juillet 2020.
3. Stratégie nationale de développement de la mobilité routière automatisée 2020-2022 dévoilée le 15 décembre 2020.
4. Une mobilité durable pour l'Europe : sûre, connectée et propre, Communication européenne, 17 mai 2018.
5. Accompagné d'une communication et de deux initiatives législatives, dont un règlement sur la sécurité des véhicules et des piétons, et une directive sur la sécurité des infrastructures.
6. Point 4.2 de la communication du 17 mai 2018.
7. Règlement 2019/2144 publié le 27 novembre 2019.
8. Règlement sur « les systèmes automatisés de maintien de trajectoire » adopté par le Forum mondial pour l'harmonisation des règlements concernant les véhicules (WP 29).
9. Voir sur ce sujet le décret n° 2020-1753 du 28 décembre 2020 relatif aux compensations financières applicables à certaines mises à disposition de données.
10. Article 6 de la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés et le Règlement (UE) 2016/679 (RGPD).
11. Article 5 du RGPD.
12. Résolutions du 20 octobre 2020 contenant des recommandations à la Commission concernant un cadre pour les aspects éthiques de l'intelligence artificielle, de la robotique et des technologies connexes 2020/2012(INL), sur les droits de propriété intellectuelle pour le développement des technologies liées à l'intelligence artificielle 2020/2015(INI) et sur un régime de responsabilité civile pour l'intelligence artificielle 2020/2014(INL).
13. Résolution du Parlement européen du 12 février 2019 sur une politique industrielle européenne globale sur l'intelligence artificielle et la robotique 2018/2088(INI) venant deux ans après celle du 16 février 2017 contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique 2015/2103(INL).
14. Avis du 7 avril 2019 du Comité national pilote d'éthique du numérique, agissant sous l'égide du comité consultatif national d'éthique
15. <https://europrivacy.org/fr>.
16. Voir sur ce sujet la « Licence Mobilité » publiée en mars 2021 par l'UTP et le GART pour inciter le partage et la réutilisation des données.

Partie 3

Organiser la multi-modalité et partager la voirie

Le grand renouvellement des usages de mobilité est à accompagner et à faciliter par l'aménagement de la voirie. Il s'agit bien de remodeler les conditions de circulation et de stationnement, et donc de rejouer en profondeur le partage de la voirie entre les différents modes. Cette série d'articles aborde diverses solutions d'aménagement, parmi lesquelles les « voies dédiées » qui méritent une attention spécifique, de même que les questions liées à la logistique urbaine.



1

« LES ROUTES DU FUTUR DU GRAND PARIS » : UNE CONSULTATION INTERNATIONALE POUR IMAGINER LA MOBILITÉ DE DEMAIN



En 2019, quatre groupements pluridisciplinaires (l'Atelier des Mobilités, le Collectif Holos, New Deal pour les voies du Grand Paris et Shared Utility Network – SUN¹) composés d'architectes, d'urbanistes, de paysagistes et d'experts en mobilité ont imaginé dans le cadre de la consultation internationale « Les Routes du futur du Grand Paris » ce que pourrait être notre façon de nous déplacer en 2030 et en 2050 en région parisienne.



Christian Bitaud,
chef de projet chez Forum métropolitain du Grand Paris
[linkedin.com/in/christian-bitaud-422b32a3](https://www.linkedin.com/in/christian-bitaud-422b32a3)

1. L'Atelier des mobilités, Mandataire D&A Devillers et Associés/Le Collectif Holos, Mandataire Richez Associés/New Deal pour les voies du Grand Paris Mandataire Seura Architectes/Shared Utility Network - SUN, Mandataire Rogers Stirk Harbour & Partners.

« La transformation des autoroutes est l'occasion de reconstruire la ville sur la ville. »

S'appuyant sur une approche holistique, les groupements ont fait émerger de nombreuses propositions inspirantes pour optimiser près de mille kilomètres du réseau routier structurant francilien. Ces grands axes deviennent des lieux d'opportunités pour transformer les mobilités mais aussi la ville et réduire leurs nuisances.

Si la crise sanitaire a mis provisoirement en sommeil les problèmes de congestion chronique du réseau francilien, il est certain que ceux-ci réapparaîtront rapidement. Un an après cette démarche prospective, il semble donc plus que jamais utile de parcourir à nouveau les principales propositions des équipes, tant le défi d'amélioration des mobilités en Île-de-France est immense et complexe.

Les routes du Grand Paris : vers un système de transport métropolitain intégré

Pour les équipes, l'optimisation du réseau routier structurant passe par une réduction de la place de la voiture individuelle et de l'autosolisme. Pour y parvenir, elles proposent la création de voies dédiées aux transports en commun, à l'auto-partage et au covoiturage, sur l'ensemble du réseau francilien. Les autoroutes et voies rapides seraient connectées aux autres modes de transport grâce à des hubs situés sur des nœuds de communication répartis sur la région, créant ainsi un vaste réseau intermodal.

Pour réussir cette transformation, elles proposent de s'appuyer concomitamment sur plusieurs leviers. Le premier correspond au déploiement d'un réseau étendu de bus express avec des lignes de rabattement vers le réseau de transport ferré existant et à venir (Grand Paris Express), des lignes offrant des trajets banlieue-banlieue, notamment vers les grands pôles d'emploi, et enfin d'autres lignes plus locales. New Deal propose ainsi de déployer 200 lignes de bus express à forte fréquence et l'Atelier des Mobilités va jusqu'à détailler un réseau de 60 lignes.

773 KM

de voies express ou d'autoroutes cyclables à travers le Grand Paris : la proposition du groupement SUN.

Le second levier repose sur une diminution de la vitesse sur les grands axes, avec des maxima compris entre 50 et 90 km/h, depuis le boulevard périphérique jusqu'à la Francilienne comme préalable nécessaire au changement d'affectation des voies à emprise constante. Pour les équipes, cet outil a l'avantage de pouvoir être mis en œuvre rapidement sans investissements importants et de réduire quasi immédiatement le niveau de pollution et la congestion du trafic.

Le futur réseau repose enfin sur le maillage et la complémentarité des différentes offres de transport dans lesquelles s'inscrivent pleinement les modes actifs et plus particulièrement le développement des pistes cyclables. Ainsi, SUN propose le déploiement d'un réseau de 773 kilomètres de voies express ou d'autoroutes cyclables.

Pour l'ensemble des équipes, la transformation en profondeur du réseau sera d'autant plus aisée et efficace que le bouquet d'offres de transport pourra être utilisé de la façon la plus fluide et la plus transparente possible pour l'utilisateur, et adossé à un système de billetterie et de tarification unique et intégré. Le développement du MaaS (Mobility as a Service) doit permettre cette inclusion d'autres offres de mobilité (vélos en libre-service, autopartage...).

Inévitablement, l'exercice de projection à 2030 et 2050 invite les équipes à s'appuyer sur les nouvelles technologies. Le véhicule autonome est ainsi au cœur d'une offre future de transport pour les particuliers et pour la logistique urbaine. Pour New Deal, il devrait à terme permettre d'élever fortement le débit des voies dédiées jusqu'à 16000 personnes par voie et par heure. SUN propose de son côté un nouveau concept de véhicule de transport collectif : l'Autonomous Rail Transit (ART), composé de plusieurs modules autonomes se dispersant ou se regroupant selon la densité du tissu urbain.

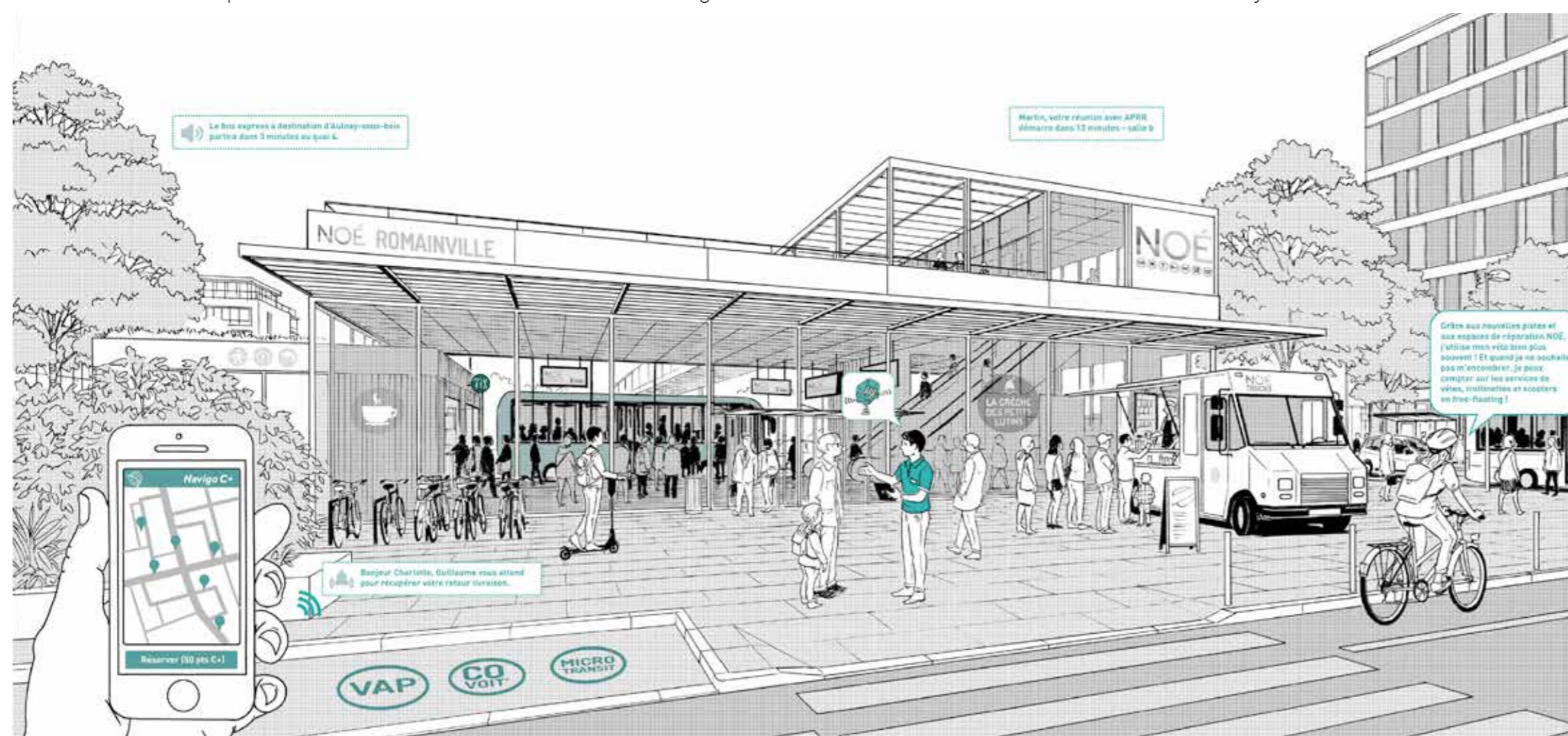
La mise en œuvre de ces propositions, conjuguée au changement de comportement des usagers, permet d'imaginer des transformations urbaines et une meilleure insertion des voies dans la ville, autre objectif de la consultation.

Des autoroutes mieux insérées dans la ville qui réduisent les nuisances et produisent de l'énergie

Il serait réducteur d'imaginer une transformation des axes structurants par le seul prisme de l'optimisation du trafic, alors que de nombreuses voies rapides sont très souvent perçues par les riverains, comme autant de fractures urbaines, sources de pollutions. Pour les équipes, l'autoroute en 2050 est une voie apaisée qui devient habitable, en particulier dans la zone dense où les emprises reconquises permettent de recréer des continuités urbaines et de valoriser d'autres usages le long des grands axes de transport (plantation massive d'arbres, voies cyclables...) et autour des hubs, qui deviennent de nouvelles centralités.

La transformation des autoroutes est l'occasion de reconstruire la ville sur la ville. D'ici 2050, SUN estime à 160 km² le foncier mutable formé par les berges, les délaissés et les emprises. Le Collectif Holos identifie 25 km² de foncier valorisable sur les échangeurs et sur les bretelles d'accès devenus obsolètes. Pour New Deal, il serait possible de récupérer 6 km² de foncier sur les emprises des voies rapides.

Les nouvelles technologies sont également sollicitées pour transformer les autoroutes franciliennes en infrastructures productives et résilientes. D'ici 2050, New Deal imagine l'installation d'un sol productif (panneaux photovoltaïques, production agricole...). L'Atelier des mobilités propose l'aménagement d'une armature verte réparatrice à l'échelle de l'Île-de-France. SUN estime qu'il est possible de produire jusqu'à 27 % de la consommation d'électricité francilienne grâce aux nouveaux revêtements de chaussées et aux panneaux photovoltaïques installés sur les abords. L'équipe





« Les équipes se sont essayées à l'exercice d'estimation des dépenses. Les résultats varient du simple au double. »

propose également la mise en place d'une zone à émissions réduites (ZERo) en 2040 sur l'ensemble du réseau francilien. Le Collectif Holos milite pour la désimperméabilisation des sols en réduisant les emprises de chaussée au profit d'espaces verts et de cheminements piétons.

L'agglomération s'organise progressivement autour d'un réseau routier hiérarchisé : l'A104 est une autoroute préservée dans ses fonctions de transit et de contournement, l'A86 est une autoroute urbaine multifonctionnelle, le boulevard périphérique et les autoroutes intra-A86 sont en forte mutation.

Les conditions de réussite à la mise en œuvre de la transformation des autoroutes et les suites de la consultation

Résumer plus d'une année de travail en quelques lignes serait une gageure, tant les équipes ont poussé loin leur réflexion, avec comme ambition de proposer dès l'horizon 2030 une transformation profonde du réseau routier structurant francilien, jusque-là monofonctionnel, en une infrastructure multimodale mais aussi multiressource.

Aussi audacieuses et inspirantes que soient leurs propositions, elles admettent néanmoins que plusieurs conditions devront être réunies pour y parvenir. D'une part, pour provoquer des changements d'habitudes chez les usagers, il est primordial qu'ils soient informés des nouvelles possibilités

de transport alternatives à la voiture individuelle, afin qu'ils puissent percevoir les avantages qu'elles pourraient leur procurer. Toutefois, sur certains territoires, la voiture reste plus attractive du fait de la possibilité d'effectuer un trajet de porte-à-porte, sans rupture de charge. Il faudra donc trouver le juste équilibre entre incitation et contrainte. Enfin, le succès de la transformation du réseau autoroutier passera selon les équipes par une gestion coordonnée, voire intégrée des différents acteurs en jeu, tant publics que privés.

Le défi le plus grand à surmonter réside très certainement dans cette dernière condition, tant les acteurs concernés par cette transformation sont nombreux, et les visions ou intérêts parfois divergents. Ainsi, toucher à la vitesse est politiquement sensible et soulève la question de l'acceptabilité par les usagers. Que dire de la question du financement, qui en ces temps de restriction budgétaire et de contraction économique reste éminemment délicate? Les équipes se sont essayées à l'exercice ardu d'estimation des dépenses. Les résultats peuvent varier du simple au double.

La consultation internationale *Les Routes du futur du Grand Paris*, pilotée par le Forum métropolitain du Grand Paris, a su toutefois démontrer qu'il était possible de travailler de manière coordonnée avec toutes les parties prenantes sur un sujet qui transcende toutes les frontières territoriales d'Île-de-France et les gouvernances, pour offrir une vision de transformation des infrastructures routières et des mobilités mais aussi d'amélioration de la qualité de vie des Franciliens. Cette démarche unique a par ailleurs inspiré d'autres initiatives et notamment la Conférence stratégique des mobilités routières en Île-de-France, lancée par le préfet de Région Michel Cadot, pour faire perdurer le tour de table de la consultation, ainsi que l'Atelier du périphérique, créé à l'initiative de la Ville de Paris. //

Retrouvez toutes les informations sur les travaux de la consultation internationale « Les Routes du Futur du Grand Paris » sur www.routesdufutur-grandparis.fr

2

DES ESPACES PUBLICS QUI MARCHENT POUR LE CLIMAT



La crise sanitaire liée à la pandémie de Covid-19 nous aurait presque fait oublier les grands rassemblements pour le climat à travers le monde. Et pourtant, ces images de milliers de personnes manifestant à pied sont plus évocatrices qu'il n'y paraît. En effet, comment parler de décarbonation de la mobilité et d'adaptation de la ville au changement climatique sans parler de « marchabilité »? Encore peu considérée, la marche pourrait avoir un rôle majeur à jouer sur ces enjeux du siècle.



Cédric Bousuge,
chef de projets Espace Public et Piétons, Cerema
[linkedin.com/in/cédric-bousuge-b3236718b](https://www.linkedin.com/in/cédric-bousuge-b3236718b)



Nicolas Furmanek,
chef de projet Aménagement de la voirie urbaine et résilience,
Cerema
[linkedin.com/company/cerema/](https://www.linkedin.com/company/cerema/)



Mathieu Pochon,
ingénieur en environnement indépendant, membre du comité de Rue de l'Avenir Suisse
[linkedin.com/in/mathieupochon](https://www.linkedin.com/in/mathieupochon)

« Le développement de la marche a un rôle-clé à jouer dans la décarbonation de la mobilité, y compris dans les zones de moyenne densité »

Sur l'une des îles artificielles de Dubaï, le promoteur d'un vaste projet hôtelier appelé The Heart of Europe prévoit la construction d'une « raining street » (rue pluvieuse). Pour donner l'illusion d'un « climat à l'européenne », une pluie artificielle serait déclenchée sur les passant-e-s dès que le mercure dépasserait 27 °C. L'exemple fait sourire, mais soulève des questions épineuses sur l'avenir des villes et de la mobilité sous l'angle climatique. À Dubaï, où la température peut dépasser les 40 °C en été, marcher dans la rue n'a rien d'une promenade de santé. Qui plus est, les prédictions d'évolution climatique n'augurent rien de bon pour l'habitabilité et la marchabilité des villes, même sous nos latitudes encore relativement tempérées¹. Ironie du sort, les véhicules motorisés – et climatisés – pourraient gagner en attractivité par rapport à la marche... pour des raisons climatiques.

Décarboner la mobilité : oui, mais pas sans la marche

Et pourtant, avec le vélo, la marche est le mode de déplacement à l'empreinte écologique la plus faible. Un point important quand on sait que les transports génèrent à eux seuls 30 % des émissions de CO₂ en France. Une étude publiée en 2015 pour le compte de la SNCF² comparait trois scénarios d'évolution de la mobilité en France sur le plan de l'empreinte carbone : ultramobilité, altermobilité et proximobilité. En conjuguant une réorientation forte du système de transport vers les alternatives à la voiture individuelle (marche, vélo, transports publics) avec une relocalisation des modes de vie et de la mobilité, la proximobilité est le seul scénario qui permettrait d'atteindre l'objectif national de réduction par quatre des émissions de gaz à effet de serre (facteur 4 de la stratégie nationale bas carbone lancée en 2015)³. Le développement de la marche a donc un rôle-clé à jouer dans la décarbonation de la mobilité, y compris dans les zones de moyenne densité (voir le guide du think tank The Shift Project sur la mobilité bas carbone dans les zones de moyenne densité⁴). Malheureusement, ce potentiel contraste avec des parts modales piétonnes en trop faible progression⁵ et la place encore très timide de la marche dans les politiques de mobilité, comme le relève une recherche récente du Forum Vies mobiles⁶.

Face au changement climatique, la marche est à la fois porteuse de solutions... et victime. En effet, en comparaison avec les autres moyens de transport, les piéton-ne-s sont les plus exposé-e-s à la saisonnalité et aux effets du changement climatique (chaleur, intempéries), et les seniors et les enfants y sont particulièrement sensibles⁷. De ce point de vue, l'aménagement de l'espace public revêt une importance particulière.



Un ombrage bienvenu pour le confort de la marche dans une rue de Bad Polzin en Pologne (tiré de OFEV, "Quand la ville surchauffe"¹⁹)

Des bancs et de l'ombre au service de la marchabilité

Dans un contexte de changement climatique, comment accroître la marchabilité des espaces publics, en centre-ville comme en périphérie ? Des cheminements sécurisés et accessibles sont nécessaires⁸ mais pas suffisants. La marchabilité ne se limite pas aux déplacements mais touche aussi à l'habitabilité des espaces publics. L'attractivité de ces derniers nécessite des réflexions à l'échelle du quartier, en lien avec les plans de circulation, les alignements d'arbres existants et les ombrages naturels de la rue et des bâtiments. Le mobilier urbain est aussi déterminant, voire essentiel pour certaines personnes : bancs, ombrages, points d'eau, toilettes, etc. Or les designers abordent de plus en plus la question du confort



À Marseille, une association de riverains a pris l'initiative de poser et d'entretenir de nombreux bacs plantés pour embellir, végétaliser et rafraîchir les rues de leur quartier.



Place de la Planta (Sion) : une arborisation estivale source de fraîcheur dans un espace 100 % minéral.

climatique en ville. On commence à voir des bancs munis d'ombrières ou conçus pour rester au frais, ou même des interventions sur des rues entières, comme cet alignement de parapluies multicolores en Pologne.

La saisonnalité est aussi déterminante : les rues et places sans ombre sont désertées en été. Les aménagements transitoires, piétonnalisations temporaires et extensions de terrasses saisonnières constituent autant d'occasions de rendre la ville plus agréable aux piéton-ne-s (et ont prouvé leur utilité lors de la crise sanitaire). Ainsi, la Ville de Sion (Suisse) a déployé avec succès une arborisation temporaire sur la place de la Planta (5 000 m²) durant tout l'été 2020. Les groupes d'arbres, accompagnés de points d'eau et de mobilier, ont ensuite été plantés dans une rue à proximité¹⁰.

Vers un maillage d'oasis urbaines ?

Installer des bancs dans des boulevards arborés, sur une place touristique ou le long de berges est assez consensuel. Mais l'ajout d'arbres dans une petite rue ou sur une placette semble plus complexe : manque de place, coûts d'installation et d'entretien ou craintes de conflits d'usages. Pour autant, de beaux exemples existent, mêlant stratégie piétonne, implication citoyenne et confort en été : les super-îlots aménagés de manière tactique et ludique à Barcelone, des ruelles végétalisées par des riverains à Marseille, des espaces désimperméabilisés à Courbevoie¹¹. Autant d'oasis de fraîcheur à démultiplier et à relier entre elles par des parcours intuitifs et confortables, pour mailler les itinéraires piétons.

Au-delà des températures mesurées, le confort ressenti en marchant, variable d'un individu à l'autre, doit faire partie de l'analyse. À cet égard, des méthodes participatives comme les balades urbaines thermiques permettent d'identifier et de hiérarchiser les zones les plus fraîches comme les plus chaudes. C'est dans cet esprit que la Ville de Lyon a conçu et mis à disposition sa cartographie de « parcours frais »¹² : des balades estivales valorisant un patrimoine communal original (fontaines, points d'eau et espaces verts).

Saisir des opportunités pour adapter l'existant

Les interventions ponctuelles ou des rénovations de voiries donnent souvent l'occasion d'optimiser l'espace urbain au profit de la lutte contre la surchauffe urbaine. Par exemple, remplacer une place de stationnement par une surface plantée en amont de passages piétons (sous réserve que les plantations n'entravent pas leur visibilité)¹³, enlever de l'asphalte devant des pieds d'immeubles pour créer des micro-implantations florales, ou végétaliser des délaissés urbains le long d'axes routiers.

À grande échelle, ces adaptations peuvent transformer en profondeur l'usage des lieux. Il convient alors d'assurer une certaine progressivité dans leur réalisation. À Nice, certains sites propres de bus ont été affectés à d'autres usages : piste cyclable et accotement végétalisé réalisé en plusieurs étapes (installation en pots dans l'attente d'une plantation définitive en pleine terre). De la même façon, les autorités peuvent décider de reconverter des parkings sous-exploités en parc, réduisant ainsi localement la température ressentie (parc urbain François Mitterrand à Saint-Étienne¹⁴; jardins urbains à Niort).



Place de Francfort Lyon : un réaménagement intégrant une arborisation particulièrement dense pour un parvis de gare très fréquenté.

Intégrer les enjeux climatiques dès la conception

Les enjeux urgents de rafraîchissement urbain exigent d'intégrer progressivement la performance climatique aux projets d'aménagement. En devenant un critère supplémentaire pour la pérennité et la qualité d'usage des espaces publics, la performance climatique implique une évolution des pratiques et des techniques, ainsi que la participation de nouveaux acteurs. La Ville de Stuttgart s'est par exemple dotée de services dédiés à la climatologie urbaine pour éclairer les choix d'urbanisme et d'aménagement. À Lyon, la prise en compte de la contrainte climatique dès la phase amont du projet et une bonne coordination interservices ont contribué à la réussite du réaménagement de la place de Francfort¹⁵. Un exemple inspirant, qui montre tout l'intérêt d'une vision intégrant à la fois marchabilité et adaptation climatique. ▮

1. Courrier International, « Ces villes où il fera (vraiment) très chaud en 2050 », 2019.
 2. SNCF, Étude Facteur 4, « Vers une mobilité sobre en CO₂ : une opportunité pour vivre mieux? », 2015.
 3. Ministère de la Transition écologique, « Stratégie Nationale Bas Carbone », 2015, révisée en 2018-2019.
 4. The Shift Project, Guide sur la mobilité bas carbone dans les zones de moyenne densité, 2020.
 5. Enquête sur la mobilité des personnes, 2019.
 6. Forum Vies Mobiles, « Réduire l'empreinte carbone de la mobilité : quelles politiques en France? », 2020.
 7. Cerema, Adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique, 2018.
 8. Cerema, série de fiches Favoriser la marche, 2020.
 9. Office fédéral de l'environnement, Quand la ville surchauffe. Bases pour un développement urbain adapté aux changements climatiques, Connaissance de l'environnement, N° 1812 : 109 S, éd. OFEV, Berne, 2018.
 10. Ville de Sion (Suisse), Aménagement temporaire de la place de la Planta, communiqué.
 11. Végétalisation participative à Courbevoie
 12. Ville de Lyon, « Carte des lieux et parcours frais ».
 13. Loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités, article 52.
 14. Cerema, « Reconversion d'un parking en parc urbain à Saint-Étienne » (fiche), Éditions du Cerema, 2019, 12 pages.
 15. Cerema, « Le réaménagement de la place de Francfort à Lyon » (fiche), Éditions du Cerema, 2020, 8 pages.
 16. Rue de l'Avenir, « Ça chauffe dans la rue! S'adapter, dès maintenant », bulletin Rue de l'Avenir 3-2020.

Premières expériences en France

D'autres réalisations privilégiant le confort thermique des piétons et mobilisant des solutions des plus frugales aux plus innovantes, commencent à se déployer en France et en Europe (voir les Actes de la Journée Rue de l'Avenir 2020 et le bulletin associé¹⁶). En effet, les collectivités intègrent peu à peu la dimension climatique à leurs politiques territoriales, parfois sous l'impulsion de l'État ou grâce aux remontées des citoyen-ne-s. L'enjeu est de taille, car aménager dès aujourd'hui les espaces publics en accordant plus d'importance au confort thermique de ses usagers participe à la résilience des villes de demain.

« Les enjeux urgents de rafraîchissement urbain exigent d'intégrer progressivement la performance climatique aux projets d'aménagement. »

3

INFRASTRUCTURE PÉDESTRE : UNE NOTION POUR REPENSER L'ESPACE PUBLIC



Pour développer la marche en ville, il faut pouvoir argumenter la réorganisation de l'espace public à son profit. Or, les interventions sur la voirie en faveur des piétons sont souvent ponctuelles, cantonnées à l'amélioration de la fluidité et de la sécurité du déplacement ou couplées avec des aménagements cyclables, avec la difficulté d'évaluer leurs effets sur les usages des marcheurs. C'est pour intégrer ces derniers dans une approche systémique que nous proposons la notion d'« infrastructure pédestre ».



Jean-Paul Hubert, directeur de recherche du développement durable à l'Université Gustave Eiffel, laboratoire Dynamiques économiques et sociales du transport (AME-DEST), membre du groupe transversal « Mobilités urbaines pédestres » du Labex Futurs Urbains [linkedin.com/school/universit%C3%A9-gustave-eiffel/](https://www.linkedin.com/school/universit%C3%A9-gustave-eiffel/)



Jérôme Monnet, professeur de l'Université Gustave Eiffel à l'École d'Urbanisme de Paris et au Laboratoire « Ville Mobilité Transport », membre du groupe transversal « Mobilités urbaines pédestres » du Labex Futurs Urbains [linkedin.com/school/universit%C3%A9-gustave-eiffel/](https://www.linkedin.com/school/universit%C3%A9-gustave-eiffel/)



Julie Scapino, post-doctorante au Labex Futurs Urbains : Groupe « Mobilités urbaines pédestres » [linkedin.com/in/julie-scapino-a8110191](https://www.linkedin.com/in/julie-scapino-a8110191)

La marche en ville : du mode de transport au mode d'habiter

Dans le domaine du transport, toute activité a besoin d'infrastructures en réseau adhérent à un territoire pour connecter des lieux. Développer un mode implique une vision d'ensemble de l'infrastructure qui le soutient et de l'espace qu'il faut lui réserver. C'est pourquoi, dans le cas de la marche, il est important d'identifier son infrastructure.

À ce jour, à l'exception des rues ou quartiers piétonniers, la marche n'est prise en charge qu'à titre secondaire par les infrastructures de transport et la voirie en particulier reste le plus souvent dominée par la circulation et le stationnement des véhicules. L'usage des trottoirs reste compliqué par nombre d'implantations (signalisation et affichage, conteneurs ménagers, armoires techniques, etc.), voire d'aménagements cyclables, qui ne sont pas au service des piétons. Les interventions en faveur de leur sécurité mais fondées sur le principe de la séparation des flux ont produit et produisent encore (notamment dans les pays du sud) des obstacles à la marche, en augmentant les distances et les dénivelés, voire en exposant les piétons à des risques d'agression (tunnels, passerelles, etc.). En 2010, l'urbaniste Jan Gehl remarquait qu'« il est stupéfiant de constater combien d'obstacles et de difficultés ont encombré les trajets des piétons au fil des ans¹ ».

Cependant, des initiatives en faveur de la marche se multiplient et un référentiel de bonnes pratiques, certifiées et regroupées sous diverses dénominations (code de la rue, voirie pour tous, rue apaisée...) se constitue depuis près d'une trentaine d'années. Elles visent à encourager les déplacements à pied, ainsi qu'à vélo ou engin de déplacement personnel, en rééquilibrant le partage de la voirie pour réduire les risques d'accident et améliorer le confort des pratiques.

3

SOUS-SYSTÈMES DE L'INFRASTRUCTURE PÉDESTRE :

la voirie, les espaces publics fermés aux automobiles et les espaces gérés par des acteurs privés (passage à l'intérieur des bâtiments, terrains vagues...).



Figure 1 : avenue Paul Vaillant-Couturier, Vitry-sur-Seine (RD155), septembre-octobre 2019. Un fort trafic piéton, ici de collégiens, dans des conditions inconfortables.

Ces nouveaux outils sont mis en œuvre de façon ponctuelle et il reste à les insérer dans une démarche globale. Il s'agit de sortir les piétons de leur place périphérique dans le système de transport et de répondre aux nombreuses attentes, ambitieuses mais floues, vis-à-vis de leur présence dans l'espace public : animer la ville, en produire la convivialité et l'attractivité, favoriser l'inclusion sociale, être disponible aux sollicitations commerciales de la rue, lutter contre les pathologies de la sédentarité, etc. Récemment, il s'est ajouté à ces attentes l'objectif de décarboner les déplacements. Mais si marcher à 4-5 km/h peut devenir une excellente façon d'accéder économiquement et écologiquement à de nombreux lieux et services dans la ville dense, encore faut-il que des obstacles ne diminuent pas cette vitesse, ne rallongent pas les distances ou ne multiplient pas les désagréments. C'est pourquoi une vision plus systémique des conditions de marche semble nécessaire.

Quand le « Grand Paris » donne envie de marcher à la « Petite couronne »

Le projet de conceptualiser l'infrastructure pédestre est né de la rencontre du service transport et études générales (STEG) du Conseil départemental du Val-de-Marne avec le Groupe Transversal de recherche « Mobilités urbaines pédestres² » (MUP) du Labex Futurs Urbains. Le STEG devait répondre à la demande des élus de transformer les routes départementales en « espaces publics à vivre³ ». Cette collaboration a permis de faire du Val-de-Marne un cas d'étude sur les interdépendances systémiques qui conditionnent le développement de la marche, dans un contexte où le Grand Paris Express doit entraîner d'importants changements dans les mobilités, où des mutations sociales, économiques et foncières se produisent de manière accélérée, et où la voirie est particulièrement hétérogène.



Figure 2 : avenue du général Leclerc à Maisons-Alfort (RD19), octobre 2019. Un trottoir généreux, récemment aménagé, où la bande cyclable s'intercale entre la bouche du métro Maisons-Alfort Stade et une bande piétonne obstruée un peu plus loin par un mobilier urbain.

Nous distinguons trois principaux sous-systèmes de l'infrastructure pédestre. Le plus important pour les déplacements fonctionnels est constitué par la voirie, avec les composants que sont les trottoirs, traversées de chaussée et places, conçus et gérés par des services dont l'expertise est centrée sur la circulation automobile et la sécurité routière. Ensuite, les espaces publics fermés à la circulation automobile (parcs et jardins, berges, cimetières...) dépendant de diverses administrations qui ne sont pas structurées autour des problématiques de mobilité. Enfin, le troisième sous-système dépend surtout d'acteurs privés, parfois très peu impliqués dans l'entretien et la surveillance : il regroupe les passages à l'intérieur de bâtiments ou de grands ensembles et à travers des délaissés urbains (terrains vagues, friches...) où les marcheurs définissent eux-mêmes leur place.

Ce sont donc les divers usages (déplacement, loisirs, accès aux lieux recevant du public...) qui définissent les espaces de l'infrastructure pédestre comme combinaison d'éléments « low tech⁴ », voire « low cost », produits par les usagers avec d'autres éléments produits par des services techniques. À ce jour, ce bricolage ne garantit pas toujours la continuité, la sécurité, ni la qualité de l'infrastructure, privant ainsi diverses populations fragiles ou vulnérables (femmes, enfants, personnes âgées ou à mobilité réduite, étrangers...) d'autonomie et d'accès à certaines ressources urbaines. Pour lutter contre ces exclusions, le défi est d'assembler les composants hétérogènes dans un ensemble cohérent mais qui continuera d'offrir un réseau évolutif, bien différent de la conception du réseau routier hiérarchisé et permanent.

En effet, l'infrastructure pédestre ne peut être développée comme un jardin à la française. Pour rendre service aux usagers, elle doit être transformable et capable d'intégrer des aménagements et régulations temporaires : une extension

« Il s'agit de sortir les piétons de leur place périphérique dans le système de transport. »

des terrasses de café, des itinéraires exceptionnels pour des manifestations politiques, sportives ou festives, des installations hebdomadaires pour les marchés, des vitesses de véhicules qui varient en fonction des horaires des écoles, etc. L'observation des usages dans le cadre d'une vision globale aide au développement de la marche en faisant une place aux initiatives des usagers et en utilisant au mieux l'espace utile pour les piétons à un moment donné.

Concevoir ce réseau demande alors de le décrire selon les dimensions morphologiques pertinentes pour comprendre la régulation des flux et des pratiques à l'échelle de systèmes. Il faut, par exemple, connaître précisément les variations de largeur et d'encombrement des trottoirs, analyser leurs interfaces avec la chaussée et ses traversées comme avec le bâti riverain plus ou moins poreux en termes de flux de piétons et de véhicules ou de pénétration par le regard. L'infrastructure pédestre ainsi conçue peut alors soutenir des projets de développement de la marche en établissant des priorités. Est-ce par exemple la continuité du réseau, en réparant les coupures créées par les autoroutes urbaines ou les sillons ferroviaires, et en évitant d'en créer de nouvelles lors de la reconversion de friches industrielles? Est-ce la coordination des services de voirie, des espaces verts et de l'urbanisme pour interconnecter les espaces marchables, assurer l'accessibilité pédestre aux équipements publics (collège, piscine, hôpital, gare...) dans un rayon important, sans oublier de protéger cette infrastructure d'autres moyens de transport (trotinettes ou autres) ou de l'implantation d'un nouveau mobilier urbain?

De la méthode au terrain

Le travail engagé avec le CD94 depuis 2018 se présente en plusieurs phases. D'abord, il s'agissait de se connaître et se comprendre en échangeant sur un échantillon varié de situations urbaines concrètes, où la marche était plus ou moins aisée et pratiquée. Puis d'évaluer des aménagements ou des besoins, en se concentrant sur des rues stratégiques : par exemple, celle où l'on marche beaucoup, mais dans de mauvaises conditions (figure 1), ou cette autre dont l'aménagement récent pose des questions sur la cohabitation des flux de cyclistes et de piétons (figure 2). Cette phase d'observation des usages et des comportements, complétée par des entretiens, a suivi et heureusement produit avant la crise sanitaire des résultats de deux ordres. D'une part : caractériser la commodité du trottoir, vécue et gérée de façon très différente selon la

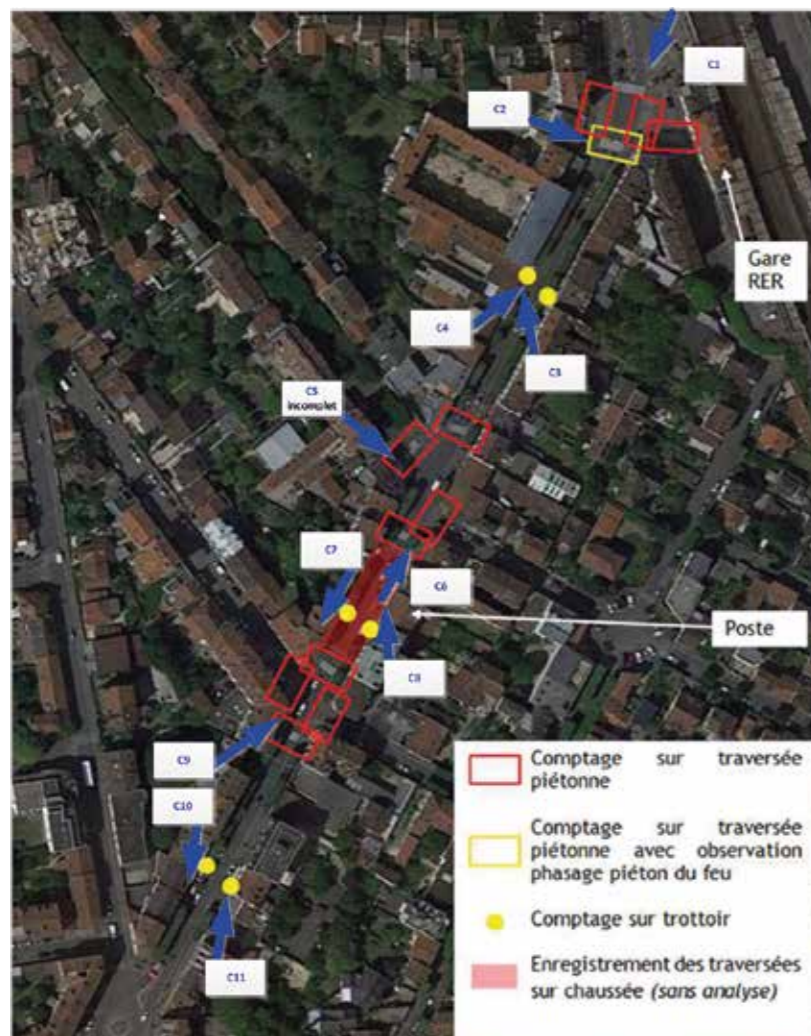


Figure 3 : points de comptage d'un segment de l'avenue Paul-Vaillant-Couturier, Vitry-sur-Seine (source : CD94-STEG)

« L'observation des usages dans le cadre d'une vision globale aide au développement de la marche en faisant une place aux initiatives des usagers. »

situation professionnelle, le genre ou le besoin de former des groupes à certaines heures et certains lieux. D'autre part, démêler la complexité des heures de pointe où interfèrent les différents rythmes des mobilités pendulaires de travail, des écoles et des commerces; elles ont des implications en termes de tactiques spatiales pour se croiser ou se dépasser sur les trottoirs et de stratégies temporelles pour les éviter, à prendre en compte pour évaluer la géométrie des trottoirs ou la répartition des traversées.

Nous entrons maintenant dans une autre phase de travail basée sur la simulation des comportements en fonction de l'aménagement de l'infrastructure pédestre considérée à l'échelle du tronçon de rue représenté ci-dessus (figure 3). Elle est ciblée sur une forte gêne à la circulation des piétons aux heures de pointe accentuée par une dissymétrie entre les trottoirs de la rue menant à la gare RER. Une campagne de comptage a quantifié ce déséquilibre aux différents moments de la journée. Les modèles dont l'élaboration commence viseront à évaluer cette gêne à la circulation et cette difficulté à traverser la chaussée, ainsi que leur sensibilité à la géométrie de l'infrastructure.

La meilleure connaissance du fonctionnement des flux et des activités pédestres doit aider à déterminer plus précisément l'emprise au sol, c'est-à-dire la place qu'il convient de donner à la marche dans l'espace limité de la rue. Cela ne réduira pas l'importance des arbitrages politiques concernant le partage de la voirie entre les différents modes de transport d'une part, et la répartition dans le temps ou dans l'espace de différents usages pédestres, d'autre part. Mais ces décisions pourraient être prises selon des critères non seulement plus scientifiques car plus précis sur les enjeux et les implications, mais aussi plus démocratiques grâce à la prise en compte de la diversité des usages, qui dépasse celle des usagers qu'on peut mobiliser dans les démarches participatives. ▮

1. GEHL J., Pour des villes à échelle humaine, Montréal, Éditions Écosociété, 2012, p. 135 (édition anglaise 2010).
2. <https://www.futurs-urbains.fr/groupes-transversaux/presentation-des-groupes-transversaux/groupe-transversal-mobilites-urbaines-pedestres/>
3. Conseil départemental du Val-de-Marne, Plan de déplacements en Val-de-Marne, 2018, p.23 : « Axe 2. Les routes départementales: un espace à vivre ». <https://www.valdemarne.fr/le-conseil-departemental/cadre-de-vie/ameliorer-les-deplacements/le-plan-des-deplacements-du-val-de-marne>
4. MONNET J., « Marcher en ville : technique, technologie et infrastructure(s) low tech ? », Urbanités n°12, 2019 : www.revue-urbanites.fr/12-monnet/

4

DÉPLOIEMENT DU VÉLO EN VILLE : ENTRE INGÉNIERIE DE POINTE ET URBANISME DE LA PROXIMITÉ



Les politiques en faveur du vélo connaissent une dynamique particulièrement vigoureuse dans de nombreux pays, en particulier en France depuis quelques années. Ces politiques ne reposent pas uniquement sur des techniques simples et low tech, mais surtout sur une ingénierie solide. En s'inspirant de l'expertise, des concepts et des méthodes des Pays-Bas, pays d'Europe où la pratique du vélo est la plus diffusée, les villes françaises se réinventent ainsi en une nouvelle forme de « smart cities ».



Guy Baudelle, professeur d'aménagement de l'espace et urbanisme au laboratoire ESO (UMR CNRS 6590) à l'Université de Rennes 2 et président de l'Institut d'Aménagement et Urbanisme de Rennes.



Sébastien Marrec, doctorant en aménagement et urbanisme à l'Université Rennes 2 (UMR CNRS 6590 ESO) et à la Ville de Paris [linkedin.com/in/s%C3%A9bastien-marrec-9bbb9947/?originalSubdomain=fr](https://www.linkedin.com/in/s%C3%A9bastien-marrec-9bbb9947/?originalSubdomain=fr)

Les villes françaises concernées sont tournées en priorité vers l'optimisation de l'usage du vélo et non plus la gestion des flux motorisés, et réintroduisent les qualités d'un urbanisme de la proximité et des courtes distances. Cet article entend montrer les phénomènes de transfert entre les Pays-Bas et la France à partir de composantes indispensables à un « système vélo », l'un des fondements d'une mobilité bas carbone : plans de circulation, réseaux cyclables à haut niveau de service et vélorues.

La majorité des agglomérations des pays développés et plus encore émergents sont confrontées aux multiples problèmes posés par la prédominance de la voiture : congestion, pollution, nuisances pour le cadre de vie, l'environnement et la santé. L'aménagement des villes françaises, quelle que soit leur taille, est encore marqué par l'héritage de décennies d'adaptation aux besoins de l'automobile (Flonneau, 2005 ; Laisney, 2008 ; Héran, 2005). Les pouvoirs publics sont désormais confrontés à la nécessité d'améliorer l'attractivité et la lisibilité des espaces publics (Laisney, 2001), d'élargir la palette des modes de déplacements et de favoriser l'intermodalité. L'une des solutions incontournables pour l'accessibilité urbaine est d'investir dans des politiques en faveur des modes actifs, en particulier du vélo : son potentiel d'usage est immense, mais reste sous-exploité en France par rapport aux Pays-Bas, où 27 % des déplacements du quotidien sont réalisés à vélo.

Une ingénierie solide, fruit de décennies d'expérimentations

La ville à l'urbanisme orienté vers les modes actifs utilise les technologies non plus au service de la vitesse automobile,

« L'une des solutions incontournables pour l'accessibilité urbaine est d'investir dans des politiques en faveur des modes actifs, en particulier le vélo. »



Les autoroutes cyclables interurbaines (snelfietsroutes) se sont multipliées depuis la fin des années 2000 dans les zones urbaines des Pays-Bas. Elles offrent une alternative aux embouteillages des axes d'entrée et de sortie des villes. 675 kilomètres sont prévus d'ici à 2025.

mais des exigences d'efficacité, de sécurité et de confort de ces modes. Une politique en faveur du vélo ne repose pas uniquement sur des techniques élémentaires comme le montrent les systèmes de flottes de vélos en libre-service (Castex, 2018 ; Cohen et Shaheen, 2018), ou encore les systèmes d'« ondes vertes » (Carrignon, 2015) régissant la circulation de manière que les véhicules motorisés (à l'origine) et les vélos (aujourd'hui) rencontrent le moins de feux rouges. À plusieurs carrefours de Groningue, ville du nord des Pays-Bas, le passage au vert est donné en priorité et simultanément à tous les cyclistes, avant l'écoulement des flux motorisés. Cela évite les contacts entre les usagers vulnérables de la route et le trafic motorisé, et donc aussi les accidents.

Des réseaux efficaces en plein déploiement

Aux Pays-Bas, l'aménagement d'itinéraires cyclables rapides (snelfietsroutes) s'est tellement développé depuis la fin des années 2000 que les villes et les provinces sont reliées par des axes propres, directs, larges et avec le minimum d'arrêts. Ces voies en site propre offrent une alternative aux axes routiers congestionnés aux heures de pointe, et leur succès est encouragé par l'essor des vélos à assistance électrique (VAE), qui représentent une part croissante des ventes de vélos, plus de 50 %. Le vélo, sous ses différentes formes, mais notamment sous celle du VAE, reste la solution la plus efficace



Le boulevard de Sébastopol (Paris), avant 2019 et depuis 2019. Une piste bidirectionnelle, tronçon du Réseau Express Vélo nord <-> sud, a remplacé une file de circulation générale. Elle permet d'emprunter l'axe à vélo dans les deux sens en étant séparé de la circulation, contrairement à la situation antérieure.

pour décarboner la mobilité à faible coût avec la marche (DGE / ADEME, 2020). La conception de ces réseaux obéit aux impératifs définis par l'ingénieur André Pettinga (2005), pour qui les Pays-Bas font figure de laboratoire grandeur nature pour le vélo : cohérence, continuité, rectitude (absence de détours et de temps d'attente), sécurité, agrément et confort (trajet tranquille et rapide).

En France, de nouveaux investissements s'inspirent directement de cette innovation néerlandaise. Grenoble, Strasbourg et Rennes (à un niveau embryonnaire pour cette dernière) développent des réseaux cyclables « à haut niveau de service », plus communément appelés « réseaux express vélo ». En Île-de-France, le Collectif Vélo porte depuis 2019 un projet similaire baptisé RER V, cette fois à l'échelle régionale, réseau dont les cinq premières lignes sont prévues d'ici 2025 et seront largement financées par la Région. Il complétera en banlieue l'armature parisienne du Réseau Vélo Express (REVe), concrétisation phare du dernier plan vélo parisien.

Un outil délaissé mais promis à un avenir florissant : le plan de circulation

Un nombre croissant de collectivités françaises prennent conscience que pour changer le cadre de vie et l'adapter aux enjeux du XXI^e siècle, elles doivent mettre en œuvre des dispositifs plus ambitieux de remise en cause de la voiture.

50 %

LA PART DES VÉLOS À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE (VAE)

dans les ventes globales de vélos aux Pays-Bas.



Le plan de circulation de Groningue, mis en place en 1977, a permis de rendre le vélo plus rapide et efficace que la voiture dans le centre. Il a été couplé à un réseau cyclable hiérarchisé et maillé dans le reste de l'agglomération. Source : Capture d'écran d'un reportage de Streetfilms, Groningen : The World's Cycling City.

Les plans de circulation modernes, conçus non pour fluidifier la circulation automobile mais pour l'encadrer, sont un des outils les plus efficaces pour empêcher le transit automobile.

Inventés en Italie, en Allemagne et aux Pays-Bas dans les années 1970, ces plans obligent les automobilistes à contourner des pôles urbains denses ou des quartiers résidentiels. Ils permettent de réduire la circulation motorisée et redonnent de l'espace, du confort et de la sécurité aux piétons et aux cyclistes. Là encore, c'est aux Pays-Bas qu'ils ont été le plus généralisés, à partir du modèle élaboré dans la ville de Groningue, divisée une nuit de 1977 en quadrants infranchissables les uns par rapport aux autres pour les automobilistes (Van der Zee, 2015). Le plan de circulation a depuis grandement contribué à rendre les déplacements à vélo supérieurs à ceux de la voiture dans plus de 200 villes néerlandaises.

En France, Strasbourg a été pionnière en la matière dès 1992 : dans le cadre du lancement des travaux de la première ligne de tramway, quatre boucles de circulation furent créées, les zones piétonnes élargies et le transit motorisé rendu impossible dans le centre. Depuis le déconfinement de mi-2020, dans des villes aussi diverses que Dinan, Arras, Saint-Malo, Bayeux ou Paris, des rues ont été piétonnisées (partiellement ou totalement, parfois en permanence, parfois seulement le week-end ou en soirée), des sens de circulation inversés et des rues mises à sens unique, modifiant souvent en profondeur

27 %

LA PART DU VÉLO
dans les déplacements
du quotidien aux Pays-Bas.



Au milieu de la nouvelle vélorue d'Allonville, à Nantes (1,2 km de long), une aire piétonne a été créée, redonnant une centralité au quartier. À la rentrée 2020, une terrasse y côtoie un boulodrome.

des plans de circulation à l'échelle de centres ou de quartiers entiers (CVTC, 2020-2021).

La vélorue, un nouvel aménagement mixte importé des Pays-Bas

La vélorue est un concept apparu en Allemagne à la fin des années 1970 où il s'est beaucoup développé, tout comme aux Pays-Bas à partir des années 2000. C'est avant tout le fruit d'une hiérarchisation de la voirie qui sépare le flux du transit vélo du flux du transit motorisé. C'est devenu un aménagement indispensable aux urbanistes néerlandais pour compléter le réseau cyclable là où des cyclistes passent, mais où il est impossible d'introduire des pistes cyclables, pour diverses raisons. Les premières vélorues françaises ont été mises en place à Strasbourg en 2017, mais les exemples français ne reflètent pas toujours le concept tel qu'il s'est standardisé aux Pays-Bas, tant en termes de conception que de flux.

La vélorue est pourtant promise à un bel avenir dans les zones denses très fréquentées par des cyclistes. En 2020, des vélorues provisoires, introduites à Rennes et à Nantes, davantage inspirées par le modèle néerlandais, ont entraîné des refontes de plans de circulation. Elles y correspondent chacune à un axe structurant du réseau cyclable local où les vélos peuvent



Nantes : entrée dans la vélorue provisoire d'Allonville, ouverte en 2020.

s'approprier la chaussée grâce à un très faible trafic motorisé, limité aux riverains, taxis, livreurs et véhicules d'urgence. À Rennes, la première vélorue des quais nord de la Vilaine a permis de conforter la place des usagers habituels, d'attirer de nouveaux cyclistes et de leur permettre de rouler en double sens sur un axe stratégique pour traverser et desservir le centre. Début septembre 2020, près de 5000 vélos étaient comptabilisés chaque jour, le double de la fréquentation de début juin. Le rapport entre les modes s'est inversé, puisqu'il ne reste plus qu'un millier de véhicules motorisés à emprunter la rue contre 5000 auparavant.

Une forme alternative de smart city?

En conclusion, alors qu'implicitement la ville lente renvoie toujours aux modes dits « doux » — vocable de plus en plus délaissé au profit de celui des « modes actifs » — la ville « marchable » et cyclable n'est pas synonyme de lenteur ni de dispositifs technologiques faibles (Baudelle, 2019). Elle concilie la diffusion de solutions techniques novatrices avec l'encouragement aux interactions sociales offertes par la rue, à des espaces publics de qualité et à la diversité de ses usages. Elle peut être considérée comme une forme alternative de smart city qui cesse de privilégier l'automobile et vise avant tout l'efficacité, la facilité et le confort des déplacements à pied et à vélo : fluidité des itinéraires et de l'intermodalité, résorption des coupures urbaines, possibilité d'atteindre à vélo une vitesse constante, régulation des flux cyclistes, atténuation des conflits d'usage potentiels, etc.

Les choix politico-techniques les plus décisifs relèvent de la modération de la circulation, et de réseaux cyclables continus, cohérents, en site propre ou sur des axes peu motorisés. La ville favorable aux modes actifs s'avère donc un objectif de longue haleine qui réclame un meilleur rapport de force pour restreindre trafic et vitesse automobiles et redonner un visage humain à la ville : même à l'heure de la smart city, les piétons et les cyclistes, qui participent pleinement à l'animation de la rue, restent les socles de l'urbanité. ▮

La bibliographie et les sources sont disponibles dans la version web, sur [Construction21.fr](https://www.construction21.fr)

5

VÉLOS ET VOITURES : SÉPARATION OU MIXITÉ ?



Doit-on mettre en place des pistes cyclables dans toutes les rues ? À partir de quelle valeur de trafic doit-on séparer les cyclistes de la circulation motorisée ? La zone 30 est-elle un aménagement cyclable ? Voici les questions fondamentales qui se posent aux aménageurs quand il s'agit d'organiser la voirie pour les cyclistes. Et quelques principes fondamentaux à respecter pour garantir une voirie attractive pour tous les cyclistes, présents et à venir.



Thomas Jouannot,
directeur de projets modes actifs au Cerema
<https://www.linkedin.com/company/cerema/>

Le choix entre mixité et séparation des modes est fondamental lorsqu'on cherche à construire un espace public accueillant et inclusif pour l'ensemble des modes actifs. Ce choix s'appuie nécessairement sur une hiérarchisation préalable des réseaux viaire et cyclable ou à défaut sur une réflexion locale sur la vocation des aménagements mis en place. **Trois critères principaux** sont à considérer conjointement avant de choisir de faire cohabiter ou non les cyclistes et les usagers motorisés sur un même espace : le volume de trafic motorisé, la vitesse réelle pratiquée par les usagers et le trafic cycliste souhaité.

Le volume de trafic motorisé

La proximité avec les usagers motorisés est souvent facteur de stress, d'inconfort et de sentiment d'insécurité pour les cyclistes, même si elle ne s'avère pas rédhibitoire pour certains d'entre eux. Le volume de trafic est un indicateur qui permet d'apprécier si cette proximité risque d'être fréquente ou non, et donc si une mixité d'usages de la chaussée est envisageable.

Ainsi, les différents retours des gestionnaires de voirie en France et à l'international montrent qu'au-delà de **4000 uvp/jour**, la cohabitation entre les cyclistes et les usagers motorisés sur un même espace est très souvent problématique. Face à des situations où ce seuil est dépassé, deux options principales s'offrent à l'aménageur pour garantir la cyclabilité de la solution technique retenue :

- **créer des aménagements cyclables séparatifs** : cette option suppose de créer des aménagements suffisamment qualitatifs pour être plus attractifs que la chaussée générale. Ils devront être dimensionnés de manière adéquate et bénéficier d'un traitement particulièrement favorable dans les carrefours ;
- **prévoir un usage mixte de l'espace, mais agir sur le plan de circulation pour faire baisser le trafic motorisé** en dessous des seuils précités : c'est souvent la solution qui s'impose dans les rues étroites où la création d'aménagements séparatifs conformes aux standards de largeur n'est pas réalisable. Pour autant, on veillera à conserver dans la mesure du possible une largeur permettant une bonne cohabitation entre cyclistes et automobilistes, notamment en situation de dépassement.

Le trafic cycliste

Le trafic cycliste, constaté ou désiré, est également à prendre en considération, de même que le **niveau de service visé pour les cyclistes**. Par exemple, si une zone 30 à faible trafic motorisé (< 4000 uvp/jour) peut parfaitement admettre la mixité pour un trafic jusqu'à 750 cyclistes/jour, cette mixité peut se



© Rivo Vasta

révéler problématique si le trafic cycliste atteint plusieurs milliers de passages par jour, *a fortiori* sur un réseau cyclable à haut niveau de service.

Quel type d'aménagement ?

La hiérarchisation du réseau permet d'identifier les quelques axes de transit nécessitant des aménagements cyclables. Le reste du réseau est constitué des voies de desserte limitées à 30 km/h ou moins, faiblement circulées, nécessitant rarement des aménagements séparatifs.

Le long des voies limitées à 30 km/h ou moins, la piste cyclable ou la bande cyclable sont souvent pertinentes si on souhaite maintenir un trafic motorisé supérieur à 4000 véhicules par jour.

Le long des voies limitées à 50 km/h ou plus, où des aménagements séparatifs sont à privilégier, la piste sera généralement préférée à la bande cyclable dès que le trafic motorisé devient significatif (> 6000 uvp/jour).

Voici un tableau d'aide à la décision qui propose, en fonction de ces trois critères, le type d'aménagement cyclable à envisager en milieu urbain :

« Le choix entre mixité et séparation des modes est fondamental lorsqu'on cherche à construire un espace public accueillant et inclusif. »

V85 VITESSE LIMITE RÉELLEMENT PRATIQUÉE	TRAFFIC MOTORISÉ EN UNITÉS DE VÉHICULE PARTICULIER PAR JOUR (DANS LES DEUX SENS)	DÉBIT CYCLISTE SOUHAITÉ (EN NOMBRE DE VÉLOS PAR JOUR)		
		RÉSEAU CYCLABLE SECONDAIRE (TRAFFIC INFÉRIEUR À 750 CYCLISTES/JOUR)	RÉSEAU CYCLABLE PRINCIPAL (TRAFFIC COMPRIS ENTRE 500 ET 3000 CYCLISTES/JOUR)	RÉSEAU CYCLABLE À HAUT NIVEAU DE SERVICE (TRAFFIC >2000 CYCLISTES/JOUR)
30 KM/H OU MOINS	< 2000	Trafic mixte	Vélorue ou trafic mixte	Vélorue ou piste cyclable
	2000 À 4000		Bande cyclable ou trafic mixte	Piste cyclable
	> 4000	Piste ou bande cyclable		
50 KM/H	< 1500	Trafic mixte		Piste cyclable
	1500 À 6000	Piste ou bande cyclable		
	> 6000			
70/80 KM/H	< 1000	Trafic mixte	Piste cyclable/voie verte/bande cyclable/bande dérasée de droite	Piste cyclable
	1000 À 4000	Piste cyclable/voie verte/bande cyclable/bande dérasée de droite	Piste cyclable ou voie verte	
	> 4000			

L'examen de ce tableau donne une idée assez précise du choix à opérer entre mixité et séparation des modes. Mais, d'autres paramètres pourront également être examinés :

- largeur de la chaussée et nature des séparateurs : à trafic et vitesse égaux, la largeur circulable fait varier sensiblement le niveau de service offert aux cyclistes. Par exemple, même avec un faible trafic motorisé, une chaussée monodirectionnelle étroite avec bordures infranchissables est souvent très inconfortable pour

Mesurer la vitesse réelle des automobilistes

La modération de la vitesse en ville est une nécessité tant pour la sécurité routière que pour la qualité de vie et la convivialité. C'est une condition nécessaire (mais non suffisante) pour envisager de faire circuler les cyclistes et les usagers motorisés sur un même espace. En outre, ce sont les vitesses réelles des véhicules motorisés et non la vitesse limite autorisée qui conditionnent la sécurité et le ressenti de sécurité vécu par les cyclistes. Pour mesurer la vitesse pratiquée, on utilise couramment le V85 : c'est la vitesse en dessous de laquelle circulent 85 % des véhicules libres (non contraints par la circulation des autres véhicules).

les cyclistes qui ne peuvent ni dépasser ni se faire dépasser dans de bonnes conditions ;

- présence éventuelle de dispositifs de modération de la vitesse pour les véhicules motorisés ;
- voirie en pente générant, dans le sens de la montée, une augmentation du différentiel de vitesse entre les vélos et les voitures ;
- étalement ou resserrement de l'heure de pointe : des dispositions spécifiques peuvent être envisagées pour des axes dont les trafics motorisés et cyclables se trouveraient particulièrement étalés dans la journée ou au contraire concentrés sur les heures de pointe (trafics pendulaires) ;
- volume de trafic piéton : le croisement du niveau de service recherché pour les piétons et les cyclistes avec les volumes en présence est également à prendre en considération dans le choix de l'aménagement. //

1. Uvp : unité de véhicule particulier. Cette unité de mesure du trafic tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur de deux.



6

VOIES RÉSERVÉES : UN OUTIL POUR OPTIMISER L'USAGE DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES



Afin de maîtriser ou de réduire le trafic automobile, le développement d'alternatives à l'autosolisme est un enjeu fort pour les grandes agglomérations congestionnées. Il est également nécessaire de répondre aux exigences d'amélioration de la qualité de l'air en favorisant la circulation de véhicules moins polluants. Voici un état des lieux du déploiement des voies réservées à ces usages en France.



Nicolas Moronval,
chef du Département Innovation et Développement, Groupe APRR-AREA
[linkedin.com/in/moronval-nicolas-73540512](https://www.linkedin.com/in/moronval-nicolas-73540512)



Pascal Glasson,
directeur de projets régulation des trafics et voies réservées, Cerema
[linkedin.com/company/cerema/](https://www.linkedin.com/company/cerema/)



Voie réservée aux services réguliers de transport public collectif sur A51.

En France, les voies réservées sont d'abord apparues sous la forme de voies réservées aux services réguliers de transport public collectif (VRTC) avec la mise en service de plusieurs voies réservées sur des axes routiers structurants du réseau national : A1, A6a, A10 et A12 en Île-de-France, A7 et A51 entre Aix-en-Provence et Marseille ou encore A48 à Grenoble.

L'enjeu porte désormais sur la réalisation des premières voies réservées au covoiturage et à certaines catégories de véhicules (VR2+) aux abords des grandes métropoles, qui permettent d'accroître le nombre de personnes transportées (et non de véhicules), mais dont la mise en place est plus complexe, notamment en termes d'acceptabilité, de sécurité et de contrôle de l'usage...

Le principe des voies réservées au covoiturage et à certaines catégories de véhicules

Les voies réservées correspondent à l'utilisation d'une voie de circulation sur un axe subissant une congestion récurrente, pour en réserver l'usage à certaines catégories de véhicules. Les catégories d'usagers ou de véhicules autorisés sur les "VR2+" sont :

- les véhicules transportant au minimum deux occupants notamment dans le cadre du covoiturage (VL2+);
- les véhicules de transport en commun;
- les taxis;
- les véhicules à très faibles émissions (crit'Air 0).

L'aménagement d'une VR2+ peut se faire soit en réaffectant une voie existante (généralement la voie de gauche) soit en ajoutant une nouvelle voie. La première solution présente l'avantage de nécessiter moins d'investissements, mais comporte un risque d'accroissement de la longueur de congestion. La seconde solution engendre des coûts élevés, nécessite des emprises supplémentaires et peut accroître la capacité de la

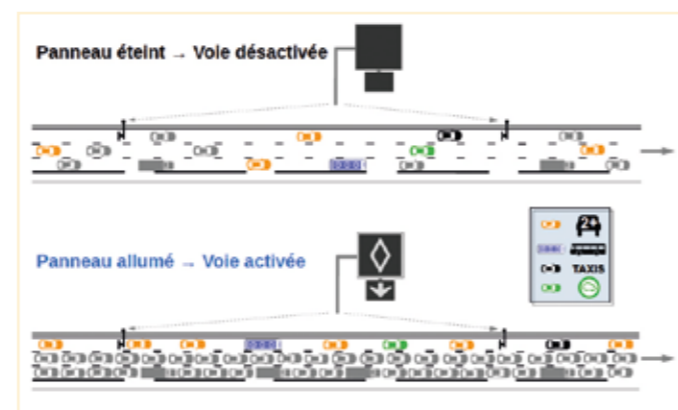
route... ce qui risque de générer une augmentation du trafic automobile et des nuisances environnementales.

En France, le principe privilégié consiste à aménager ces voies réservées en lieu et place d'une voie de circulation existante en l'exploitant de façon dynamique : la voie de circulation n'est réservée que certains jours et à certaines heures de la journée¹.

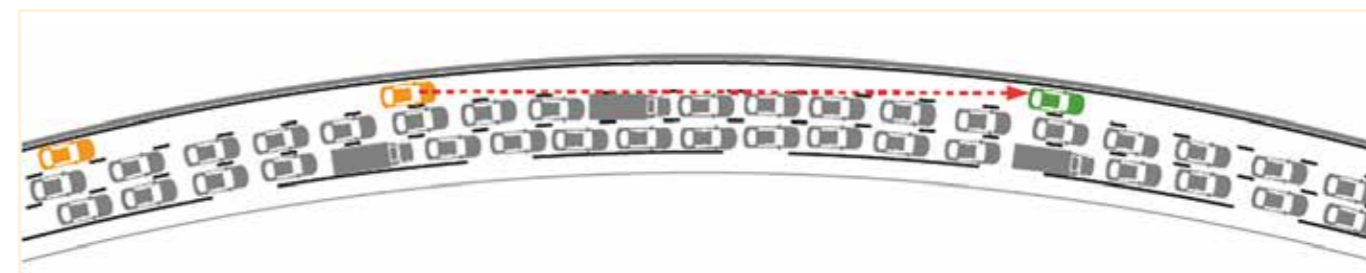
Les objectifs des voies de covoiturage

La mise en œuvre de VR2+ sur les axes routiers structurants, sans créer d'infrastructures nouvelles, vise à répondre à deux objectifs :

- à court terme, exploiter plus efficacement l'infrastructure en permettant une réduction du temps de parcours moyen des usagers empruntant la VR2+;
- à moyen terme, inciter les usagers à changer de mode de déplacement en ayant recours aux mobilités partagées ou faiblement émissives du fait de la fiabilisation et de la réduction de leurs temps de parcours.



Principe de fonctionnement d'une VR2+ dynamique



Visibilité d'un usager de la VR2+ sur un usager entrant

En parallèle de la création de voies réservées, il est nécessaire, pour les maîtres d'ouvrage et leurs partenaires d'inscrire leurs projets de VR2+ dans une politique globale en matière de mobilités, en étudiant par exemple la création de dispositifs ou d'aménagements en faveur des mobilités partagées : plateforme de mise en relation de covoitureurs, incitations financières, information multimodale, aires de covoiturage, parcs relais, etc.

Des enjeux de sécurité, d'acceptabilité et d'efficacité

L'un des principaux enjeux de sécurité d'une VR2+ est la gestion des changements de file entre les voies de circulation générale congestionnées et la VR2+, où les véhicules circulent plus rapidement. Cette problématique nécessite notamment :

- un dimensionnement adéquat de la voie réservée (via une augmentation de sa largeur par rapport à une voie rapide "traditionnelle") permettant d'améliorer les visibilités et de faciliter les manœuvres d'évitement;
- une baisse de la vitesse sur l'ensemble des voies de circulation.

En parallèle, l'acceptabilité de la voie réservée nécessite que :

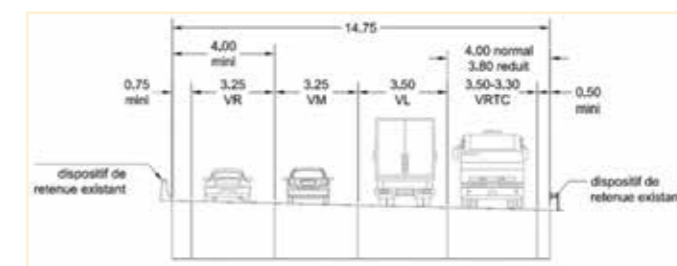
- l'accroissement de la longueur de la congestion soit maîtrisé pour ne pas dégrader les conditions de circulation sur des itinéraires jusque-là épargnés par la congestion;
- la baisse des vitesses sur ces axes structurants (potentiellement à 50 km/h) soit restreinte aux périodes de montée en charge du trafic et d'activation de la voie réservée;
- la voie réservée soit généralement réservée aux "2 occupants et plus" et non "aux 3 occupants et plus" afin d'éviter le « syndrome de la voie vide »;
- le contrôle de leur utilisation soit efficace.

Enfin, les retours d'expérience sur les premiers projets de VR2+, en 2021, permettront de mesurer l'efficacité de ces voies notamment via la quantification des impacts sur le trafic (fréquence et dureté des phénomènes de congestion), de la progression de la pratique du covoiturage, des temps de parcours des usagers autorisés...

Les premières voies réservées au covoiturage

En France, les premières voies réservées sur autoroutes et voies structurantes d'agglomérations ont été mises en service en 2020 : A48 en entrée de Grenoble et M6/M7 près de Lyon. La VR2+ sur A48, en amont de la bifurcation A48/RN481, s'étend sur une longueur de 8 km et utilise la voie de gauche.

Elle accepte les VL2+, taxis et véhicules crit'Air 0, tandis que les véhicules réguliers de transport public collectif circulent sur la VRTC située sur l'ancienne bande d'arrêt d'urgence.



Profil en travers type sur A48

Dès l'ouverture de la voie réservée et afin de sensibiliser à la bonne utilisation de la voie, le message pédagogique « Seul(e) à bord/Changez de voie » est affiché sur un panneau lumineux situé au-dessus de la voie, au passage des véhicules non autorisés. L'affichage de ce message est rendu possible par la solution de comptage automatique du nombre d'occupants dans les véhicules développée par la société Pryntec.

L'activation de la VR2+ est proposée automatiquement à l'opérateur en fonction de l'état du trafic. Dans la pratique, son activation a été observée quotidiennement entre 6 h 50 et 7 h 10, pour une durée de 2 h en moyenne. Dès les premiers jours, la quasi-totalité des VL2+ a emprunté la voie qui leur était réservée. Bien qu'une proportion non négligeable d'autosolistes aient utilisé la VR2+, un différentiel moyen de vitesse de 10 km/h a été rapidement constaté, sans qu'aucun incident ne soit à déplorer. Ce différentiel, facteur d'attrait et donc d'adhésion, devrait légèrement croître à mesure que les seuls covoitureurs emprunteront la voie.

Concevoir collégalement, avec méthode et finesse un nouveau service est un préalable nécessaire à la réussite d'un tel projet, mais cela ne suffit pas à emporter l'adhésion des usagers ni même à leur permettre d'en appréhender la finalité et l'usage. Afin d'y parvenir, une première campagne de communication a été engagée dès le printemps 2020 pour informer les automobilistes de l'arrivée de ce nouveau service. En 2021, une nouvelle phase axée sur l'incitation au covoiturage sera lancée, elle prévoit notamment de valoriser les bonnes pratiques.

1. Propositions SD-A2.4 de la Convention citoyenne pour le climat.



« Le déploiement des voies réservées devrait également s'accélérer grâce aux travaux de la Convention citoyenne pour le climat. »

Le contrôle des voies réservées

Comme mentionné précédemment, l'acceptabilité des voies réservées passe également par un contrôle performant du nombre d'occupants permettant de vérifier que les véhicules présents sur la voie sont bien autorisés à y circuler. L'article 39 de la loi d'orientation des mobilités (LOM) précise le cadre juridique applicable aux dispositifs de contrôle automatisé de ces voies réservées qui peuvent être mis en œuvre par les forces de l'ordre.

À l'heure actuelle, certaines solutions de comptage du nombre d'occupants dans les véhicules apparaissent suffisamment efficaces pour permettre l'affichage de messages pédagogiques incitant au bon usage de la voie. Cependant, dans l'attente de l'homologation de ces dispositifs permettant un contrôle sanction totalement automatique, le recours à un dispositif de contrôle par vidéo-verbalisation assistée par ordinateur est privilégié.

Perspectives

Les VR2+ sont des objets routiers innovants dont le déploiement monte progressivement en puissance grâce à un cadre juridique complet, une volonté politique forte, des possibilités de financement accrues (plan de relance, 4^e appel à projets "Transports collectifs en site propre"...) et des avancées notables sur les capteurs du nombre d'occupants. Les premiers retours d'expériences, attendus en 2021, permettront de consolider les règles de l'art sur ce sujet.

Enfin, le déploiement des voies réservées devrait également s'accélérer grâce aux travaux de la Convention citoyenne pour le climat qui a proposé, dans les trois prochaines années, de « généraliser les aménagements de voies réservées aux véhicules partagés et aux transports collectifs sur les autoroutes et voies rapides ».

Pour aller plus loin : guide Voies structurantes d'agglomération – Aménagement des voies réservées au covoiturage et à certaines catégories de véhicules, Cerema, 2020.



7

INCLURE LES BABY-BOOMERS DANS LA MOBILITÉ DU XXI^e SIÈCLE



La génération des baby-boomers nés après-guerre est désormais confrontée aux difficultés relatives à la fin de vie. Parmi les nombreux outils technologiques qu'elle a vu se démocratiser au cours du XX^e siècle, l'automobile est sans doute l'un des plus emblématiques de cette génération. Aujourd'hui, face aux enjeux liés aux changements climatiques, il est crucial de ne pas laisser nos aînés sur le bas-côté, au risque de leur faire rater le train de la décarbonation, créant une nouvelle fracture sociale majeure.



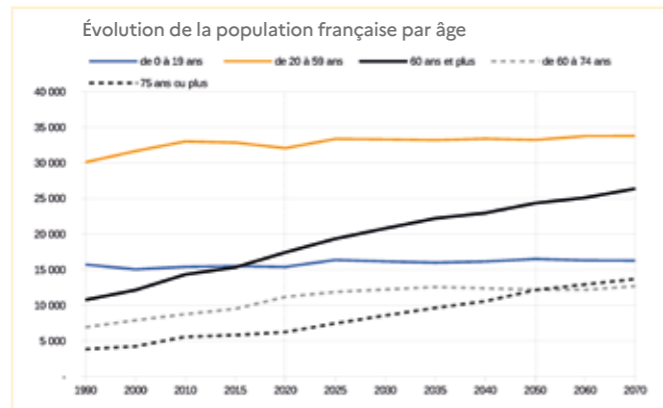
Peggy Mertiny,
chargée de mission, directrice d'études en charge
du stationnement au Cerema
[linkedin.com/in/peggy-mertiny-24912384](https://www.linkedin.com/in/peggy-mertiny-24912384)



Joël Meissonnier,
chargé de recherche au Cerema
[linkedin.com/company/cerema/](https://www.linkedin.com/company/cerema/)

« Les baby-boomers d'aujourd'hui s'avèrent bien plus mobiles que leurs aînés et le passage à la retraite s'accompagne d'une augmentation notable des pratiques de mobilité. »

Les plus de 60 ans sont aujourd'hui plus nombreux que les moins de 20 ans, mais au sein du 3^e âge, deux profils spécifiques se distinguent. Les baby-boomers d'une part, nés après la Seconde Guerre mondiale, ont construit la France des Trente Glorieuses et sont près de 12 millions à avoir entre 60 et 75 ans¹. Chaque année, ils sont environ 700 000 à prendre leur retraite ce qui en fait la cible principale des acteurs de la silver économie. Les 6 millions de seniors de la génération silencieuse d'autre part, nés entre la Grande Dépression de 1930 et la Seconde Guerre mondiale, ont désormais plus de 75 ans et 30 % sont en perte d'autonomie².

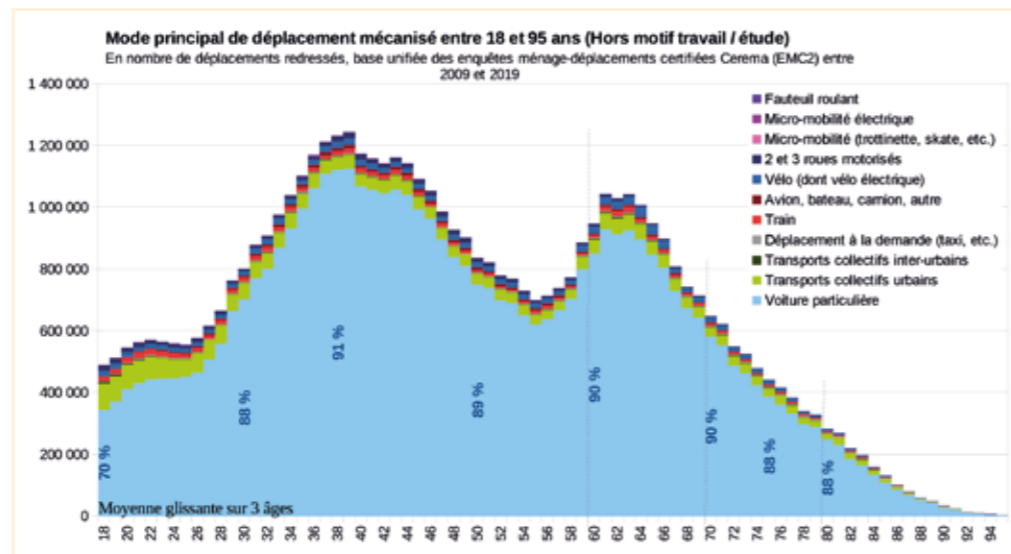


Ainsi en 2050, les baby-boomers continueront de grossir les rangs des plus de 75 ans et 4 millions d'entre eux devront faire face à une perte d'autonomie : la transformation des mobilités devra donc se faire avec eux et avec les spécificités inhérentes à ces deux catégories de population.

Une mobilité plus active, mais toujours ancrée dans le XX^e siècle

La génération entière des baby-boomers a baigné dans l'ère du « tout automobile » : motorisation de masse, développement des grands axes routiers et périurbanisation. Que ce soit pour leurs trajets quotidiens ou pour les loisirs, la voiture a été leur mode de transport privilégié quelle que soit leur catégorie socioprofessionnelle et son abandon est envisagé comme une véritable « mort sociale »³.

Les baby-boomers d'aujourd'hui s'avèrent d'ailleurs bien plus mobiles que leurs aînés et le passage à la retraite s'accompagne d'une augmentation notable des pratiques de mobilité⁴ générées par la mobilité de consommation et de loisirs. De plus, l'amélioration des conditions socio-économiques des aînés, leur accès quasi généralisé à la voiture individuelle ainsi qu'aux nouvelles technologies, permet le maintien de modes



+ 20 %

LA CROISSANCE DU TAUX DE POSSESSION

du permis de conduire chez les femmes de 75 à 85 ans en 10 ans.

de vie de plus en plus variés dans la vieillesse⁵ et à 80 ans, tout comme à 30 ans, 88 % des déplacements (hors travail) se font en voiture particulière. On s'attend donc à ce qu'ils poursuivent leurs activités jusqu'à un âge avancé et restent acteurs de leur mobilité, fortement centrée sur l'usage de la voiture.

Plus de femmes au volant

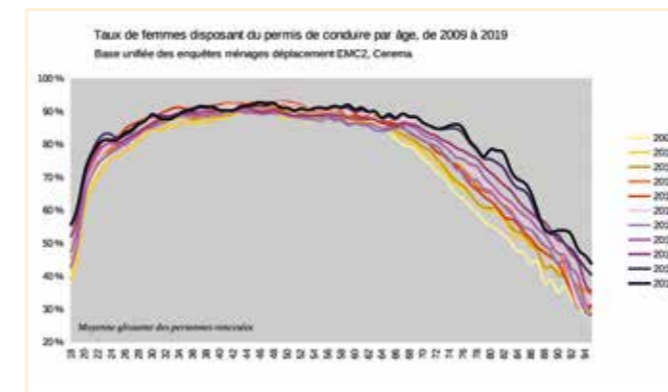
La motorisation croissante, surtout celle des femmes, apparaît comme un puissant facteur de transformation de la mobilité quotidienne au cours du troisième âge. Pour preuve, le taux de possession du permis chez les femmes de 75 à 85 ans a augmenté de plus de 20 points en seulement 10 ans.

Néanmoins, la diminution de la taille des familles et la dissémination géographique de plus en plus grande des cellules familiales font que les personnes âgées auront de moins en moins de membres de leur famille proche pour s'occuper d'elles. Alors malgré l'amélioration de ce facteur d'autonomie des femmes, la pression sur la collectivité pour fournir des services et des équipements en remplacement lorsque cette capacité ne pourra plus être maintenue⁶ continuera de s'accroître.

Une évolution de la mobilité difficile à appréhender

Alors qu'ils n'ont jamais été aussi en phase avec leur temps, 16 % des personnes âgées de 56 à 74 ans et surtout 44 % des plus de 75 ans déclarent être gênées pour se déplacer. Ces difficultés à anticiper les changements liés à l'âge sont très hétérogènes⁷, parmi lesquelles :

- le déni : 21 % des futurs seniors n'ont jamais réfléchi à l'évolution de leur mobilité;
- l'optimisme naïf : 32 % envisagent un report futur sur les transports en commun, alors qu'ils ne sont que 5,5 % à les utiliser (+ 65 ans);



- le défaitisme : 31 % renonceront à certains de leurs déplacements et 30 % auront recours à la mobilité inversée (achats en ligne, télémedecine, livraisons...);
- l'appel à la solidarité : 29 % auront recours à un proche (famille, amis) ou à un tiers (bénévole, professionnel : 17 %);
- le pragmatisme : 9 % seulement s'orienteront vers un véhicule personnel adapté et 5,5 % le covoiturage.

Les personnes âgées sont ainsi tentées de prolonger indéfiniment leur pratique de la conduite lorsqu'elles ont les moyens économiques d'investir dans des véhicules équipés des dernières technologies, et ce, même si elles n'ont plus toutes les aptitudes physiques et/ou cognitives requises pour le faire. Le risque est réel, faute de solutions alternatives crédibles, de placer les personnes âgées dans un non-choix, les rendant otages de leur voiture jusqu'à leurs derniers jours.

Certes, l'arrêt de la conduite est redouté, quel que soit l'âge, car vécu comme un signe d'entrée dans la vieillesse et la dépendance⁸. Mais le défaut de lucidité de la part des personnes âgées justifie-t-il que la puissance publique ne mette pas tout en œuvre pour les éclairer ?

À l'instar du logement, le maintien dans la conduite le plus tard possible semble encore faire consensus. Mais l'adaptation de la voiture aux aptitudes des personnes ne répondra pas à elle seule aux changements sociétaux attendus en ce début de XXI^e siècle. Cette position délibérément pro-voiture n'est sans doute pas sans lien avec la pression exercée par les constructeurs automobiles qui trouvent là une formidable occasion de justifier la course à l'innovation, loin des impératifs internationaux de décarbonation des mobilités⁹. Dès lors, sous couvert de permettre aux conducteurs les plus âgés d'être mobiles plus longtemps, cette « conception universelle » sert de prétexte pour reculer la fin de la conduite automobile, au risque de compromettre son anticipation, bien qu'inéluctable.

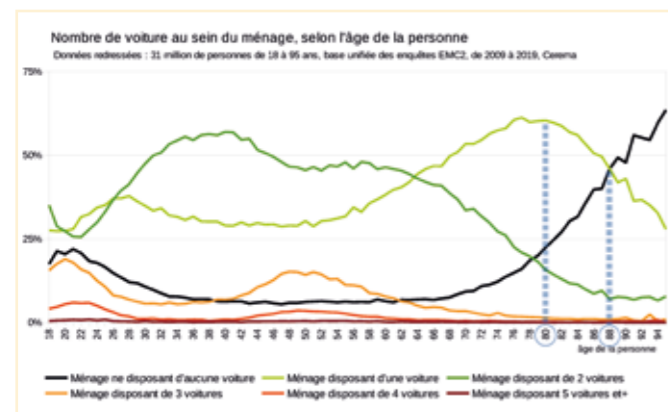
En outre, le développement des zones à faibles émissions et la diminution progressive de l'offre de stationnement en voirie (dont seulement 2 % minimum sont réservés aux personnes à mobilité réduite¹⁰) vont rendre l'accès aux centralités plus difficile. Des changements devront alors être engagés à court terme, au risque d'en exclure cette frange grandissante, et non moins fragile, de la population.

1. Population INSEE en 2020.
2. Khaled Larbi (Insee), Delphine Roy (Drees), 2019.
3. Drulhe, Pervanchon, 2004.
4. Hildebrand (2003), Rosenbloom (2003), Fötker & Grotz (2006)
5. Alsnih & Hensher (2003), Rosenbloom (2003) et Daris (2003)
6. Rapport OCDE, 2001.
7. Étude du Laboratoire de la mobilité inclusive, Dreyfus, 2019.
8. Espinasse, 2005.
9. Pascale Hebel, Crédoc, 2010.
10. Voirie : Décret n° 2006-1658 du 21 décembre 2006 et établissements recevant du public : Arrêté du 1^{er} août 2006.

« Les personnes à la retraite sont, par définition, moins sujettes aux contraintes d'horaire et de mobilité. Ne pourrait-on pas attendre d'elles que leur mobilité soit, selon le cas, plus lente, moins instantanée et plus écologique? »

Développer de nouveaux modes de mobilité adaptés pour engager une mutation vers la mobilité décarbonée et inclusive de demain

D'ici que la voiture devienne 100 % autonome, des solutions de moyen terme sont à mettre en œuvre. Mais lorsqu'il s'agit de faire le bilan de l'offre de mobilité des personnes âgées, la voiture ne souffre d'aucune réelle concurrence. Ce n'est d'ailleurs qu'à partir de 80 ans que commence effectivement la démotorisation et à partir de 88 ans que les ménages sans voiture deviennent majoritaires. En l'absence de choix effectif, les personnes âgées sont donc prisonnières du système automobile, comme otage d'un mode de transport assigné auquel on tarde à trouver des alternatives. Or les personnes âgées pourraient être mises tout particulièrement à contribution pour engager cette transition, car anticiper une alternative serait un gage de meilleure appropriation pour un public très attaché à ses routines. De plus, les personnes à la retraite sont, par définition, moins sujettes aux contraintes d'horaire et de mobilité. Ne pourrait-on pas attendre d'elles que leur mobilité soit, selon le cas, plus lente, moins instantanée et plus écologique?



Des réponses assez classiques apparaissent de prime abord comme les services à la demande de transport et d'assistance¹¹, mais d'autres solutions plus originales émergent aussi. Tout d'abord, les buggys et les tricycles motorisés, moins stigmatisants en situation de handicap, sont une excellente solution pour maintenir la mobilité. Peu commercialisés en France, on dénombre environ 500 000 utilisateurs de ces « scooters » PMR au Royaume-Uni contre quelques milliers en France.

Ensuite, d'autres initiatives misent sur la formation, afin « d'apprendre à être vieux », comme celle de la prévention routière¹² ou l'Attaining Energy-Efficient Mobility in an Ageing Society¹³ sur le management de la mobilité des personnes âgées dans les transports en commun.

Enfin, des expérimentations de covoiturage solidaire ont montré leur efficacité comme « the Independent Transportation Network (ITN)¹⁴ » aux États-Unis. Ce réseau national de 25 filiales locales regroupe environ 1650 conducteurs volontaires (60 ans d'âge moyen) à destination des personnes âgées et malvoyantes (80 ans d'âge moyen). Il est une démonstration de la « propension à payer » pour un service de qualité, *a fortiori* lorsque les transports en commun sont inexistantes ou insuffisants.

Il paraît donc plus que nécessaire d'envisager la mobilité des personnes âgées sous l'angle de l'anticipation. En dédramatisant ce changement grâce à des médias appropriés aux seniors et surtout en dissociant liberté individuelle et automobile, usagers et autorités organisatrices des transports envisageront mieux les évolutions à venir dans cette « vie après la conduite ».

11. L'association Compagnons du voyage, et le programme « SORTIR PLUS ».
12. Flyer de la prévention routière : « Avec le temps, comment adapter sa conduite? »
13. Rapports, guides et études de bonnes pratiques : www.aeneas-project.eu
14. www.itnamerica.org

8

LA PSYCHOLOGIE SOCIALE AU SERVICE DU REPORT MODAL



Dans quels cadres de vie, avec quelles perspectives les individus, les ménages ou les groupes en viennent-ils à bousculer leurs habitudes en renonçant à la voiture individuelle pour des modes de déplacement plus durables? Cet article se propose de présenter un exemple de recherche s'appuyant sur un outil dédié aux expérimentations et mettant en œuvre des environnements immersifs simulés en réalité augmentée.



Frédéric Martinez, chargé de recherche, responsable de l'équipe Dynamique des Changements de mobilité, Université Gustave Eiffel.



Régis Blanchet, ingénieur d'études, Équipe Dynamique des Changements de mobilité



Patricia Champelovier, ingénieure de recherche, Équipe Dynamique des Changements de mobilité



Chloé Thévenet, doctorante, Équipe Dynamique des Changements de mobilité



Chrystèle Philipps-Bertin, chargée de recherche, Équipe Dynamique des Changements de mobilité

Agnès Boscher, ingénieure d'études, Équipe Dynamique des Changements de mobilité

<https://www.linkedin.com/school/universit%C3%A9-gustave-eiffel/>

120

HABITANTS

de Lyon et des communes limitrophes ont participé à l'expérimentation.

Située au carrefour des sciences psychologiques et sociales, la psychologie sociale développe un regard centré sur les interactions individus/contextes pour observer et analyser les expériences, les pratiques et les perceptions des personnes et des groupes. Ainsi, elle propose d'étudier comment les perceptions, décisions et comportements des individus sont influencés par des facteurs contextuels liés aux modes et contenus de communication, aux interactions sociales, aux objets et situations proposés. Les comportements de mobilité, comme les autres comportements humains, ne sont pas prédéfinis. Ils sont dépendants du contexte, de la construction subjective de la situation. La décision n'est jamais figée. Elle peut évoluer en fonction du contexte au moment de la décision, du cadre de vie, de l'environnement construit, de la présence ou de l'absence de nature. Les changements comportementaux dépendent également des perspectives offertes, de l'anticipation et de la visualisation des conséquences. La tension, créée par la perception subjective de la différence entre la situation actuelle et la situation future potentielle, déclenche une motivation à agir et oriente la décision.

Simuler des cadres de vie... pour agir sur le report modal : une application innovante

La méthode expérimentale en sciences humaines et sociales, en recourant à la réalité virtuelle, offre une réelle opportunité d'identifier les cadres de vie, les perspectives individuelles et collectives les plus efficaces pour accroître le report modal. Le Laboratoire de simulation et d'évaluation de l'environnement

« La tension, créée par la perception subjective de la différence entre la situation actuelle et la situation future potentielle, déclenche une motivation à agir et oriente la décision. »

(LSEE) a été conçu dans l'objectif de créer et de « mettre en scène » des contextes variés permettant d'immerger des personnes dans un cadre de vie simulé. Les participants sont installés dans une pièce meublée comme le salon d'un logement. Elle dispose d'une fenêtre équipée d'un écran sur lequel est projetée une vidéo présentant un environnement extérieur. Avec la diffusion d'une ambiance sonore idoine, le sujet se retrouve alors immergé dans un appartement en centre-ville, ou une maison de campagne, ou une résidence pavillonnaire, en fonction du contenu diffusé. Des cadres de vie actuels ou prospectifs intégrant par exemple des modes de transports existants ou futuristes et leurs conséquences sur l'environnement sont ainsi simulés. Les ressources technologiques du LSEE associées à la maîtrise de l'animation 3D et de l'audio immersif assurent le réalisme des environnements reproduits. Elles offrent la possibilité de créer les situations les plus complexes et les plus abouties pour étudier l'influence du cadre de vie sur les décisions et comportements de mobilité.

Illustration empirique

Dans le cadre d'un projet de recherche plus large (PUNCH, financé par l'ADEME), une des expérimentations qui a été réalisée au LSEE consistait à tester les effets simples et d'interaction du cadre de vie et de la formalisation d'un dispositif de communication sur les choix de mode de transport.

Méthodologie

Les participants

120 habitants de Lyon et des communes limitrophes (70 femmes, 50 hommes, âgés de 22 à 63 ans, moyenne = 40,6 ans) ont participé à cette expérimentation en 2019. Le recrutement des participants s'est effectué via un mail envoyé dans différents réseaux (réseau interne de l'université et réseaux personnels). Les volontaires étaient invités à remplir en ligne un questionnaire préalable permettant de vérifier les différents critères de recrutement (être actif, habiter de façon permanente dans son domicile depuis plus d'un an, être titulaire d'un permis de conduire depuis plus de trois ans, posséder une voiture et pouvoir l'utiliser quand il le souhaite, être en capacité physique de se déplacer en transports en commun ou d'utiliser des modes alternatifs à la voiture) avant de les sélectionner.

Le matériel

Deux animations réalisées en images de synthèse en 3D simulaient les contextes :

— « appartement en centre-ville », avec des immeubles, sans végétation, et à la circulation dense (cf. photo 2);



Photo 2 : cadre de vie simulé : « appartement en centre-ville ».



Photo 3 : cadre de vie simulé : « pavillon en péri-urbain ».

— « pavillon en péri-urbain », avec des maisons individuelles, de la végétation et peu de circulation (cf. photo 3).

Deux messages prônant l'utilisation de modes de transport alternatifs à la voiture individuelle ont été élaborés :

- le premier met en exergue le gain à l'utilisation des transports alternatifs, et se termine par le slogan : « Améliorez dès maintenant la qualité de l'air pour votre santé »;
- le second met en exergue l'évitement de pertes lié au renoncement à la voiture individuelle, et se termine par le slogan : « Évitez dès maintenant la pollution de l'air pour ne pas tomber malade ».

36 scénarios de déplacements fictifs avec le motif « se rendre à son travail » ont été établis. Ils proposaient de choisir entre la voiture individuelle et un autre mode de transport alternatif : le vélo, les transports en commun (métro, tramway ou bus) ou le covoiturage.

Ces scénarios étaient répétés en faisant varier la durée du trajet et l'écart de temps de parcours entre le mode alternatif présenté face à la voiture individuelle.

La procédure

Les 120 participants ont été distribués aléatoirement dans quatre conditions expérimentales en fonction du cadre de vie induit et de la variation de la formalisation du dispositif de communication. Ils étaient installés individuellement dans le salon expérimental où était diffusée la séquence audiovisuelle représentant le cadre de vie qui leur était affecté. La mise en situation reposait sur une consigne orale de l'expérimentateur qui invitait les participants à s'imaginer dans un cadre de vie spécifique.

Pour chacun des 36 scénarios de déplacement, ils devaient faire leur choix en se positionnant sur une échelle allant de 1 (voiture individuelle) à 6 (mode de transport alternatif).

À la fin de l'expérimentation, les participants ont répondu à une batterie d'items sur une échelle d'accord en cinq points allant de « pas du tout d'accord » à « tout à fait d'accord » :

- 5 items sur le sentiment d'immersion : il s'agissait de vérifier que les participants s'étaient bien imaginés dans le cadre de vie induit (ex. « J'ai réussi à m'imaginer que j'étais chez moi ») et qu'il n'y avait pas de différence au niveau de la perception de proximité des arrêts de transport en commun et des stations de vélos en libre-service (ex. « Je me suis imaginé être proche des arrêts de bus, de métro, de tramway, d'une station de vélos en libre-service »);
- 7 items sur la qualité environnementale du quartier (ex. « Dans ce quartier, la santé des habitants est affectée par la pollution »).

Les résultats

Les résultats montrent notamment que :

- les participants se sont bien sentis comme chez eux et dans le cadre de vie simulé, dans les deux contextes;

« L'efficacité des dispositifs de communication pour inciter au report modal dépend de la perception de la qualité environnementale du cadre de vie. »

- il n'y avait pas de différence sur la perception de proximité des arrêts de transport en commun et des stations de vélos en libre-service;
- les participants immergés en situation « centre-ville » ont perçu le cadre de vie plus pollué que ceux en situation « pavillonnaire »;
- dans le contexte perçu comme le plus pollué (ex. centre-ville), les participants choisissent significativement davantage le mode alternatif lorsque le message souligne les conséquences positives, à savoir l'amélioration de la qualité de l'air;
- dans le contexte perçu comme le moins pollué (ex. pavillonnaire), les arguments les plus efficaces pour inciter au report modal sont ceux axés sur l'évitement des conséquences négatives, à savoir la diminution de la pollution de l'air.

Nous avons montré, à travers cette recherche, que l'efficacité des dispositifs de communication pour inciter au report modal dépend de la perception de la qualité environnementale du cadre de vie. La comparaison expérimentale de contextes contrastés offre des informations sur ce qui influence les changements de comportements de mobilité. Dans des travaux ultérieurs, il s'agira par exemple de :

- modéliser des quartiers avec et sans végétation en infographie 3D, afin de tester l'impact de ces différents cadres de vie sur le choix d'un mode de transport;
- insérer des éléments virtuels dans la prise de vue à 360° d'un quartier existant, pour évaluer l'efficacité d'aménagements destinés à encourager des changements de choix modal;
- simuler les conséquences à long terme de la pollution dans un environnement virtuel ou de réalité augmentée pour identifier les perspectives à mettre en avant dans les dispositifs de communication (spot télévisuel, affiche, actions de sensibilisation...).

L'identification d'autres situations de décision (cadre de vie, contenu du message, perspectives offertes...) les plus efficaces permettra de favoriser la mobilité décarbonée en incitant au report modal qui impacte aussi bien la qualité de l'air que nous respirons que l'atténuation des changements climatiques et donc l'avenir de la planète. ▀

9

INTERLUD : UN PROGRAMME POUR UNE LOGISTIQUE URBAINE DURABLE



La logistique urbaine ou la logistique du dernier kilomètre est « l'art d'acheminer dans les meilleures conditions les flux de marchandises qui entrent, sortent et circulent dans la ville¹ ». Son rôle est devenu visible aux yeux de tous depuis la pandémie de Covid-19, avec des travailleurs de la livraison mieux reconnus et un approvisionnement des ménages via le e-commerce pouvant pallier en partie la fermeture des commerces non essentiels pendant les périodes de confinement.



Hélène de Solère,
cheffe de projets logistique urbaine et interurbaine, Cerema
[linkedin.com/in/helene-de-solere-98bb16a5](https://www.linkedin.com/in/helene-de-solere-98bb16a5)

1. Définition de D. Patier, La logistique dans la ville, Celse, Paris, 2002.



La logistique du dernier kilomètre n'est pas exempte d'externalités négatives sur les territoires, tant environnementales, qu'organisationnelles. Les pouvoirs publics locaux disposent de différents leviers afin de relever l'ensemble des défis de la logistique du dernier kilomètre sur leur territoire : améliorer la qualité de l'air, prendre en compte des enjeux sociaux liés au statut des livreurs, poursuivre le développement de l'attractivité économique de leur territoire, améliorer la qualité de vie (gestion du trafic, sécurité routière). Le programme innovations territoriales et logistique urbaine durable (InTerLUD) a pour objectif d'accompagner les collectivités dans ces démarches.

Répondre à des enjeux majeurs pour les territoires et la planète

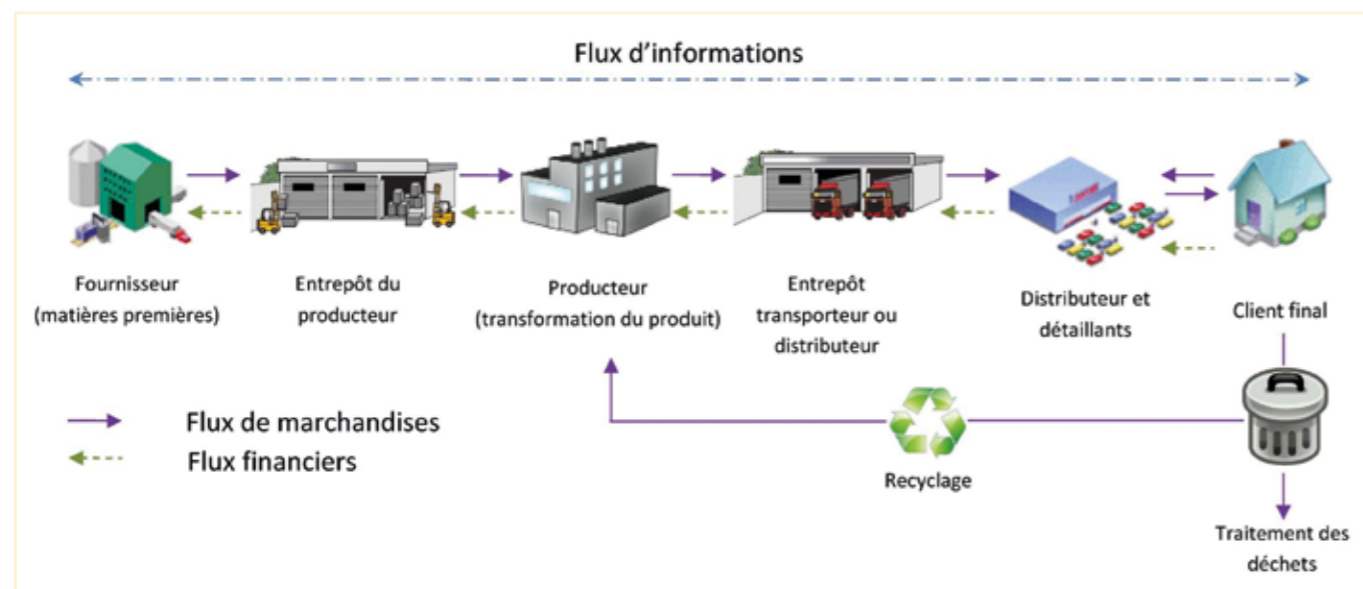
La logistique urbaine comprend de multiples opérations telles que la préparation et l'emballage des commandes, le transport et la livraison, la gestion des points de collecte des colis, des retours, des palettes vides. Les flux liés au transport de marchandises en ville sont constitués de la manière suivante² :

Les déplacements liés au transport de marchandises en ville représentent 15 à 20 % des flux. Ces différents flux se répartissent ainsi : 50 % liés à des déplacements d'achat et de livraison aux particuliers, 40 % pour des livraisons et des enlèvements auprès d'entreprises et 10 % liés à des flux de « gestion urbaine » : déchets, services postaux, chantier du BTP, déménagements. En ville, le flux de l'ensemble de ces déplacements représente 20 % du trafic urbain, 30 % de l'occupation de la voirie, mais représente en moyenne en ville, 25 % à 30 % des émissions de

CO₂ liées au transport, 30 % à 40 % des NOx liées au transport et 40 à 50 % des particules fines liées au transport³.

Outre ces impacts environnementaux, la logistique urbaine génère également des dysfonctionnements ou des conflits d'usages sur l'espace public : arrêt sur la voirie pour livrer, stationnement en double file, etc. Ces pratiques peuvent conduire à des situations accidentogènes et contribuer au congestionnement des centres urbains.

Pour autant, la logistique urbaine est un moteur indispensable au bon fonctionnement et à la vitalité économique des territoires. L'optimiser est une nécessité afin de faire converger les enjeux environnementaux, les enjeux économiques et les conditions de travail pour l'ensemble de la chaîne logistique. Infléchir les pratiques logistiques actuelles pour les optimiser, trouver des solutions d'intérêts communs pour construire une logistique urbaine durable, c'est le défi qui s'impose dès à présent à l'ensemble des acteurs publics et économiques. Une connaissance affinée des enjeux du transport de marchandises en ville, une meilleure appréhension de son organisation économique et sociale peuvent permettre de répondre aux problématiques identifiées.



© SEQ source 1 ARABIC T dumas.ccsd.cnrs.fr

Un cadre méthodologique et des outils à disposition des collectivités

Issue de la conférence environnementale de 2014, « La feuille de route 2015 » pour la transition écologique a initié l'élaboration d'un cadre national pour des chartes de logistique urbaine durable. Le développement de ce cadre national a été piloté par l'ADEME, la DGITM/MTES et le Cerema en associant les organismes institutionnels ainsi que les représentants des professionnels (Groupement des autorités responsables des transports, Association des maires de France, Chambre de commerce et d'industrie France...). Ce cadre méthodologique a ensuite été expérimenté dans six collectivités.

L'ensemble de ces travaux est mis à disposition sous la forme d'un rapport sur le site de l'ADEME⁴ : Engagement volontaire en faveur d'une logistique urbaine durable.

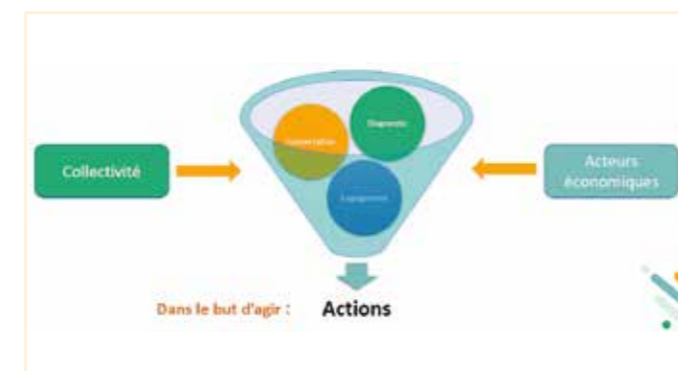
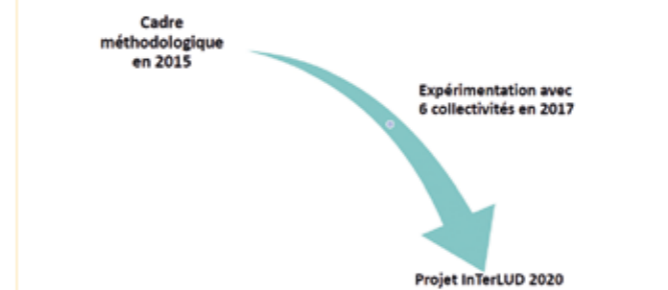
Cette méthode a pour objectifs de répondre aux principaux enjeux suivants :

- d'une part, permettre de réduire les impacts sur l'environnement (pollution, consommation, bruit, etc.), de contribuer à apaiser les centres-villes (pollution visuelle, congestion, conflits d'usage de la voirie, etc.) et d'améliorer le cadre de vie et la santé publique;
- elle permet également de répondre à des enjeux économiques notamment contribuant à améliorer l'efficacité du transport des marchandises. Ceci permet ainsi de renforcer l'attractivité et la compétitivité du territoire et *in fine* de créer de l'emploi.

La méthodologie se décline selon trois principes :

- le premier principe consiste à rassembler des connaissances par l'élaboration d'un diagnostic pour mieux connaître les enjeux de la logistique sur les territoires et identifier les acteurs principaux;
- le second principe relève de la concertation à mettre

La démarche nationale a amené au développement des chartes locales



« La logistique urbaine est un moteur indispensable au bon fonctionnement et à la vitalité économique des territoires. »

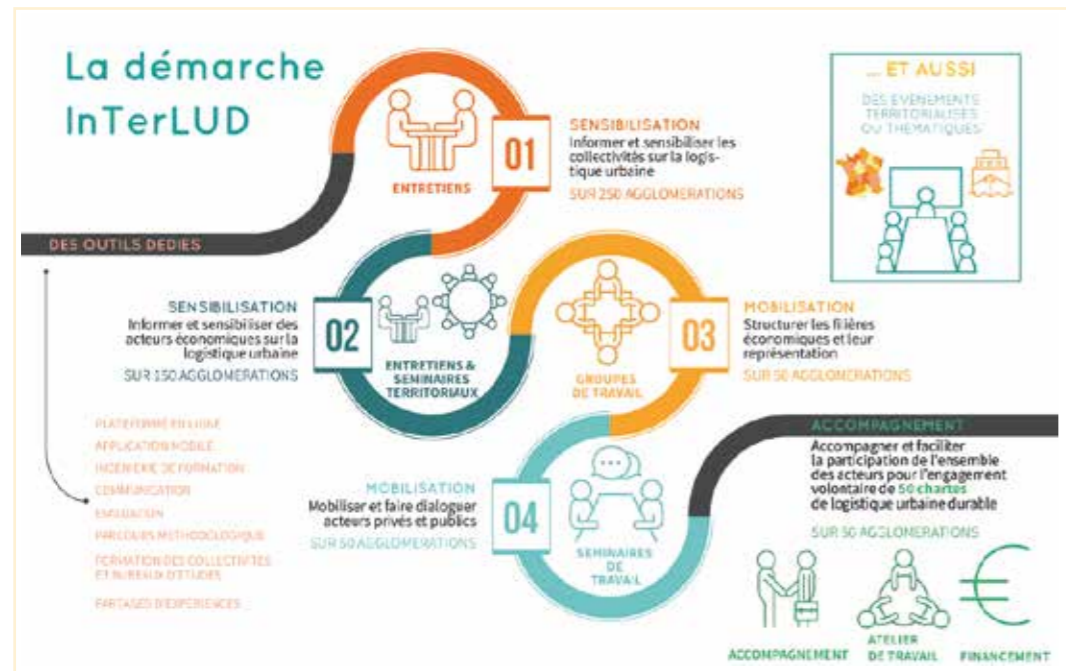
en place avec l'ensemble des acteurs du territoire – à la fois les acteurs institutionnels : collectivités, services de l'État, chambres consulaires et les acteurs économiques (transporteurs, commissionnaires de transport, grossistes, commerçants, artisans, entreprises); enfin, le dernier principe consiste en l'élaboration et la signature par l'ensemble des parties prenantes, d'une charte d'engagement volontaire partenariale en faveur d'une logistique urbaine durable, comprenant un plan d'actions ainsi que les modalités de suivi et de gouvernance.

Pour mettre en œuvre cette méthodologie, **trois étapes sont proposées** :

- la première étape consiste à : « comprendre la démarche de charte d'engagement volontaire pour la logistique » à travers une description globale de la démarche et des outils proposés ainsi qu'une présentation des fondamentaux de la logistique urbaine et de ses acteurs;
- la deuxième étape, nommée « socle d'engagement », permet de structurer la démarche au sein de chaque collectivité. Cette étape consiste à élaborer une stratégie à partir d'un diagnostic et d'une concertation avec l'ensemble des parties prenantes du territoire pour aboutir à un engagement sur des actions partagées avec ces acteurs;
- enfin, la troisième étape consiste en la sélection d'un « choix des actions » à mettre en œuvre sur le territoire. La démarche propose un socle d'actions répondant aux enjeux de la logistique urbaine. Ces actions sont classées en trois groupes : actions de « planification », actions « collectivités », actions « collaboratives ». Les territoires qui s'engagent dans cette démarche auront toute latitude pour combiner ces différentes actions, afin de bâtir leur stratégie. Les actions envisageables sont toutes explicitées dans le rapport de l'ADEME.

Enfin, il est recommandé de faire « vivre » la charte grâce à la gouvernance mise en place pour son élaboration. Il est important de suivre les actions définies et de partager avec l'ensemble des acteurs cet avancement, afin de poursuivre la dynamique engagée sur le territoire et d'en évaluer les résultats.

2. Source Laboratoire d'économie des transports, 2013.
3. CEREMA, Logistique urbaine (guide), éditions du Cerema, coll. Connaître et Agir, 2014.
4. <https://www.ademe.fr/engagement-volontaire-faveur-logistique-urbaine>



Un programme pour les villes moyennes et les métropoles

Le projet InTerLUD (innovations territoriales et logistique urbaine durable) a pour objectif de favoriser une gestion de la logistique urbaine plus durable et économe en énergie fossile au niveau des agglomérations, par des démarches de concertation entre les acteurs publics et privés. Retenu par la ministre chargée des transports Elisabeth Borne le 7 février 2020, il s'inscrit dans le cadre de l'appel à programmes 2019 pour l'obtention de certificats d'économie d'énergie (CEE). Conduit par le Cerema, la CGI (Confédération du commerce de gros et international), Logistic-Low-Carbon (filiale à 100 % de la CGI), l'ADEME (agence de la transition énergétique) et le bureau d'études Rozo, le projet InTerLUD vise à engager en 3 ans, 50 chartes de logistique urbaine durable sur le territoire national. Ces chartes ont vocation à contractualiser de nombreuses actions volontaires entre les acteurs publics et privés, entreprises à court terme, pour améliorer les conditions du transport des marchandises en ville.

Le programme s'adresse en particulier aux villes de taille moyenne et métropoles, dont les problématiques en termes de logistique urbaine peuvent être complexes. Il permet un financement pour l'élaboration des chartes jusqu'à 70 % par les contrats d'économies d'énergie pour les communautés d'agglomérations et communautés de communes, à 50 % pour les métropoles et communautés urbaines.

Les cinq axes principaux d'InTerLUD

Un axe sensibilisation des acteurs (collectivités et filières économiques) aux enjeux actuels de la logistique urbaine, aux actions possibles et aux outils existants, tels que les chartes de logistiques urbaines. Des événements territoriaux seront organisés en partenariat avec les collectivités et les entreprises, favorisant également la mise en réseau des différents acteurs.

Un second axe, visant à mettre à disposition de tous via une plateforme Internet, des bonnes pratiques et à proposer des outils applicatifs aux acteurs économiques (navigation GPS qui tient compte des arrêtés de circulation des communes, localisation

des points de recharge en énergie alternative, etc.) pour améliorer le transport de marchandises en ville.

Un troisième axe permettant d'accompagner les territoires qui se lancent dans l'élaboration d'une charte : il s'agit de subventionner de façon importante (jusqu'à 70 % pour les plus petites collectivités) le coût de réalisation des chartes de logistique urbaine. D'organiser des séminaires de mobilisation, réunissant acteurs publics et économiques, pour initier la dynamique à l'échelle locale et faciliter la concertation avec les acteurs économiques.

L'axe quatre du programme a pour objet de proposer des formations aux techniciens des collectivités aux enjeux de la logistique urbaine, aux différents leviers d'actions de l'EPCI, ainsi qu'à la méthodologie d'engagement volontaire en faveur de la logistique urbaine. Pour les acteurs économiques, le programme prévoit de compléter les formations déjà existantes, afin d'améliorer la prise en compte des enjeux de la logistique urbaine pour les conducteurs et au sein des entreprises de logistique.

Enfin, comme tout programme issu des certificats d'innovation énergétiques, InTerLUD fera l'objet d'une évaluation globale des effets du programme, au fil de l'avancement du projet, pour mesurer l'apport du programme et l'atteinte des gains attendus en termes d'émissions ou de consommation d'énergie.

Face aux enjeux environnementaux et aux différents désordres observés sur le territoire en lien avec le transport de marchandises : augmentation de la congestion de la circulation, conflits d'usages de la voirie, dans un contexte où le nombre des livraisons de colis augmente avec l'accroissement du e-commerce, les collectivités se mobilisent de plus en plus pour porter une politique publique visant à améliorer la logistique du dernier kilomètre. Le programme InTerLUD propose à ces territoires un accompagnement adapté pour répondre à ces questions et permettre la mise en place d'actions concertées par les différents acteurs de la logistique. //

Pour en savoir plus sur le programme : www.interlud.green, ou vous pouvez prendre contact avec les équipes chargées du déploiement territorial : interlud@cerema.fr

10

LOGISTIQUE DU DERNIER KILOMÈTRE : À BORDEAUX, ON LIVRE EN VÉLOS CARGOS



Face aux nouveaux défis écologiques et aux contraintes grandissantes auxquelles se confronte la logistique urbaine, le Groupe La Poste exploite depuis le mois d'octobre 2020 une flotte de vélos cargos pour livrer les colis dans le centre-ville de Bordeaux. Cette expérimentation d'une année est axée sur l'évaluation de la performance environnementale et opérationnelle de cette cyclo-logistique. En comparaison avec l'utilisation de véhicules de livraison motorisés, les premiers résultats obtenus sont très encourageants.



Yann Bouchery, professeur, directeur du Centre d'Excellence en Supply Chain, KEDGE BS [linkedin.com/in/yann-bouchery-81a45912a](https://www.linkedin.com/in/yann-bouchery-81a45912a)



Larissa Belgouzia, cheffe de projets, Centre d'Excellence en Supply Chain, KEDGE BS [linkedin.com/in/larissa-petrikova-belgouzia-rfr](https://www.linkedin.com/in/larissa-petrikova-belgouzia-rfr)



Jean-Louis Carrasco, directeur Logistique Urbaine branche Service Courrier-Colis, La Poste [linkedin.com/in/jean-louis-carrasco-35301b14](https://www.linkedin.com/in/jean-louis-carrasco-35301b14)



Walid Klibi, professeur, Centre d'Excellence en Supply Chain, KEDGE BS [linkedin.com/in/walid-klibi](https://www.linkedin.com/in/walid-klibi)



Olivier Labarthe, professeur, Centre d'Excellence en Supply Chain, KEDGE BS <https://www.linkedin.com/school/kedge-business-school/>



Johan Leveque, doctorant CIFRE, La Poste, Université de Bordeaux et KEDGE BS [linkedin.com/in/johan-leveque-phd/](https://www.linkedin.com/in/johan-leveque-phd/)



Gautier Stauffer, professeur, Centre d'Excellence en Supply Chain, KEDGE BS [linkedin.com/in/gautier-stauffer-b823424/](https://www.linkedin.com/in/gautier-stauffer-b823424/)

10 à 20 %

DU TRAFIC URBAIN

est assuré par le transport de marchandises, avec une occupation de la voirie d'environ 30 %.

Le transport de marchandises occupe une part importante du trafic en ville, 10 à 20 %, avec une occupation de la voirie d'environ 30 % (City logistics: a public/private comprehensive approach, M. Savy, 2014). Au niveau environnemental, le transport des marchandises en milieu urbain représente jusqu'à 50 % des émissions de gaz à effet de serre et génère des émissions de polluants atmosphériques de l'ordre de 40 % pour les NOx et 50 % pour les particules fines (Cerema. La logistique urbaine-Connaitre et agir, 2015). En 2017, l'agence européenne pour l'environnement estimait qu'en Europe la pollution atmosphérique serait responsable chaque année de 500 000 décès prématurés. Dans son rapport publié en 2020 sur la Mobilité urbaine durable dans l'UE, la Cour des comptes européenne estime le coût sociétal de la congestion à 270 milliards d'euros par an.

Face à de tels constats, les collectivités locales cherchent à mettre en place une nouvelle gestion urbaine, incluant de nouvelles formes de logistiques qui s'inscrivent dans une dynamique de croissance verte.

Le vélo cargo : un mode de livraison propre

Face à l'essor du e-commerce et à l'augmentation des flux qui en découle, la cyclo-logistique représente un secteur à fort potentiel au-delà de ses vertus environnementales, car les vélos cargos peuvent permettre des gains de productivité en zone urbaine dense (zéro émission, moindre sensibilité à la congestion, moindres difficultés de stationnement). Néanmoins, la cyclo-logistique se heurte souvent à des difficultés de mise en œuvre opérationnelle relatives à la planification et à l'optimisation des tournées de vélos cargos. En effet, comparé aux autres véhicules utilisés pour la livraison de colis en zone urbaine, les vélos cargos ont une capacité d'emport relativement faible, ce qui implique des recharges de colis. Par ailleurs, les vélos cargos disposent d'une autonomie limitée et ne sont pas conçus pour effectuer de longues distances,

les rendant peu performants sur la phase de « haut-le-pied » (temps d'attente entre la zone de livraison et le dépôt). Les opérateurs débutent souvent un projet de cyclo-logistique pour la livraison de colis en remplaçant un ou plusieurs véhicules existants par des vélos cargos. Leur utilisation n'est souvent pas optimisée du fait du manque de connaissance en matière d'exploitation des performances de ce moyen de transport. Les pilotes réalisés sur quelques jours ou quelques semaines ne suffisent pas pour dégager des bonnes pratiques pérennes quant à l'utilisation performante de vélos cargos.

In Vivo Cyclo : une année de livraison en vélos cargos

Le Groupe La Poste en partenariat avec le Centre d'Excellence en Supply Chain de Kedge Business School est l'un des trois lauréats de l'appel à projets recherche TRANSLLOG 2020 de l'ADEME sur l'axe cyclo-logistique. Le projet InViCy (In Vivo Cyclo) lancé en octobre 2020 repose sur le déploiement d'une flotte de vélos cargos à assistance électrique pendant une année pour la livraison de colis en milieu urbain dense. Cette expérimentation inédite à l'échelle nationale a pour objectif le développement d'une logistique du dernier kilomètre décarbonée qui soit pérenne, mais aussi généralisable à l'ensemble des grandes métropoles à l'échelle nationale. Les modèles d'optimisation généralement proposés à cet effet se fondent sur l'analyse des performances, afin d'identifier si une meilleure optimisation des ressources aurait été possible. Les limites de cette évaluation *a posteriori* constituent un verrou scientifique fort. Pour lever ce verrou, les acteurs du projet proposent une logique itérative basée sur les préceptes de l'apprentissage machine en remplaçant les données, généralement simulées, par des données réelles. Cette démarche scientifique innovante s'appuie donc sur une logique de "in vivo" – *simulation-based optimization*. L'objectif consiste à évaluer de façon précise et fiable la performance environnementale et opérationnelle de la cyclo-logistique en milieu urbain dense pour la livraison de colis.

Charge utile	Volume de chargement	Poids à vide	Puissance du moteur
300 kg	1,4 m ³	68 kg	0,25 kW
705 kg	8 m ³	1 515 kg	80 kW
x 2,35	x 5,7	x 22,3	x 320

Radkutsche
Musketier

Nissan e-NV200
XL Voltia



Adapté de European Cycle Logistics Federation, F. Luciano, 2018.

Des résultats préliminaires encourageants

Pour répondre aux objectifs du projet, les partenaires réalisent un pilote sur une année complète, de novembre 2020 à novembre 2021, avec cinq vélos cargos opérationnels pour la livraison de colis dans le centre-ville de Bordeaux. En analysant les données issues des suivis de tournées, il est ainsi possible d'identifier un processus préliminaire ainsi que les résultats associés.



Le facteur distribue rapidement ses colis dans les zones commerciales, en utilisant les rues piétonnes signalées par des voies vertes sur le schéma. On remarque une présence au plus près du client final, ce qui renforce l'image de proximité qu'amène le facteur.

E-commerce : augmentation des ventes et des livraisons

Sous l'influence des nouveaux modes de vie et des fortes attentes des citoyens sur les questions environnementales, les villes sont aujourd'hui en pleine mutation. La croissance démographique couplée à l'essor du e-commerce, + 14 % entre 2018 et 2019 au niveau européen (European Ecommerce Report 2019), engendre une augmentation du flux de marchandises en ville. Selon la Fédération e-commerce et vente à distance (FEVAD), en 2017 le nombre de colis livrés en France était de 505 millions, projetant 1 milliard pour 2020. Dans son communiqué de presse du 4 février 2021, la FEVAD détaille le bilan du e-commerce en 2020 et précise : « Les ventes en ligne des enseignes magasins confirment leur progression : + 53 % sur l'année avec des pics à + 100 % pendant les deux confinements. » Pour acheminer les biens achetés en ligne, différents schémas logistiques urbains sont mis en œuvre (livraison à domicile, points relais, consignes), exploitant en majorité des véhicules motorisés à énergies fossiles.

« Face à l'essor du e-commerce et à l'augmentation des flux qui en découle, la cyclo-logistique représente un secteur à fort potentiel. »

Les facteurs démarrent leur journée au dépôt urbain, localisé en centre-ville, pour effectuer les opérations de chargement des vélos cargos. Ensuite, ils réalisent la distribution des colis en effectuant des tournées. La capacité d'emport relative faible des vélos cargos peut impliquer un retour au dépôt urbain pour effectuer de nouveaux chargements associés à de nouvelles tournées. La localisation du dépôt au cœur même de la ville permet de minimiser les pertes de temps et de limiter considérablement les temps d'attente sur zone. Le retour au dépôt pour la pause méridienne favorise de nouveaux chargements. Une fois le processus de distribution journalier complété, les facteurs retournent au dépôt urbain pour entreposer les vélos cargos. Ceci constitue un gain de temps comparé aux véhicules traditionnels qui lors de cette phase de retour se dirigent généralement hors du centre-ville.

L'exploitation de vélos cargos en zone urbaine dense offre une grande flexibilité face aux variations de la demande. En effet, les vélos cargos effectuant plusieurs boucles dans la journée facilitent l'ajout ou la suppression de tournées. Par rapport à l'utilisation traditionnelle de véhicules de livraison motorisés, de nombreux avantages opérationnels se dégagent. Le principal résulte dans l'agilité du vélo cargo à circuler dans un espace urbain contraint. En effet, le facteur peut facilement se garer sur les trottoirs et se saisir des colis à livrer via le compartiment de son vélo cargo, qui s'ouvre rapidement. Les vélos cargos sont soumis à la même réglementation que les vélos et peuvent stationner sur le trottoir tant qu'ils n'encombrent pas la totalité de ce dernier.

La circulation de point à point est également nettement facilitée. Un facteur est ainsi en capacité de monter sur son vélo et d'avancer vers le point de livraison suivant sans avoir à se soucier de la présence ou non de places de stationnement, là où un opérateur en voiture va se voir contraint par ces dernières et effectuera des microtournées à pied depuis son véhicule, en distribuant plusieurs points. Les trajets entre les points de distribution sont considérablement réduits (pas de bouchons, pas de recherche de stationnement, utilisation des voies cyclables...).

Il est ainsi possible de recenser un gain allant jusqu'à plus de 40 %, par rapport à l'utilisation de véhicules de livraison motorisés, sur les éléments suivants :

- le **temps de route** qui correspond au temps pour se rendre d'un point de distribution à un autre ;
- le **temps de séjour** qui correspond au temps pour stationner son vélo cargo et aller chercher le colis à l'intérieur du compartiment ;
- le **temps de service** qui correspond au temps pour livrer le colis au client, le laisser dans la boîte postale ou laisser une note de passage.

De nombreuses pistes d'améliorations sont identifiées au niveau de l'optimisation des tournées et du découpage des secteurs de livraison. En effet, les systèmes d'information actuels sont basés sur des utilisations massives de véhicules de livraison motorisés, ce qui implique un découpage en tournées optimisées au métier de la livraison en voiture.

« L'exploitation de vélos cargos en zone urbaine dense offre une grande flexibilité face aux variations de la demande. »

Le métier de la livraison à vélo étant différent, les algorithmes d'optimisation doivent être modifiés pour prendre en compte les caractéristiques d'urbanisme influant sur la qualité des livraisons à vélo et non en voiture. /



11

CONNAÎTRE ET RÉDUIRE LES ÉMISSIONS POLLUANTES DES DÉPLACEMENTS QUOTIDIENS EN ÎLE-DE-FRANCE



Le transport routier constitue l'une des principales sources d'émissions de dioxyde de carbone (CO₂) d'une part, responsable du changement climatique, et d'oxydes d'azote (NOx) et de particules fines (PM2.5) d'autre part, deux polluants de l'air locaux ayant des effets délétères sur la santé humaine.



Philippe Quirion,
directeur de recherche CNRS, chercheur au CIRED
[linkedin.com/in/philippe-quirion-674b63207](https://www.linkedin.com/in/philippe-quirion-674b63207)



Marion Leroutier,
chercheuse post-doctorante à Misum,
Stockholm School of Economics
[linkedin.com/in/marionleroutier](https://www.linkedin.com/in/marionleroutier)



Pour réduire ces émissions, il importe de comprendre qui y contribue et quelles alternatives pourraient permettre de réduire ces émissions. Dans un article de recherche que nous résumons ici¹, nous traitons ces questions dans le contexte des déplacements quotidiens en utilisant l'enquête générale des transports (EGT) 2010², le calculateur de temps de trajet *Google Console Directions* et le calculateur d'émissions polluantes d'Airparif. Nous nous concentrons sur les déplacements des personnes en semaine, à l'intérieur de la région Île-de-France.

Rôle de la distance, de la part modale et du véhicule dans les émissions

Ces émissions sont très inégalement réparties puisque sur un jour de semaine moyen, les 20 % des personnes les plus émettrices génèrent 75 % des émissions de CO₂, 78 % des émissions de PM2.5 et 85 % des émissions de NOx. Nous décomposons les émissions individuelles selon trois facteurs : la distance, le mode de transport et les émissions unitaires des véhicules individuels, et classons les personnes par quintile d'émissions, c'est-à-dire en 5 catégories de taille égale et de niveau croissant d'émissions (figures 1 à 3). Le quintile le moins émetteur (c'est-à-dire les 20 % d'individus qui émettent le moins) se distingue surtout par un mode de transport peu émetteur (marche, vélo et surtout transports

en commun). Pour les NOx et les PM2.5, le quintile le plus émetteur se caractérise à la fois par des distances plus élevées, un mode de transport plus émetteur (principalement la voiture individuelle) et un véhicule dont les émissions unitaires sont plus élevées. Pour le CO₂, seuls les deux premiers facteurs jouent de manière importante.

Qui émet le plus ?

En utilisant des méthodes économétriques, nous étudions ensuite les caractéristiques individuelles corrélées aux trois facteurs explicatifs des émissions. La distance parcourue et le mode de transport sont largement influencés par le lieu de résidence (Paris, petite ou grande couronne; proximité d'un arrêt de transports en commun), mais aussi par le fait d'être en activité plutôt que chômeur ou retraité. Le revenu joue également un rôle, mais principalement parce qu'il augmente la probabilité de posséder une voiture. Les caractéristiques associées aux émissions unitaires des véhicules diffèrent entre les polluants : être dans le décile de revenu le plus élevé est positivement corrélé aux émissions unitaires de CO₂ (vraisemblablement parce que les véhicules les plus lourds et les plus puissants sont à la fois plus émetteurs et plus chers), tandis qu'être dans les deux premiers déciles de revenu est positivement corrélé aux émissions de PM2.5 (sans doute parce que les véhicules plus anciens sont plus émetteurs).

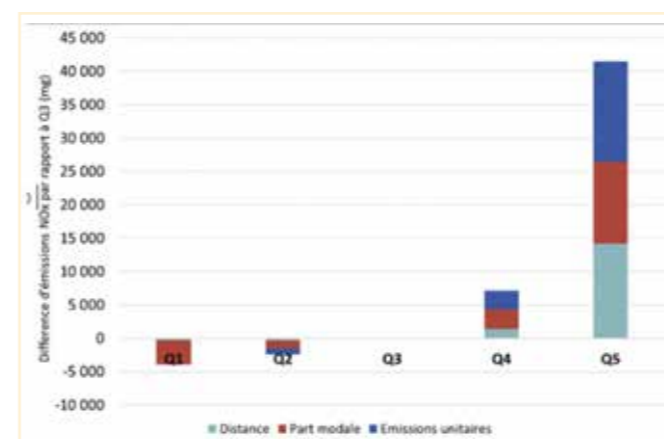


Figure 1: Différence d'émissions de NOx entre chaque quintile (où Q1 représente les 20 % les moins émetteurs et Q5 les 20 % les plus émetteurs) et le quintile du milieu (Q3), et responsabilité des facteurs distance, part modale et émissions unitaires des modes dans la différence

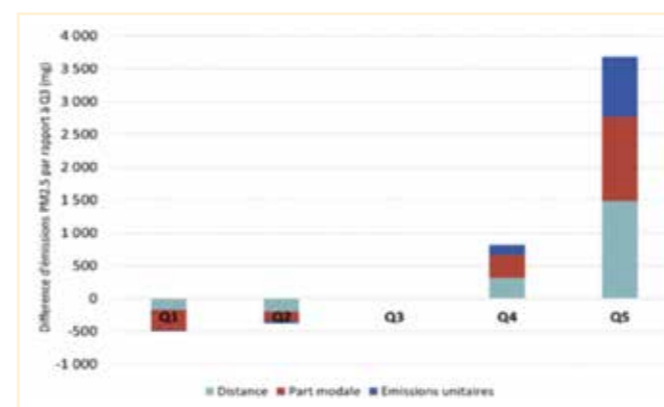


Figure 2: Différence d'émissions de PM2.5 pour chaque quintile (où Q1 représente les 20 % les moins émetteurs et Q5 les 20 % les plus émetteurs) par rapport au quintile du milieu (Q3), et responsabilité des facteurs distance, part modale et émissions unitaires des modes dans la différence

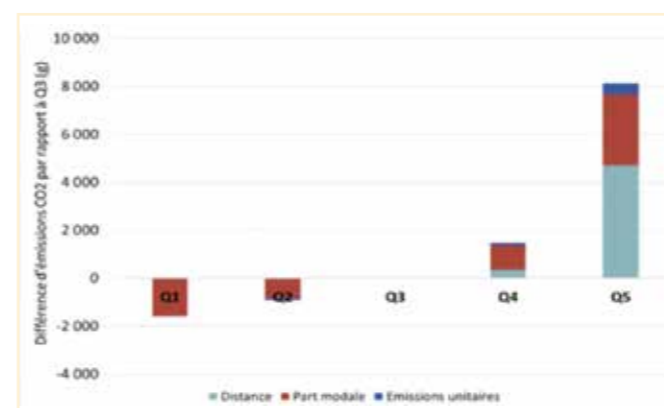


Figure 3: Différence d'émissions de CO₂ pour chaque quintile (où Q1 représente les 20 % les moins émetteurs et Q5 les 20 % les plus émetteurs) par rapport au quintile du milieu (Q3), et responsabilité des facteurs distance, part modale et émissions unitaire

« Le potentiel de report modal vers le vélo et surtout le VAE apparaît nettement supérieur à celui des transports en commun. »

En se concentrant sur les personnes en emploi, pour lesquelles on dispose de davantage de données, on trouve que la probabilité de se déplacer en voiture est fortement influencée par le type de déplacement : elle augmente de 24 à 35 points de pourcentage pour les déplacements banlieue-banlieue par rapport aux autres. Travailler dans une usine ou en horaires atypiques est aussi associé à une plus forte probabilité de se déplacer en voiture, ainsi qu'être artisan ou avoir une profession libérale. À l'inverse, cette probabilité est plus faible pour les employés de la fonction publique et pour les personnels de service direct aux particuliers. Enfin, les véhicules des artisans et commerçants présentent des émissions unitaires plus élevées pour les trois polluants, sans doute à cause d'une part importante de véhicules utilitaires légers.

Quel potentiel de report modal ?

Nous avons ensuite cherché quelles pourraient être les alternatives aux trajets en voiture, responsables dans notre base de données de 90 % à 96 % des émissions, selon le polluant considéré. Pour chacun des trajets en voiture répertoriés dans l'EGT, nous calculons le temps que prendrait ce trajet s'il était effectué à vélo, vélo à assistance électrique (VAE) et transport en commun. Nous considérons qu'un changement de mode est possible s'il n'augmente pas la durée du déplacement de plus de 10 minutes. Nous imposons des restrictions supplémentaires liées à l'âge pour le vélo (moins de 60 ans) et le VAE (moins de 70 ans), et pour certains déplacements dont nous considérons qu'ils impliquent de transporter des charges importantes (tournées professionnelles, typiquement pour les artisans), et pour ceux dont l'objectif est d'accompagner une personne. Dans deux autres scénarios, nous imposons des restrictions supplémentaires : dans l'un, nous limitons le temps supplémentaire quotidien à 20 minutes, et dans le dernier, nous excluons en plus les déplacements à destination des supermarchés et grands centres commerciaux, considérant qu'ils entraînent le port de charges lourdes ou encombrantes.

1. Marion Leroutier, Philippe Quirion, *Tackling Transport-Induced Pollution in Cities: A case Study in Paris*. CIREN, PSE et Université Paris 1, à paraître.
2. L'Enquête Globale Transport (EGT) a été réalisée entre 2009 et 2011. Elle a été pilotée par le STIF, ancien nom de Île-de-France Mobilités, en partenariat avec la DRIEA dans le cadre de l'Omnil. 18 000 ménages (soit près de 43 000 personnes) ont répondu à un questionnaire détaillé sur leurs déplacements. Source : « EGT 2010-STIF-OMNIL-DRIEA ».

**90 %
à 96 %**

DES ÉMISSIONS

mesurées en Île-de-France sont liés
aux trajets en voiture.

Le potentiel de report modal vers le vélo et surtout le VAE apparaît nettement supérieur à celui des transports en commun (deux à trois fois supérieur pour le VAE, en nombre de déplacements). Pour 49 à 68 % des déplacements (selon le scénario), un report modal est possible. En revanche, au total ces reports ne réduiraient les émissions que de 18 à 33 %, selon le scénario et le polluant considéré, l'explication étant que les déplacements les plus courts sont les plus faciles à substituer par le vélo ou le VAE, mais génèrent chacun moins d'émissions.

L'extension du réseau de transport en commun en Île-de-France à l'horizon 2030 va certes augmenter le nombre de déplacements en voiture qui pourraient se voir remplacés par ce mode de transport, en particulier les déplacements banlieue-banlieue, pour lesquels la part de la voiture est aujourd'hui la plus élevée. Cependant, il paraît peu vraisemblable que cette extension renforce massivement le potentiel de baisse des émissions permis par le report modal. Ce constat invite à étudier les autres sources de réductions potentielles des émissions que sont la diminution des distances parcourues et le recours à la voiture électrique.



Au-delà du report modal, nous avons donc cherché à fournir de premiers éléments d'évaluation sur le rôle que pourrait avoir le télétravail (seule source potentielle de diminution des distances parcourues que nous pouvons étudier avec notre base de données) et le passage au véhicule électrique. Pour le télétravail, en combinant les informations sur le lieu de travail et celles sur la catégorie socio-professionnelle, nous concluons qu'au maximum 40 % des personnes qui vont travailler en voiture pourraient passer au télétravail, et qu'un passage au télétravail à temps plein (hypothèse extrême) diminuerait de 17 % les émissions de NOx et de 16 % celles de PM2.5 et de CO₂. Si l'on suppose de manière plus réaliste un télétravail 2 jours sur 5, ces chiffres tombent à 7 et 6 %.

Au sujet de la voiture électrique, nous pouvons seulement apporter quelques éléments informatifs, considérant que le coût d'acquisition et la disponibilité des points de recharge sont deux des principaux freins à son développement. Concernant le coût, parmi les 58 % de conducteurs qui ne peuvent recourir au report modal pour chacun de leurs déplacements, seulement 9 % figurent parmi les deux premiers déciles, ce qui indique que la contrainte de budget est moins forte qu'en moyenne. Parmi ces conducteurs pour lesquels le report modal n'est pas une option, au moins 17 % ont une station de recharge publique à moins de 500 m de leur domicile en 2020, et 77 % ont une place de parking privée sur leur lieu de résidence, où une station peut donc être installée. Enfin, moins d'un pour cent d'entre eux roule plus de 200 km par jour, donc l'autonomie des voitures électriques ne serait pas un obstacle pour la mobilité quotidienne couverte par l'EGT.

Ce travail montre que parmi les options disponibles pour réduire la pollution due aux déplacements routiers, aucune ne peut être négligée. Le vélo, particulièrement à assistance électrique, permet potentiellement de remplacer la voiture pour une grande partie des trajets. En ajoutant vélo et transports en commun, le report modal peut éviter entre un cinquième et un tiers des émissions, selon les hypothèses prises concernant les limites à ce report. Le télétravail, quant à lui, ne pourrait éviter que moins de 10 % des émissions non substituables par le report modal. Le potentiel de la voiture électrique apparaît plus important, mais la question de l'autonomie pour les déplacements hors de la région ne peut être traitée avec les données dont nous disposons, ce qui invite à mobiliser en parallèle les autres leviers de réduction des émissions, en particulier celui du développement du vélo. ▸

Partie 4

Des outils pour agir dans les territoires

Transformer les usages, adapter les conditions locales de circulation, de stationnement, d'alimentation des véhicules en énergie : autant d'enjeux de société qui concernent chaque territoire. Pour décarboner la mobilité, l'action publique locale doit être fondée sur la solidarité et le consensus. Cette série d'articles propose des outils au service de la cohésion : aussi bien des outils d'évaluation pour diagnostiquer les performances et éco-concevoir des solutions, que des outils de concertation pour co-concevoir les situations futures.



1

MICROMOBILITÉS PERSONNELLES ET PARTAGÉES : QUELS IMPACTS POUR L'ENVIRONNEMENT ?



L'économie servicielle a longtemps été présentée comme une économie plus verte. Ainsi, la mobilité partagée est naturellement perçue comme plus écologique que ses alternatives personnelles. Qu'en est-il vraiment ? Nous proposons une approche chiffrée et dépassionnée basée sur l'analyse de cycle de vie intégrée des vélos, trottinettes et scooters partagés et personnels à Paris. L'étude complète est publiée dans la revue scientifique « Transportation Research Part D : Transport & Environment ».



Anne de Bortoli,
chercheuse associée, École des Ponts ParisTech ; ingénieure-chercheuse, Eurovia ;
chercheuse invitée, CIRAI, Polytechnique Montréal
[linkedin.com/in/anne-de-bortoli-69a3b450](https://www.linkedin.com/in/anne-de-bortoli-69a3b450)

« Aujourd'hui, la micromobilité, qu'elle soit personnelle ou partagée, s'affiche comme un mode plutôt vertueux, bien plus performant que les modes thermiques. »

L'analyse de cycle de vie, ou ACV, est une méthode normalisée permettant de quantifier l'impact environnemental d'un système sur son cycle de vie. Elle compare la performance des modes de transport sans biais, car elle permet d'inclure à la fois les impacts liés aux infrastructures et au véhicule formant le mode de transport. Comme le montre la figure 1, elle évalue les impacts sur le cycle de vie complet du système, depuis l'extraction des matières premières utilisées jusqu'à la gestion de la fin de vie, en passant par toutes les étapes de manufacture, transport, usage et maintenance du système. Enfin, elle considère plusieurs indicateurs environnementaux — au lieu de se focaliser sur les simples émissions de gaz à effet de serre par exemple — pour une prise de décision environnementale éclairée, en toute conscience des compromis à réaliser entre divers impacts.

Modèle d'évaluation de la micromobilité parisienne

Nous évaluons les Velib', les trottinettes électriques en *free floating* (= sans stations) de « nouvelle génération » (2019-2020) et les scooters, ainsi que leurs alternatives privées : les vélos, les trottinettes d'entrée et de milieu de gamme, et les deux-roues

motorisés (2RM) à essence. Les hypothèses dimensionnantes du modèle sont présentées dans le tableau 1. La gestion de flotte (figure 1) correspond aux déplacements réalisés par l'opérateur de service pour charger, maintenir, ou changer de place aux véhicules partagés. Dans notre étude, elle est effectuée en camionnette électrique. Nos données proviennent des opérateurs (JCDecaux, Cityscoot, DOT), des manufacturiers (SMOVE), de la littérature scientifique et de sources de données statistiques pour la ville de Paris.

Quelle performance environnementale des micromobilités en France ?

Nous réalisons une évaluation environnementale holistique : elle ne s'arrête pas au paradigme énergie-climat, mais présente également les dommages générés sur les trois sphères de protection de la planète : ressources naturelles, biodiversité, santé humaine. Les résultats d'impact sont présentés sur la figure 2, rapportés à l'impact maximum trouvé sur chacun des cinq indicateurs. Cette figure, appelée diagramme radar, représente l'impact de chaque mode par catégorie environnementale, chaque branche du radar représentant un des cinq indicateurs sélectionnés dans notre étude. Plus on se situe proche du centre du radar, plus l'impact est faible, donc le mode vertueux.

L'analyse montre que le vélo personnel est de loin le mode le plus performant, suivi du Velib'. Par rapport au vélo personnel, le Velib' pêche surtout par sa durée de vie plus courte (12 500 km contre 20 000 km), et sa masse plus importante (= plus de consommation de ressources et d'impacts). Environ la moitié des kilomètres parcourus en Velib' le sont sur un vélo à assistance électrique. Pour autant, la version électrique n'est pas beaucoup plus impactante que la version mécanique, notamment en raison du relatif faible impact environnemental de l'électricité française (en termes climatiques et de dommages, mais pas de consommation d'énergie primaire). La trottinette personnelle d'entrée de gamme présente des performances très similaires à la trottinette

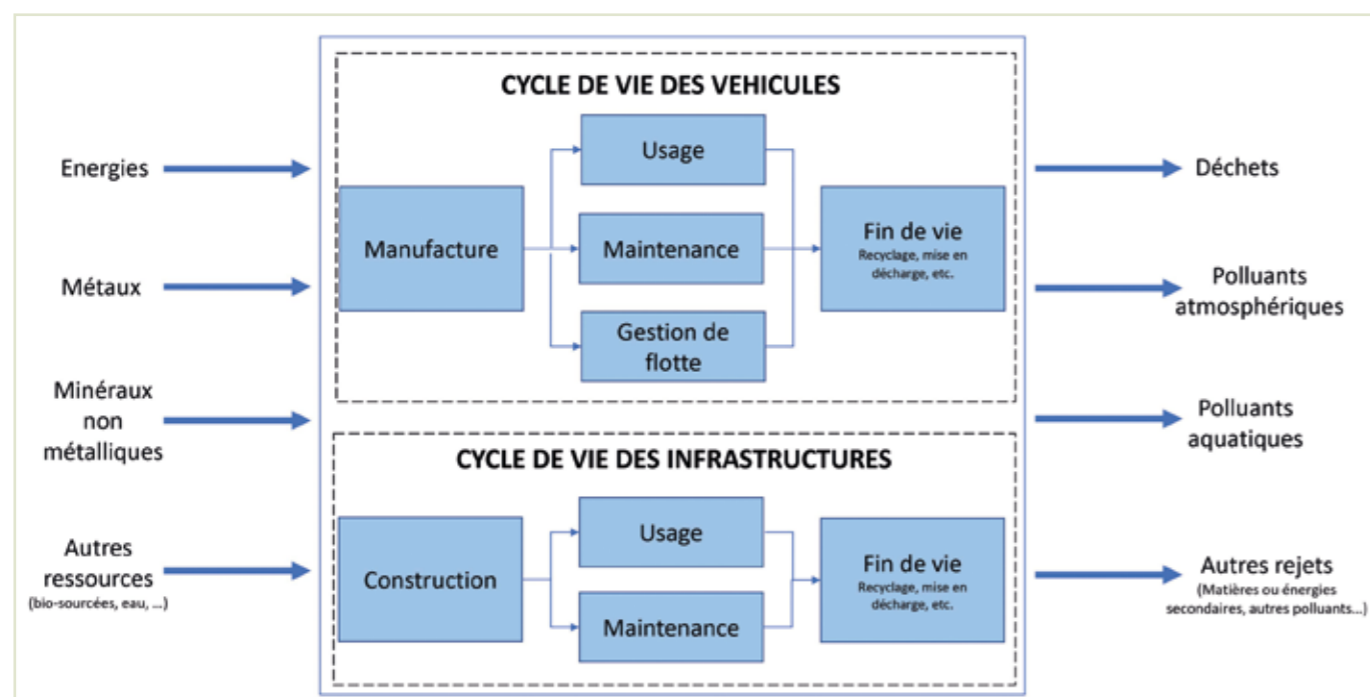


Figure 1 – Principe de l'analyse de cycle de vie intégrée d'un système de transport

Véhicule	Possession	Masse (kg)	Durée de vie (km)	Transport pour la gestion de flotte (m/pkm)	Source des données
Vélo	Partagé	21/27	12 500	11	Auteur
	Personnel	17	20 000	N/A	Ecoinvent + Chen et al. 2020
Trottinette	Partagé	22	7 300	45	Auteur
	Personnel – entrée de gamme	12	4 000	N/A	Auteur
	Personnel – milieu de gamme	22	10 000	N/A	Auteur
2RM	Partagé	136	48 000	20	Auteur
	Personnel	127	50 000	N/A	Auteur

Tableau 1 - Hypothèses dimensionnantes du modèle d'ACV

partagée de seconde génération. La trottinette personnelle de milieu de gamme en revanche est plus écologique : bien que plus lourde, donc plus gourmande en ressources, elle présente une durée de vie plus élevée qui lui permet *in fine* d'émettre moins au kilomètre parcouru.

Le deux-roues motorisé personnel est globalement le mode le moins performant sur l'ensemble des indicateurs : il est deux fois plus impactant que le mode électrique le moins bon, sauf sur le dommage à la santé humaine. Sur cet indicateur, le scooter électrique partagé, la trottinette personnelle d'entrée de gamme et la trottinette partagée sont moins bons, du fait de la forte contribution des composants électroniques et batteries sur ce dommage.

Le partage est-il environnementalement structurant ?

Finalement, est-ce qu'utiliser un véhicule partagé est plus bénéfique à l'environnement que de posséder son propre

engin ? L'analyse montre que le partage n'a pas d'impact direct sur la performance environnementale, car la performance micromodale dépend principalement du poids environnemental du véhicule rapporté au kilomètre parcouru. Ainsi, les deux facteurs clés de la performance environnementale sont l'impact lié à la manufacture du microvéhicule et sa longévité kilométrique. Pourtant, la micromobilité partagée présente des impacts plus importants que la micromobilité personnelle à Paris. Cela s'explique par les plus courtes durées de vie des véhicules partagés par rapport aux véhicules personnels. Les vols et le vandalisme touchent particulièrement les engins constamment sur la voie publique. Les usagers sont également moins soignés avec un véhicule loué qu'avec leurs propres possessions. Enfin, des enquêtes montrent aussi que les nouveaux services partagés attirent des usagers non expérimentés, plus sujets aux accidents, et qui dégradent ainsi plus rapidement les engins.

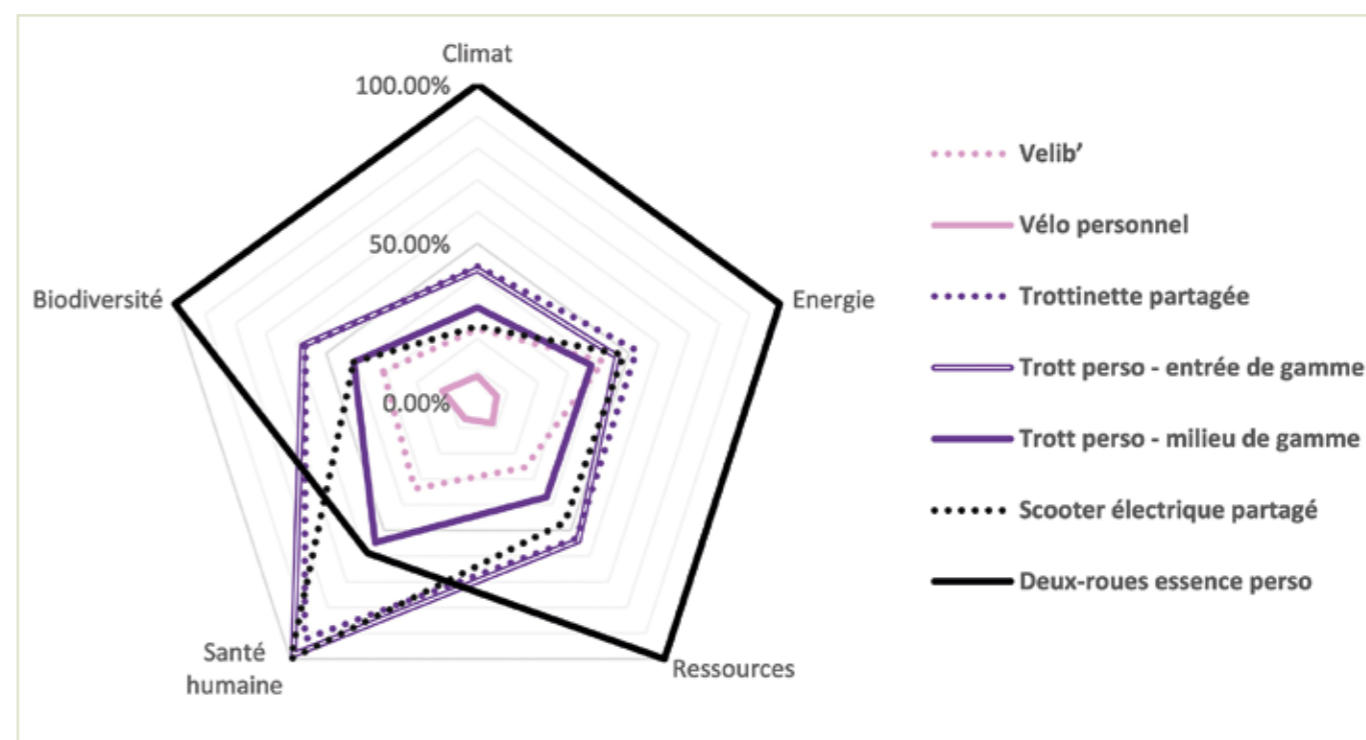


Figure 2 - Comparaison environnementale des modes de micromobilité à Paris

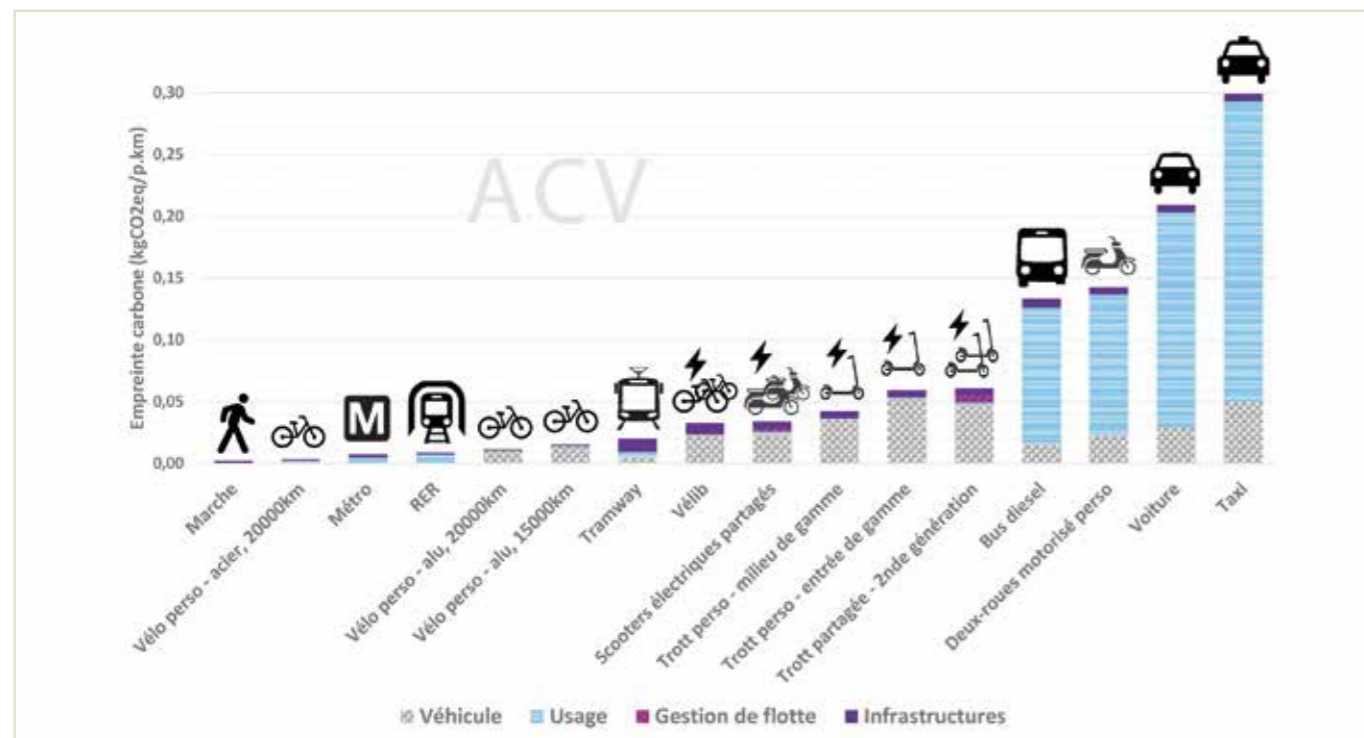


Figure 3 – Empreinte carbone de la mobilité parisienne, par passager transporté sur un kilomètre

Malgré un impact plus important au kilomètre, la micromobilité partagée est porteuse de bénéfices environnementaux indirects. Étant facile d'accès, puisque quelques euros et une application suffisent à louer son engin, les services partagés permettent l'appropriation de ces engins par des utilisateurs qui n'auraient pas nécessairement sauté le pas d'une acquisition personnelle. Il n'est pas rare que ces usagers achètent par la suite un engin personnel, ce qui, *in fine*, devrait permettre de réduire l'impact environnemental de la mobilité.

Quelles évolutions pour les vélos et trottinettes partagés ?

Les premières évaluations de l'impact environnemental des trottinettes partagées de première génération étaient plutôt décevantes pour un microvéhicule. Cet impact avoisinait les 110 g de CO2eq/km à Paris et les 130 g aux États-Unis. Pour autant, la prise de maturité des opérateurs, leur amélioration de la gestion de flotte et leur travail de conception des engins a permis en moins d'un an de réduire cet impact d'un facteur deux. Aujourd'hui, la micromobilité, qu'elle soit personnelle ou partagée, s'affiche comme un mode plutôt vertueux, bien plus performant que les modes thermiques. Néanmoins, un grand travail reste à accomplir pour améliorer l'impact lié à la manufacture des engins au kilomètre parcouru sur cycle de vie. Réduire le recours à l'aluminium et aux composants électroniques, ainsi que travailler sur leur réemploi ou réutilisation, sont deux pistes prometteuses. Notamment dans le cas des engins (à assistance) électriques, dont un surpoids lié au choix d'un métal plus lourd que l'aluminium sera moins dissuasif pour l'utilisateur, celui-ci ne devant pas fournir plus d'efforts physiques pour se déplacer avec un engin plus lourd.

Quels messages retenir ?

Finalement, l'impact environnemental de la micromobilité partagée est plutôt plus élevé au kilomètre parcouru que ce-

L'impact carbone des modes parisiens

La figure ci-dessus présente l'empreinte carbone moyenne des modes parisiens, par passager transporté sur un kilomètre (p.km). Les modes actifs, marche et vélo, ainsi que les transports en commun électriques sont les plus respectueux du climat. Le métal choisi pour constituer le cadre du vélo est primordial pour son impact environnemental : un vélo standard en aluminium qui parcourt 20000 km émet en moyenne 12 g de CO2 équivalent par km sur sa durée de vie, mais le même vélo avec un cadre en acier émet presque 4 fois moins. Les trottinettes, partagées ou personnelles, ainsi que les autres modes de micromobilité émettent davantage : entre 33 g pour le Vélib' et 61 g pour la trottinette partagée de seconde génération. Les empreintes carbonées du Vélib' et du scooter partagé sont très similaires. Enfin, viennent les modes thermiques classiques, émettant entre 133 g pour le bus diesel et 300 g pour le taxi. Le deux-roues motorisé est fortement émissif pour un microvéhicule : 143 g de CO2eq/km. Ces engins présentent de fortes consommations d'essence pour leur masse, presque comparables aux voitures.

lui de la micromobilité personnelle, principalement du fait de durées de vie plus courtes. Mais les opérateurs proposent des améliorations rapides et continues. Les autorités publiques doivent guider les reports modaux pour que les modes partagés remplacent des modes plus impactants pour l'environnement, afin d'obtenir un effet net positif. Enfin, si le vélo personnel en acier demeure le mode indétronnable sur le podium environnemental, l'assistance électrique permet de rendre le vélo plus accessible avec un surcoût environnemental limité. Alors, tous à vélo !

2

POLITIQUE DE TRANSPORT ET AMÉNAGEMENT URBAIN : LE CAS DE LA RÉGION ÎLE-DE-FRANCE



Les politiques environnementales interagissent entre elles, parfois de manière complexe, avec comme résultat que les conséquences globales d'une combinaison de politiques peuvent différer de la somme de chaque politique prise séparément. Il y a donc un enjeu à identifier les combinaisons de mesures les plus efficaces afin d'atteindre les objectifs de décarbonation.



Flora Delhomme,
étudiante en économie à l'ENS Paris Saclay
[linkedin.com/in/flora-delhomme-399273193](https://www.linkedin.com/in/flora-delhomme-399273193)



Vincent Viguié,
chercheur au CIREC (École des Ponts ParisTech)
[linkedin.com/in/vincentviguié](https://www.linkedin.com/in/vincentviguié)



Nicolas Coulombel,
directeur scientifique au lab recherche environnement VINCI ParisTech
[linkedin.com/in/nicolas-coulombel-438b453](https://www.linkedin.com/in/nicolas-coulombel-438b453)

« Pour inciter les ménages franciliens à réduire la pratique de l'autosolisme [...], il convient d'être vigilant sur les alternatives proposées. »

La classification **Avoid Shift Improve** distingue trois catégories de politique selon le levier d'action qu'elles utilisent pour réduire les émissions de CO₂ :

- « **Limiter** » (**Avoid**) qui regroupe les mesures permettant de diminuer la demande totale de transport (le volume) en évitant les trajets inutiles et en réduisant les distances de parcours : télétravail, ceinture verte, etc. ;
- « **Report modal** » (**Shift**) qui regroupe les mesures incitant à un report de modes consommateurs d'énergie et émetteurs de CO₂ vers des modes plus durables : mise en site propre des transports en commun, taxe carbone, gratuité des transports en commun, etc. ;
- « **Améliorer** » (**Improve**) qui regroupe les mesures technologiques majoritairement de réduction des consommations énergétiques et de passage à bas carbone : amélioration de la performance énergétique des voitures, etc.

Si le dernier levier d'action « Improve » porte sur les performances du véhicule et l'intensité carbone associée, les deux premiers leviers d'action dépendent de l'organisation spatiale et de la distribution de la population et des activités. Il est donc nécessaire de s'inscrire à l'échelle d'un territoire pour étudier l'efficacité des politiques environnementales.

Faire interagir les politiques pour plus d'efficacité environnementale

Les études sur les interactions entre les politiques et leurs potentiels gains en termes d'efficacité émergent pour aider à la conception de plans d'action cohérents (Sethi et al., 2020). Le concept de synergie décrit une situation où deux mesures prises conjointement produisent un effet supérieur à la somme des deux mesures prises séparément. Dans un langage mathématique, cela correspond à la formule suivante :

Bénéfices (A+B) > Bénéfices A + Bénéfices B

Les travaux portant sur les synergies rappellent qu'identifier les synergies est une tâche délicate du fait de la complexité et la multiplicité des interactions qui peuvent exister entre deux mesures. Cependant, les synergies ne sont pas négligeables (May et Roberts, 1995 ; Litman, 2013).

Modéliser des politiques de réduction d'émissions de CO₂ à l'échelle de l'Île-de-France

Les modèles LUTI (Land Use Transport Interaction) analysent les interactions entre le développement des territoires et les

mobilités quotidiennes à l'échelle de régions ou de métropoles. Ils permettent d'éclairer la double question : comment la structure de la ville transforme la mobilité quotidienne d'une part, et réciproquement, comment l'offre de mobilité et l'accessibilité qu'elle fournit influent sur le développement urbain et les choix de localisation des ménages et des entreprises. Les modèles LUTI permettent ainsi d'étudier des politiques environnementales dans le secteur des transports et dans celui de l'aménagement, et d'étudier leurs interactions à l'échelle d'un territoire.

Si les émissions de CO₂ résultent de multiples activités humaines, les modèles LUTI se concentrent ainsi sur deux activités émettrices : la mobilité et le bâti. Le choix modal, les distances parcourues et les temps de déplacement associés sont autant de facteurs influant sur les émissions de CO₂. L'étalement urbain, en engendrant une augmentation des distances quotidiennes parcourues et en favorisant la voiture au détriment des modes collectifs et des modes doux, contribue également à l'augmentation des émissions de CO₂.

À l'aide du modèle NEDUM+MODUS calibré pour la région Île-de-France sur l'année 2015, la réduction des émissions de CO₂ est calculée pour un ensemble de politiques de décarbonation dans le domaine de la mobilité et de l'aménagement. On peut ainsi comparer la variation des émissions de CO₂ résultant de l'implémentation individuelle puis en combinaison de ces politiques, et ainsi identifier les synergies positives ou négatives.

Des synergies importantes selon les cas

Les synergies ont été calculées sur un ensemble de neuf politiques pouvant être classées d'après la typologie ASI (Avoid-Shift-Improve). D'après le tableau ci-dessous, on observe des synergies positives (cases vertes) et négatives (cases rouges) entre les différentes mesures testées. À titre d'exemple, l'association d'une taxe carbone de 150 euros avec des mises en site propre des transports en commun permet d'accroître la baisse des émissions de CO₂ d'environ 1,19 % par rapport à la mise en œuvre individuelle de ces deux mesures.

« Pour inciter à une mobilité décarbonée, il est nécessaire d'assurer une cohérence à l'échelle du système de transport (voiture-transports en commun) et à l'échelle du bassin de vie (caractérisant les déplacements domicile-travail). »

Pour réduire la dépendance à la voiture, proposer des alternatives efficaces

Notre étude montre que pour inciter les ménages franciliens à réduire la pratique de l'autosolisme pour leur déplacement domicile-travail, il convient d'être vigilant sur les alternatives proposées.

Ainsi, il est efficace d'instaurer une taxe carbone tout en proposant la mise en site propre des transports en commun (- 1,2 %, cf. tableau 1). Le signal prix envoyé par la taxe carbone vient amplifier l'effet lié à l'amélioration de la qualité de service en termes de report modal vers les transports en commun, et l'efficacité de chaque mesure en est améliorée. À l'inverse, la taxe carbone impacte négativement les politiques en faveur du covoiturage (-1 % cf. tableau 1). Aucun gain supplémentaire n'émerge de leur association, car ces



Scénarios	Taxe carbone (150€)	Ceinture verte	Péage urbain	Site propre pour les transports en commun	Grand Paris Express	Covoiturage	Télétravail 10%	Performance énergétique des voitures	Gratuité des transports en commun
Taxe carbone (150€)	-5.20%	-0.59%	-0.31%	-1.19%	0.32%	1.04%		0.70%	0.65%
Ceinture verte	-0.59%	-0.75%	0.01%	1.71%	2.7%	0.24%	4.0%	0.1%	0.9%
Péage urbain	-0.31%	-0.01%	-6%	-0.14%	-0.21%	0.32%		0.05%	-0.45%
Site propre pour les transports en commun	-1.19%	1.71%	-0.14%	-5.7%	0.52%	1.11%	-1.7%	1.15%	0.17%
Grand Paris Express	0.32%	2.7%	-0.21%	0.52%	-0.02%	-0.02%	0.13%	-0.18%	0.6%
Covoiturage	1.04%	0.24%	0.32%	1.11%	-0.02%	-8.80%		8.69%	0.20%
Télétravail 10%		4.0%		-1.7%	0.13%		-7.20%	3.03%	2.36%
Performance énergétique des voitures	0.70%	0.1%	0.05%	1.15%	-0.18%	8.69%	3.03%	-6.5%	0.07%
Gratuité des transports en commun	0.65%	0.9%	-0.45%	0.17%	0.67%	0.20%	2.36%	0.07%	-1.75%

Tableau 1 : matrice des synergies (en % de variations). Les cases laissées vides correspondent à des scénarios pour lesquels la convergence n'était pas atteinte dans le modèle. Lecture : les cases grises indiquent la baisse des émissions de CO₂ résultant de la mise en place de l'unique mesure correspondante. Ainsi, la taxe carbone permet une baisse d'environ 5 % des émissions de CO₂.



deux mesures agissent toutes deux sur les déplacements longue distance. Ces deux mesures interagissent même négativement, car si la taxe carbone désincite à utiliser la voiture, le covoiturage repose sur son utilisation.

Pour réduire les distances de déplacement en voiture, raisonner à l'échelle du bassin d'emploi

Raisonner à l'échelle de l'Île-de-France est nécessaire pour intégrer les dynamiques résidentielles. Ainsi certaines combinaisons de mesures permettent des gains additionnels en termes d'émissions de CO₂, car elles incitent à un schéma de déplacements durables des ménages.

Par exemple, il existe une synergie positive entre une mesure incitant au télétravail et une mesure de mise en site propre des transports en commun (-1.7 %, cf. tableau 1). Grâce au modèle NEDUM+MODUS, on observe que le télétravail induit une relocalisation des ménages en périphérie où les logements sont moins chers, et favorise ainsi l'étalement urbain, l'allongement des distances domicile-travail, ainsi que l'utilisation de la voiture, prédominante dans les franges de l'agglomération. Des mesures rendant plus attractifs les transports en commun permettent de contrecarrer ces effets négatifs, résultant en des synergies positives entre les deux mesures. À l'inverse, associer une mesure incitant au télétravail à la

mise en œuvre d'une ceinture verte conduit à une perte de 4 % sur les émissions de CO₂. En effet, une ceinture verte a pour objectif de limiter la construction dans les zones peu denses, c'est-à-dire en périphérie. Le télétravail, comme décrit plus haut, incite les ménages à se relocaliser en périphérie. Ces incitations contradictoires ne permettent donc pas de réduire efficacement les émissions de CO₂.

Conclusion

Ainsi les décideurs publics gagneraient à analyser en amont les interactions entre les mesures de réduction d'émissions de CO₂ afin de gagner en efficacité. Les synergies positives et négatives ne sont pas négligeables à l'échelle de l'Île-de-France. Ce travail montre que pour inciter à une mobilité décarbonée, il est nécessaire d'assurer une cohérence à l'échelle du système de transport (voiture-transports en commun) et à l'échelle du bassin de vie (caractérisant les déplacements domicile-travail). Cependant les mesures simulées dans le modèle ne sont pas prises et mises en œuvre à la même échelle (Corfee-Morlot et al., 2009). Par exemple, une taxe carbone est une mesure à portée nationale alors que la ceinture verte est une mesure régionale s'inscrivant dans les schémas directeurs. Il s'agirait d'affiner la classification ASI pour intégrer ces multiples échelles de gouvernance, afin d'aider les décideurs publics dans la fabrique d'une mobilité décarbonée. //

3

**TERRITOIRES PÉRIURBAINS :
VERS UNE MOBILITÉ
QUOTIDIENNE BAS CARBONE**



La recherche-action CISMOP¹ vise le développement d'une mobilité décarbonée sur le territoire de Loos-en-Gohelle (bassin minier des Hauts-de-France) s'inscrivant dans la trajectoire citoyenne et énergétique de la ville (TEPOS 2050). Le projet cherche à réduire la fracture sociale et urbaine du territoire et à améliorer la qualité de vie des citoyens, et notamment la qualité de l'air.



Marielle Cuvelier,
ingénieure de Recherche, Laboratoire COSYS-ESTAS
Université Gustave Eiffel - Campus de Lille
[linkedin.com/in/marielle-cuvelier-63065678](https://www.linkedin.com/in/marielle-cuvelier-63065678)



Guillaume Uster,
chargé de Recherche Département COSYS, Université Gustave Eiffel - Campus de Lille
[linkedin.com/in/guillaume-uster-0054a41](https://www.linkedin.com/in/guillaume-uster-0054a41)

1. CISMOP (coconstruction et innovations pour les services de mobilités en péri-urbain) initiée et pilotée par l'Université Gustave Eiffel, avec le soutien financier de la région Hauts-de-France et l'appui humain et logistique de la Ville de Loos-en-Gohelle, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02476463/document>.

15,5 %

DES HABITANTS DE LOOS-EN-GOHELLE
n'ont ni permis, ni véhicule.

Inscrire la mobilité durable dans la continuité des actions de transition de la commune

Depuis une trentaine d'années, pour faire face aux enjeux environnementaux, Loos-en-Gohelle s'est engagée, avec et pour ses habitants, dans la construction d'un territoire qui vise à répondre aux exigences du développement durable. Pour cela, elle s'appuie sur un dispositif ambitieux de participation des habitants associant au maximum l'ensemble des acteurs à la définition et à la conduite des projets. C'est pourquoi la commune est connue et reconnue notamment par le protocole ADEME de démonstrateur national « villes et territoires durables ». Cette approche a donné des résultats dans les domaines de l'habitat (écoconstruction/rénovation), de l'énergie (production d'énergie renouvelable), de l'alimentation (conversion à l'agriculture biologique)... et dans une moindre mesure dans le domaine de la mobilité au sein de la commune (voies cyclables, pédibus et service communal de transport à la personne). Loos-en-Gohelle est à la fois un territoire d'expérimentation dans plusieurs domaines et jouit d'une expertise et d'une expérience importante sur les questions d'implication des habitants. L'ambition du projet CISMOP est d'inscrire la question de la mobilité dans la continuité des actions déjà engagées. Cette recherche vise à construire avec et pour la population une transition vers des mobilités plus durables pour réduire la trop grande dépendance de ce territoire périurbain à la voiture individuelle et lutter contre l'exclusion sociale.

Réduire la fracture sociale du territoire

Le territoire est confronté à des enjeux sociaux et économiques spécifiques hérités notamment de la fin de la période minière dans les années 1990. Même si la ville a su garder un grand nombre de services et de commerces, elle ne dispose que d'une faible desserte en transports en commun et présente une forte dépendance des habitants à la voiture individuelle. Comme sur d'autres territoires, les publics fragiles (seniors, personnes sans emploi, personnes en situation de handicap, précaires) peuvent rencontrer des difficultés à se déplacer en voiture individuelle (15,5 % des habitants n'ont ni véhicule ni permis), pouvant entraîner un isolement social, des difficultés d'accès à l'emploi ou aux commerces et services de base. Ces situations sociales difficiles auxquelles s'ajoutent le manque d'alternatives à la voiture individuelle et les questions d'illectronisme d'une partie de la population (37 % des habitants se disent peu ou pas à l'aise avec le numérique) tendent à aggraver la fracture sociale. La volonté d'un développement des mobilités alternatives à la voiture individuelle s'inscrit dans la trajectoire citoyenne et énergétique



© Visitworldheritage.com/fr/ieu/bassin-minier-du-nord-pas-de-calais-france

de la ville (Territoire TEPOS 2050) et vise à réduire la fracture sociale et urbaine du territoire. Une attention particulière est portée au fait que les solutions doivent permettre de garantir à tous l'accès au service de mobilité sans nécessairement de recours à un smartphone ou à une connexion Internet afin de ne pas accroître les inégalités.

Améliorer la qualité de vie des citoyens

Le transport représente jusqu'à 50 % des émissions d'oxydes d'azote, polluant atmosphérique identifié comme problématique en raison du dépassement récurrent des normes de qualité de l'air. Le bassin minier et la région des Hauts-de-France en général, par leurs densités de population, leurs industries, leurs nombreuses infrastructures de transport, sont fréquemment concernés par des pics de pollution (33 épisodes de pollution dans le département du Pas-de-Calais en 2019). Même si Loos-en-Gohelle ne présente pas de problème spécifique, la démarche engagée vise à contribuer à l'échelle de la commune à l'amélioration de la qualité de l'air. L'enjeu porte sur des solutions opérationnelles permettant d'améliorer la qualité de vie des citoyens en réduisant les nuisances impactant la santé des habitants (pollution, bruit, insécurité routière...).

Mettre l'habitant au centre de la démarche pour réfléchir, accompagner et construire

Co-construire et mettre en place des mobilités alternatives à la voiture individuelle nécessitent d'identifier les caractéristiques du territoire, d'interroger et de comprendre les habitudes en matière de déplacement des habitants, pour envisager leurs évolutions et les voies à explorer. Une démarche de coconstruction avec les habitants a ainsi été mise en œuvre pour connaître les besoins, co-construire et expérimenter de nouvelles solutions de mobilité. L'hypothèse prise est que les solutions seront mieux diffusées, appropriées et pérennisées sur le temps long par un large public si elles sont construites avec les habitants. En parallèle d'une stratégie de communication, la méthodologie appliquée est basée sur quatre phases successives qui se sont déroulées sur 18 mois et que l'on peut résumer en cinq verbes d'action (figure 1) :

- immersion : comprendre ;
- diagnostic : enquêter ;
- ateliers : sensibiliser et co-construire ;
- défi : expérimenter.

Partir des besoins des habitants

L'innovation sociale de ce projet consiste à construire des solutions alternatives à la voiture individuelle à partir des besoins réels des habitants. Ces besoins ont pu être formulés explicitement et implicitement à travers une enquête comportant une cinquantaine de questions.

Cette enquête a permis d'identifier, de quantifier et de qualifier les conditions de mobilité à Loos, les habitudes de déplacement selon les activités, la sociologie des répondants, les difficultés et les envies concernant la mobilité. Elle a permis d'établir un bilan statistique, mais aussi un panorama qualitatif sur différents aspects, par exemple concernant l'attachement à la voiture, la connaissance et l'utilisation des nouvelles solutions de mobilité (vélo en libre-service, covoiturage, télétravail...) ou encore sur les difficultés financières, pratiques, physiques, psychologiques que les personnes pouvaient rencontrer dans leurs déplacements quotidiens. Elle a également permis de relever les disparités dans les réponses en fonction des quartiers excentrés de la commune, reflétant les inégalités sociales et spatiales. Enfin, des freins et des



Figure 1 : méthodologie du projet

« Co-construire et mettre en place des mobilités alternatives à la voiture individuelle nécessitent d'identifier les caractéristiques du territoire, d'interroger et de comprendre les habitudes en matière de déplacement des habitants. »

leviers au changement de comportement de mobilité des habitants ont pu être identifiés.

Co-construire avec les habitants

À la suite du diagnostic de terrain, une phase d'ateliers participatifs a été initiée. La méthode consiste à créer les conditions qui mettent en relation des habitants motivés par la problématique de la mobilité, en apportant les outils pour garantir le processus participatif et accompagner les participants à atteindre les objectifs fixés. Ce processus repose également sur l'intelligence collective en s'appuyant sur l'expertise de chacun des participants afin de co-construire des solutions.

Parmi une douzaine de problématiques identifiées dans les ateliers, la suite du travail s'est focalisée sur les thématiques dans lesquelles se reconnaissait la totalité des participants. Ces problématiques, qui peuvent être regroupées en deux enjeux pour le territoire — développer les modes actifs pour les déplacements de proximité et mettre l'accent sur la mobilité inclusive et solidaire — concernent essentiellement les mobilités quotidiennes de proximité :

- développement du vélo : enjeu de sécurité des déplacements dans la ville/sécurisation ;
- problématique de congestion et de sécurité des déplacements à pied et à vélo aux abords des écoles ;
- échange de services de mobilité/réduire le nombre de trajets individuels au sein d'une communauté identifiée ;
- réduction des inégalités spatiales entre les quartiers ;
- problématique des nombreuses personnes ne maîtrisant pas les outils numériques, voire n'y ayant pas accès (illectronisme).

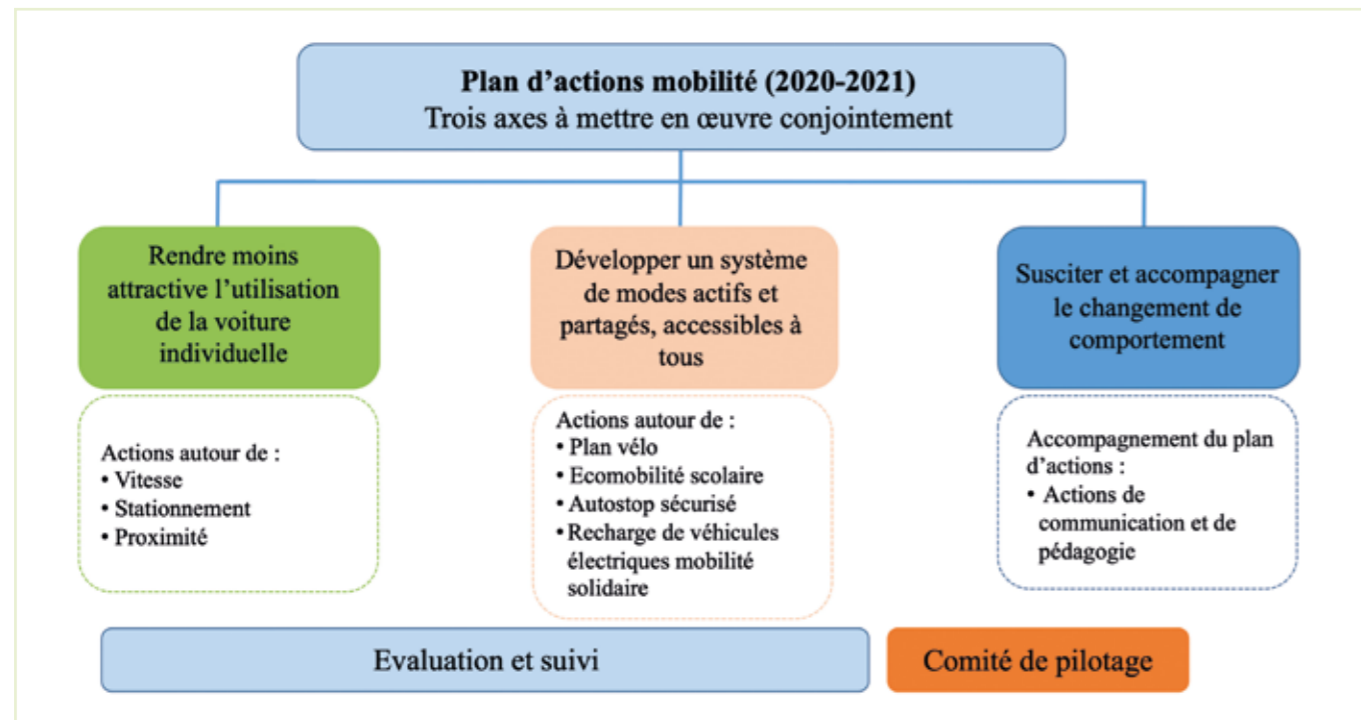


Figure 2 : plan d'actions mobilité (2020-2026).

Vers un projet de développement d'une mobilité quotidienne bas carbone

Le projet CISMOP a permis une acculturation de l'équipe municipale aux enjeux de la mobilité. Ces enjeux ont été intégrés dans le projet de transition écologique et sociale de la ville pour la mandature 2020-2026, un adjoint est chargé de la mobilité et un chargé de mission « mobilité » a été recruté. Un projet de développement d'une mobilité quotidienne bas carbone est en cours d'élaboration avec l'objectif d'apporter une réponse systémique bas carbone à partir des besoins exprimés par les habitants. Le projet ne s'appuie pas sur une solution unique, mais sur un bouquet de solutions de mobilité décarbonée. La première étape de ce projet est l'élaboration d'un plan d'actions (figure 2) autour de trois axes à mettre en œuvre conjointement :

- rendre moins attractive l'utilisation de la voiture individuelle;
- développer un système de modes actifs et partagés, accessibles à tous;
- susciter et accompagner le changement de comportement.

Un comité de pilotage mobilité réunit élus, agents, citoyens et partenaires autour de ces enjeux. Une méthodologie d'évaluation à partir d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs sera élaborée avec les partenaires du comité de pilotage.

Développement des projets identifiés dans les ateliers

La commune a d'ores et déjà initié les études concernant les projets du futur système de modes actifs et partagés :

- identification de solutions de covoiturage ou d'auto-stop sécurisé et organisé pour le territoire;
- élaboration d'un plan vélo;
- élaboration d'une démarche d'ecomobilité scolaire (PDES);
- solution d'alimentation de véhicules partagés électriques par les installations photovoltaïques existantes sur le territoire de Loos-en-Gohelle;
- réflexions sur l'élaboration d'une stratégie de conduite de changement de comportement de mobilité.

Afin de ne pas accroître les inégalités sociales, ces projets se préoccupent de trouver des solutions garantissant à tous l'accès aux services de mobilité, sans nécessairement recourir à des interfaces numériques.

La recherche en appui aux politiques publiques

Cette recherche-action a ainsi permis de montrer qu'une synergie collectivité locale-habitants-acteurs du territoire appuyée par une ingénierie (provenant ici de la Recherche) contribue positivement à construire une démarche vers une mobilité plus durable. Le plan d'actions est en cours de validation, ce qui ouvre la voie au développement et à la pérennisation des solutions retenues. //

4

NOUVEAUX QUARTIERS : UN RÔLE IMPORTANT DANS LA STRATÉGIE BAS CARBONE DE LA MOBILITÉ



Les nouvelles constructions au sein de quartiers favorisent une mobilité décarbonée. Mais une localisation pertinente des nouveaux projets urbains ainsi que certaines bonnes pratiques d'aménagement seront essentielles dans le cadre d'une stratégie bas carbone de la mobilité.



Alexis Poulhès,
ingénieur de recherche LVMT - École des Ponts
[linkedin.com/school/ecole-des-ponts-paris-tech/](https://www.linkedin.com/school/ecole-des-ponts-paris-tech/)



Vianney Morain,
ingénieur R&D Efficacity
[linkedin.com/in/vianney-morain](https://www.linkedin.com/in/vianney-morain)

« Pour être efficaces, même pour les nouveaux quartiers, les voiries des quartiers centraux des villes devront restreindre la place de la voiture. »

La France s'est engagée à atteindre la neutralité carbone en 2050. Le secteur des transports, qui est le secteur le plus émetteur et le seul qui n'arrive plus à baisser ses émissions de CO₂, doit entamer une mue profonde.

On sait aujourd'hui que les moyens de transport comme le véhicule électrique, le vélo ou les transports en commun ne pourront répondre seuls à cet enjeu de décarbonation. Pour que les gens diminuent leurs distances de déplacement et utilisent la marche ou des modes neutres en carbone, le contexte urbain doit y être favorable. En France, la quasi-totalité de la population française vit en zone urbaine.

Cette notion renvoie pourtant à une grande variété d'aménagements urbains plus ou moins propices à certaines formes de mobilités. Si aujourd'hui la construction de nouveaux logements représente chaque année seulement 1,1 % du parc¹, leur localisation et la forme urbaine dans laquelle ils s'insèrent doivent favoriser le plus possible une mobilité faiblement carbonée. Nous verrons donc quels sont les principaux enjeux, quels types de quartiers proposer et les solutions pour les décideurs.

Le quartier, maillon d'un système complexe

Le fait de parler de « quartier » sous-entend une réflexion en termes d'aménagement et de cohérences entre les bâtiments, contrairement à ce que peut être une zone monofonctionnelle (pavillonnaire, logistique ou commerciale) où seule la logique d'efficacité des flux routiers prédomine. Aujourd'hui, les créations de quartiers sont souvent initiées dans le cadre de zones d'aménagement concerté (ZAC). Celles-ci sont décidées après la production d'un certain nombre de documents de conception répondant à des problématiques d'aménagement urbain. Par cette réflexion urbaine rendue nécessaire par le cadre juridique et par l'échelle des aménagements, les bonnes pratiques émergent et les enjeux de mobilité sont de plus en plus réfléchis à l'échelle du quartier. Pourtant, une grande part des nouvelles constructions ne se fait pas dans le cadre d'une ZAC et surtout loin des centres-villes.

Le contexte urbain

Le contexte urbain dans lequel s'inscrit le nouveau projet de quartier est central. Les déplacements seront très largement

faits à l'extérieur du quartier et l'urbanisme de l'ensemble de l'espace des déplacements doit être considéré. Un projet favorable aux mobilités actives sera résilient face à une augmentation des coûts du carbone ou toute autre mesure qui contraindra l'usage de la voiture. La présence de transports en commun, d'un réseau de pistes cyclables structurant ou encore la possibilité d'accéder aux services urbains sans devoir prendre la voiture seront des conditions importantes de la réussite d'un nouveau quartier du point de vue d'une mobilité sans voiture.

Peut-on y vivre sans voiture ?

Il est donc important de voir qu'un nouveau quartier proche d'un centre urbain qui dispose d'aménités diverses accessibles autrement qu'en voiture a toutes les chances d'avoir de bonnes performances d'un point de vue environnemental pour la mobilité. Par contre, un quartier loin de ces centres, même s'il est desservi par une ligne de métro et écoconçu, c'est-à-dire réfléchi pour minimiser ses impacts environnementaux, ne sera jamais optimal pour une mobilité décarbonée. La manière la plus simple de voir ce contexte favorable est de se poser la question suivante : « peut-on vivre dans ce quartier sans voiture ? » Il ne suffit pas alors d'avoir accès à son emploi en transport en commun comme le permettent les gares ferroviaires de périphéries qui desservent les grands pôles d'emploi, mais d'offrir aux habitants l'accès autrement qu'en voiture à toutes les aménités urbaines. Cette seconde contrainte limite considérablement les localisations optimales des nouveaux quartiers.

Dans une perspective de neutralité carbone en 2050, le nouveau quartier ne peut donc être vu que comme une extension spatiale du centre urbain. Il remplace alors un urbanisme de zones pensé pour la voiture et très peu dense. Le nouveau quartier contribue aussi à repenser l'environnement urbain dans lequel il s'insère pour faciliter les déplacements non seulement avec la ville centre, mais aussi avec la périphérie. Le montage financier à l'échelle du quartier est aussi l'opportunité pour les municipalités de construire de nouveaux logements sociaux soit pour se mettre en conformité avec la loi SRU, soit pour pouvoir reloger les anciens résidents.

Des propositions pour un quartier incitant aux mobilités décarbonées

Même si le contexte urbain du quartier joue un rôle essentiel sur les pratiques de mobilités des usagers du quartier, l'aménageur a à sa disposition des clés pour que les mobilités soient plus vertueuses du point de vue de l'environnement.



Nous recensons dans cet article trois domaines de l'aménagement à l'échelle du quartier qui ont un impact important sur les pratiques de mobilité des usagers : l'aménagement du quartier, le stationnement et « le système vélo ».

L'urbanisme et la voirie

D'un point de vue urbain, le nouveau quartier doit bien évidemment suivre la continuité urbaine plus dense qu'il jouxte. Ainsi, les espaces extérieurs devront être accueillants pour les modes actifs (piétons, vélos, etc.) avec éventuellement une piétonnisation du quartier pensée en continuité avec les quartiers alentour, pour ne pas créer d'enclave. Les activités proposées par le nouveau quartier devront aussi rompre avec la logique du stationnement voiture partout. Il ne s'agit pas de créer un centre commercial à ciel ouvert, mais de rompre avec les pratiques urbaines toujours en cours dans les zones périphériques en (re)mettant le piéton au centre de la réflexion sur l'espace public. Proposer les activités de commerce ou autres en rez-de-chaussée ouvertes sur la rue, en plus de répondre aux besoins des usagers du quartier, facilite la promenade et les déplacements lents.

Un stationnement à l'échelle du quartier

En restreignant le nombre de places de stationnement des véhicules motorisés et leur accessibilité, le choix de l'usage des modes alternatifs à la voiture peut devenir attractif. Augmenter la distance entre le lieu de stationnement et l'origine ou la destination favorise les modes concurrents de la voiture. Les places de stationnement dans la rue sont également autant de place perdue pour le piéton ou le cycliste et favorisent l'effet de séparation des voies qui encourage la vitesse. Penser le stationnement à l'échelle du quartier donne à l'aménageur la possibilité de mutualiser les places et donc de réduire le nombre de places totales. L'obligation, souvent inscrite dans les plans locaux d'urbanisme, d'avoir un minimum de places de stationnement par logement, ne peut plus être la règle. Si le nombre de places ne peut être trop restreint, une réversibilité des places pour autre usage que le stationnement des voitures doit être pensée dès la conception.

1. INSEE, « Le parc de logements en France au 1^{er} janvier 2017 », 2017.





Équiper certaines places de stationnement de bornes de recharge électrique permet d'anticiper et de promouvoir le développement des véhicules électriques pour les déplacements le nécessitant. Cependant, la priorité est de permettre aux ménages s'installant dans le quartier de vivre démotorisés, c'est-à-dire sans voiture. Un système de partage de voitures à l'échelle du quartier faciliterait ce choix radical.

Un système vélo efficace

Une réponse à cela est en partie dans le système vélo qui se pense bien sûr à une échelle plus large, mais pour lequel un certain nombre de mesures concerne l'échelle du quartier. Il s'agit de développer le système vélo², pour que ce dernier soit sécurisé, visible et continu. Plus un quartier proposera un écosystème vélo complet (stationnement, réparation, location...), plus il favorisera cette pratique. Aujourd'hui, 8 % des Français qui ne font pas de vélo, n'ont pas franchi le cap par peur de la circulation³ alors qu'on peut estimer des gains importants de réductions de CO₂ engendrés par un système vélo efficace⁴.

Perspectives

Pour restreindre les constructions hors quartier à l'œuvre aujourd'hui, l'État et les collectivités locales ont un rôle à jouer pour limiter l'étalement urbain et planifier les développements urbains. Par planifier, nous entendons uniquement localisation des nouveaux quartiers et non doctrine urbaine. Le nouvel objectif de « zéro artificialisation nette » porté notamment par la Convention citoyenne⁵ en est, par exemple, un outil de contrôle strict qui permettrait de réguler les nouvelles constructions et surtout de faire en sorte qu'elles suivent certaines recommandations. Cette forte restriction dans la construction qui peut être vue comme une atteinte à la liberté est aussi l'occasion de repenser l'aménagement du territoire en dehors des grandes métropoles.

L'évaluation environnementale du futur quartier constitue un outil complémentaire. Comme actuellement les bâtiments sont soumis à des normes strictes de construction, nous pouvons imaginer que le quartier dans son ensemble soit contraint de respecter un certain nombre de critères environnementaux. C'est en partie la démarche suivie par le projet « Quartier E+C- »⁶. Les quartiers sont évalués suivant une méthodologie fixe calculant de nombreux critères environnementaux et sont référencés par rapport à la trajectoire bas carbone.

Les nouveaux quartiers ne pourront bien sûr répondre seuls aux enjeux de la décarbonation de la mobilité. Pour être efficaces, même pour les nouveaux quartiers, les voiries des quartiers centraux des villes devront restreindre la place de la voiture et le réaménagement en profondeur des zones périphériques est à penser dès à présent. Enfin, dans ces grandes métropoles, les nouveaux quartiers se construisent souvent dans un environnement social défavorisé au profit de populations plus riches venant du centre urbain, faisant déplacer encore plus loin les populations pauvres. La logique financière de bénéfice qui prévaut n'est alors pas adaptée et nécessite d'être réorientée. //

Pour aller plus loin : Site Efficacity, projet UrbanPrint

2. Résumé de l'intervention de Frédéric HERAN, IFRESI-CNRS, à la 3^e journée d'étude de la FUBicy, intitulée : « Pour un usage généralisé du vélo », Lyon, 6 avril 2001.
 3. Enquête nationale transports et déplacements (ENTD) 2008
 4. Décarboner la mobilité en Vallée de la Seine, The Shift Project, décembre 2020.
 5. Convention citoyenne pour le climat, Se loger
 6. [Dossier Quartiers Bas Carbone] - Projet Quartier E+C- ou l'application de l'analyse de cycle de vie à l'échelle quartier.

5

FRESQUE DE LA MOBILITÉ : COMPRENDRE POUR AGIR



Les récents débats autour des propositions de la Convention citoyenne pour le climat ou le mouvement des Gilets jaunes montrent la difficulté de faire changer les comportements sur un sujet aussi sensible que la mobilité. Faut-il pour autant renoncer à imaginer et proposer des alternatives à la voiture individuelle ou aux voyages à l'autre bout du monde ? Ou est-ce qu'un effort particulier d'information et de pédagogie sur l'ampleur du sujet à traiter peut contribuer à des changements dans nos habitudes de mobilité ?



Laurent Perron,
 chef de Projet de la mission Fresque de la Mobilité – Association Les Shifters
[linkedin.com/in/laurent-perron](https://www.linkedin.com/in/laurent-perron)



PLUS DE 800
PARTICIPANTS
ont pu suivre la Fresque de la Mobilité
depuis son lancement.

Les enjeux soulevés par le changement climatique n'ont jamais été aussi prégnants dans le débat public et au cœur des interrogations d'une partie grandissante de la population. Hors pandémie en effet, l'environnement est l'une des trois préoccupations principales des Français, avec le pouvoir d'achat et l'avenir du système social¹. Et parmi les problèmes d'environnement, le réchauffement climatique apparaît de loin comme le plus préoccupant.

Cependant, encore un quart des Français considèrent que le réchauffement climatique est un phénomène naturel qui a toujours existé et plus de 60 % sont convaincus que les centrales nucléaires contribuent beaucoup ou assez aux émissions de gaz à effet de serre².

Pour accompagner l'intérêt croissant des Français pour les enjeux climatiques et pour aider aux décisions individuelles et collectives, il est primordial que les connaissances soient diffusées le plus largement possible et que nous ayons tous accès au bon niveau d'information.

Un problème complexe et des enjeux pas toujours bien identifiés

Si les phénomènes physiques liés au dérèglement climatique sont désormais bien identifiés par la communauté scientifique, ils restent néanmoins difficiles à appréhender par tous. Et les perspectives du dérèglement sont à la fois profondément

ment inquiétantes et éminemment complexes. Afin d'obtenir une compréhension des enjeux qui soit la plus exacte possible, il est nécessaire d'y consacrer un temps important. Faire face au problème exige une population certes sensibilisée, mais aussi informée et formée à tous les niveaux de la société : étudiants, citoyens, dirigeants, décideurs politiques.

De nombreuses initiatives ont vu le jour ces dernières années pour développer des outils de sensibilisation et d'information à ces enjeux fondamentaux. On peut citer le rapport du Shift Project « Déployer la sobriété numérique »³, le succès de la Fresque du Climat⁴, atelier ouvert à tous, visant à expliquer les causes et les conséquences du réchauffement climatique que 100 000 personnes ont déjà suivi, ou le service d'information environnemental Ecolab de l'ADEME⁵.

La mobilité des personnes, un sujet sensible sur lequel il faut pourtant agir

La mobilité des personnes va évoluer fortement sous la double pression de la lutte contre le dérèglement climatique et du risque d'un moindre approvisionnement en pétrole dans la décennie qui vient⁶. Cette évolution nécessite d'en comprendre les mécanismes et de mesurer les responsabilités, tant individuelles que collectives que nous devons assumer et qui doivent nous guider dans nos décisions.

Fort de ce constat, l'association Les Shifters, qui regroupe maintenant plusieurs milliers de bénévoles et qui œuvre à l'élaboration de solutions pour la transition carbone de l'économie en appui au think tank The Shift Project, a constitué fin 2019 une mission pour concevoir un instrument de sensibilisation à la mobilité décarbonée : la Fresque de la Mobilité. L'objectif est de disposer d'un outil facilement et massivement déployable, qui puisse s'adresser au plus grand nombre, pour sensibiliser et informer sur les enjeux et les conséquences de la mobilité des personnes.

La Fresque de la Mobilité a aussi pour objectif de permettre aux participants d'explorer les avantages de différents leviers de décarbonation de la mobilité, à l'échelle individuelle comme à l'échelle collective.

L'identification de ces leviers se base sur le *Guide pour une mobilité quotidienne bas carbone*, du Shift Project⁷.

« La Fresque de la Mobilité a aussi pour objectif de permettre aux participants d'explorer les avantages de différents leviers de décarbonation de la mobilité, à l'échelle individuelle comme à l'échelle collective. »



L'atelier de la Fresque de la Mobilité : un format ludique et collaboratif pour comprendre et prendre en main sa mobilité

Cet atelier se déroule par groupe de 6 à 8 personnes, guidées par un animateur dédié et formé, et comprend deux parties. La première partie, sous forme de cartes quiz, propose aux participants de construire un panorama de la mobilité des personnes en France : besoins, modes de transport et énergies utilisés pour y répondre, conséquences économiques, sanitaires et environnementales.

La seconde partie met en scène des profils types dans lesquels les participants peuvent se reconnaître, et propose des leviers d'action à mettre en place. Le but est alors de choisir les trois ou quatre leviers les plus pertinents pour réduire le bilan carbone mobilité du profil étudié.

La Fresque permet ainsi une appropriation ludique et dynamique du sujet et favorise l'émergence des comportements individuels et collectifs permettant à chacun de devenir acteur d'une mobilité moins carbonnée.

Pour réduire la dépendance à la voiture, proposer des alternatives efficaces

L'animation peut s'organiser en présentiel ou à distance, sur une durée de deux à trois heures. Elle est déclinée en trois versions pour s'adapter à une utilisation aussi bien auprès du

grand public qu'en séminaire pour tout type d'organisation :
— une version « grand public » pour sensibiliser le plus largement possible ;
— une version « entreprise » pour aider les organisations à s'engager avec leurs collaborateurs dans une démarche de mobilité moins carbonnée ;
— et enfin, une version « collectivité » pour accompagner les élus et les agents dans la transition des territoires.

La réponse à la décarbonation de la mobilité ne sera pas unique

La Fresque fait le choix d'offrir aux participants la possibilité d'identifier un ensemble de leviers d'action plutôt que de laisser penser qu'une solution unique et universelle serait suffisante pour décarboner la mobilité.

1. « Fractures françaises 2019 : la défiance vis-à-vis des dirigeants et des institutions atteint des sommets », sondage Ipsos Sopra Steria pour Le Monde, la Fondation Jean Jaurès et l'Institut Montaigne, 2019.
2. Représentations sociales du changement climatique : 20^e vague – (enquête), baromètre ADEME, 2019.
3. « Déployer la sobriété numérique », rapport du Shift Project, octobre 2020.
4. Association La Fresque du Climat
5. L'information environnementale au plus près des citoyens
6. The Shift Project, « Possible déclin de l'approvisionnement en pétrole de l'UE d'ici 2030 ».
7. Rapport du Shift pour les collectivités, février 2020.



Nous sommes convaincus que la décarbonation du transport, en particulier celui des personnes, passera par un ensemble d'actions différentes adaptées aux usages, aux besoins et aux moyens de chacun, en jouant sur les cinq facteurs structurant les émissions : la demande de transport, le report modal, le taux de remplissage, l'efficacité énergétique des véhicules et l'intensité carbone de l'énergie utilisée.

Nous n'avons retenu que des leviers d'action existants et applicables rapidement.

Un outil disponible dès à présent

L'atelier est actuellement en langue française et utilise les données du secteur des transports en France. Des extensions pour d'autres pays sont en réflexion.

Déjà plus de 800 participants ont pu suivre la Fresque de la Mobilité depuis son lancement en février, lors des sessions publiques. Ces ateliers sont ouverts à tous, par inscription sur le site Internet.

Les Shifters sont également à la disposition des associations, des entreprises et des collectivités pour animer cet atelier et mettre ce nouvel outil au service de la compréhension des enjeux de mobilités durables et d'action vers une mobilité sobre et décarbonée. //

Site Internet : <https://fresquedelamobilite.org>

Mail : fresquedelamobilite@theshifters.org

6

VVE : UN OUTIL POUR LA TRANSITION ÉCOMOBILE DES COLLECTIVITÉS



"Vve – Vers une ville écomobile" est un outil d'autodiagnostic en ligne à destination des collectivités locales qui a été lancé en avril 2020. Chaque utilisateur évalue un territoire sur des critères simples et complets, pour dresser un état des lieux de ses forces et de ses faiblesses, tant sur les aspects d'urbanisme et d'aménagement que sur les offres de mobilité, grâce à de nombreuses ressources actualisées. Vve favorise l'émergence d'une vision commune et partagée sur la mobilité durable.



Julien Solé,
fondateur et dirigeant L'Arbre-Mobile
[linkedin.com/in/julien-solé-38144754](https://www.linkedin.com/in/julien-solé-38144754)



Aurore Fabre-Landry,
fondatrice et dirigeante Sustainable Mobilities
[linkedin.com/in/aurore-fabre-landry-2610049](https://www.linkedin.com/in/aurore-fabre-landry-2610049)

OUVRAGES

- **Ademe.** *Étude nationale sur le covoiturage de courte distance. Approches méthodologiques d'évaluation de l'impact du covoiturage sur les polluants atmosphériques et le CO₂.* Paris : Ademe. Septembre 2015.
<https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/2712-etude-nationale-sur-le-covoiturage-de-courtedistance.html>
- **Ademe.** *Engagement volontaire en faveur de la logistique urbaine, Expérimentation et finalisation d'outils de mesure, d'accompagnement et de suivi des démarches,* rapport. 2018
<https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/887-engagement-volontaire-en-faveur-de-la-logistiqueurbaine.html>
- **Bigo Aurélien.** *Les transports face au défi de la transition énergétique. Explorations entre passé et avenir, technologie et sobriété, accélération et ralentissement,* thèse, 2020. 340 p.
<http://www.chair-energy-prosperity.org/publications/travail-de-these-decarboner-transports-dici-2050/>
- **Castagnède Laurent.** *Airvire ou la face obscure des transports. Chronique d'une pollution annoncée.* Montréal : écosociété, 2018. 344 p. ISBN : 289719359X
<https://ecosociete.org/livres/airvire>
- **Club des villes et territoires cyclables / CVTC (2020-2021), Le Villain F., Maguin C., Marrec S.** *Suivi qualitatif de la dynamique des aménagements cyclables et piétons de transition, 1^{re} phase (juillet 2020), 2^e phase (octobre 2020), 3^e phase (février 2021)*
- **Collectif Paysages de l'après-pétrole.** *Villes et territoires de l'après-pétrole.* Paris : Le Moniteur, 2020.
- **Crozet Yves.** *Hypermobilité et politiques publiques. Changer d'époque ?* Paris : Economica. 2016
ISBN : 2717868623
- **Cuvelier Marielle, Uster Guillaume.** *Réinventer la mobilité avec et pour les habitants du périurbain. Cas de Loos en Gohelle.* Rapport de recherche, février 2020.
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02476463/document>.
- **Demailly Kaduna-Eve, Monnet Jérôme, Scapino Julie, Deraeve Sophie (sous la direction de).** *Dictionnaire pluriel de la marche en ville.* Paris : L'Œil d'Or, 2021. Collection Critiques & Cités. ISBN : 2490437100
- **Dossier Julien.** *Renaissance écologique. 24 chantiers pour le monde de demain.* Paris : Actes Sud, 2019. ISBN : 978-2-330-11438-1
- **Estrade Jean-Roger, Leurent Fabien, Peuportier Bruno (coord.).** *Éco-conception des ensembles bâtis et des infrastructures – Tome 2.* Paris : Presse des Mines. 2018. ISBN : 978-2356715371
- **La Fabrique Écologique.** *Les territoires ruraux et périurbains, terres d'innovation pour la mobilité durable – Un enjeu majeur, des initiatives indispensables,* juin 2017.
<https://www.lafabriqueeconomique.fr/les-territoires-ruraux-et-periurbains-terres-dinnovation-pour-lamobilite-durable/>
- **Finger Matthias, Montero Juan (Editors).** *Handbook on railway regulation : concepts and practice.* Cheltenham : EE Elgar. 2020
- **Fondation Nicolas Hulot.** *Réseau Action Climat France : Les solutions de mobilité soutenable en milieu rural et périurbain.* Juillet 2014 mis à jour en avril 2021.
<https://www.fondation-nicolas-hulot.org/les-solutions-de-mobilite-soutenable-en-milieu-rural-et-periurbain/>
- **Forum Vies Mobiles.** *Réduire l'empreinte carbone de la mobilité : quelles politiques en France ?* 2020.
https://fr.forumviesmobiles.org/sites/default/files/editor/synthesereduire_lempreinte_carbone_de_la_mobilite_en_france_0.pdf
- **Gehl Jan.** *Pour des villes à échelle humaine.* Montréal : écosociété, 2012.
- **Gollier Christian.** *Le climat après la fin du mois.* Paris : PUF, 2019. ISBN : 2130818854
- **Hamelin Éric, Razemon Olivier.** *La tentation du bitume : où s'arrêtera l'étalement urbain ?* Paris : Rue de l'échiquier, 2012. ISBN : 2917770325
- **Haut Conseil pour le Climat.** *Transports (chapitre 3.1) in Rapport annuel 2021. Renforcer l'atténuation, engager l'adaptation.* Juin 2021. p. 76-82
<https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2021-renforcer-lattenuation-engagerladaptation/>
- **Illitch Ivan.** *Énergie et équité.* Paris : Artaud, 2018. ISBN : 9782081428577
- **Martinez Frédéric, Philipps-Bertin Chrystèle, Champelovier Patricia, Chatain Sophie.** *Cohérence motivationnelle des arguments : L'apport de la psychologie sociale à la dynamique des changements*

de mobilité, in *Psychologie des transports et des mobilités*, Schneider Benoît, Dinet Jérôme, Granié Marie-Axelle, Nancy, Presses universitaires de Nancy, 2020.

— **Masboungi Ariella (dir).** *Ville et voiture*. Paris : Éditions Parenthèses, 2015. ISBN : 978-2-86364-239-9

— **Mercuriali Mathieu, Picon-Lefebvre Virginie.** *Les Routes du Futur du Grand Paris*. Paris : Éditions du Pavillon de l'Arsenal, 2019.

— **Ministère de la Transition écologique et solidaire.** *Comment les Français se déplacent-ils en 2019 ? Résultats de l'enquête mobilité des personnes*. Septembre 2020.

<https://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/comment-les-francais-se-deplacent-ils-en-2019-resultats-de-lenquete-mobilite-despersonnes>

— **Ministère de la Transition écologique et solidaire.** Orientations sectorielles transports (Chapitre 4.3i) in *Stratégie nationale bas carbone. La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone*. Paris. Avril 2020. p. 79-86.

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2020-03-25_MTES_SNBC2.pdf

— **Ministère de la Transition écologique et solidaire.** *Stratégie de développement de la mobilité propre (annexe 1) in Stratégie française pour l'énergie et le climat. Programmation pluriannuelle de l'énergie*. Avril 2020, p. 299-375.

<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%8>

— **Oldenziel, Ruth et al.** *Cycling cities : the European experience : hundred years of policy and practice*. Eindhoven : Foundation for the History of Technology, 2016.

https://www.academia.edu/25505473/Cycling_Cities_The_European_Experience_Hundred_Years_Policy_and_Practice_2016_Buy_at_www_cyclingcities_info

— **Paris en Selle.** *Guide des aménagements cyclables*. Paris en selle, 2018.

<https://parisenselle.fr/guideamenagements-cyclables-paris-en-selle/>

— **SNCF.** *Vers une mobilité sobre en CO₂ : une opportunité pour vivre mieux ? Étude facteur 4*. 2015.

file:///C:/Users/VIRGIN~1/OneDrive/AppData/Local/Temp/facteur_4.pdf

— **The shift project.** *Guide pour une mobilité quotidienne bas carbone. Vers un système cohérent d'alternatives à la voiture en solo dans les zones de*

moyenne densité. Février 2020.

<https://theshiftproject.org/article/guide-mobilite-quotidienne-bas-carbone-rapport-shift/>

— **Toilier Florence, Le Van Elsa, Libeskind Jérôme, Papet Laura.** *Étude prospective des enjeux de la livraison du dernier kilomètre sous forme mutualisée et collaborative, ainsi que leurs articulations avec le concept d'internet physique*. Rapport final Direction Générale des Infrastructures de Transport et de la Mer, 2018.

ARTICLES

— **Aguilera Anne, Conti Benoît, Le Néchet Florent.** *Accompagner la transition vers des mobilités plus durables dans le périurbain*, in *Transports Urbains-mobilités réseaux territoires*, n° 130, 2017, p. 3-9.

— **Bentayou Gilles, Cauhopé Marion, Perrin Emmanuel, Richer Cyprien.** *Urbanisme et mobilité, défis et paradoxes de la transition écologique* in *La Jaune et la Rouge*, n° 738, octobre 2018.

<https://www.lajauneetlarouge.com/article/defis-et-paradoxes-de-la-transition-ecologique>

— **Berger Martine, Rougé Lionel, Thomann Sandra, Thouzellier Christiane.** *Vieillir en pavillon : mobilité et ancrages des personnes âgées dans les espaces périurbains d'aires métropolitaines (Toulouse, Paris, Marseille)*, in *Espace Populations, Sociétés*, 2010/1, p. 53-57.

<https://doi.org/10.4000/eps.3912>

— **De Bortoli Anne.** *Environmental performance of shared micromobility and personal alternatives using integrated modal LCA in Transportation Research Part D : Transport and environment*, volume 93, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102743>

— **Blaudine de Thé Camille, Carantino Benjamin, Lafourcade Miren.** *The carbon 'carprint' of urbanization: New evidence from French cities*, in *Regional Science and Urban Economics*, volume 89, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2021.103693>

— **C40 Knowledge.** *Transport and urban planning*. (Plusieurs articles)

https://www.c40knowledgehub.org/s/topic/0TO1Q0000011RGWAY/transport-and-urban-planning?language=en_US

— **Coulombel Nicolas, Boutueil Virginie, Liu Liu, Viguié Vincent, Yin Biao.** *Substantial rebound effects in urban ridesharing: Simulating travel decisions in*

Paris. Transportation Research Part D: Transport and Environment, Elsevier. 2019, 71, p. 110-126. 10.1016/j.trd.2018.12.006. hal-01981292v2

— **Guillin-Modaine Muriel, Macaire Agnès, Théard-Jallu Cécile, Sophie Weill.** Dossier – *Mobilité, aménagement urbain et digital : quels enjeux juridiques pour les projets de Smart Healthy City à l'ère du Covid-19 ?* Septembre 2020.

<https://www.degaullefleurance.com/dossier-mobilites-et-amenagement-urbain-quels-enjeux-juridiques-pour-les-projets-de-smart-healthy-city-a-lere-du-covid-19/>

— **Frédéric Héran.** *Vers des politiques de déplacements urbains plus cohérentes in Norois*, n° 245, 2017/4, p. 89-100.

<https://journals.openedition.org/norois/6242>

— **Leurent Fabien, Boutueil Virginie.** *L'électromobilité : Une décennie de développement*, in *Revue TEC : Mobilité intelligente*, n° 238, 2018, p. 18-21. (hal-01981266)

— **Martinez Frédéric, Chaurand Nadine.** *Comment promouvoir une mobilité plus sûre, verte et efficace ? Les apports de la psychologie sociale*, in *Le Journal des Psychologues*, n° 360, 2018/8, p. 19-23.

— **Midler Christophe, Von Pechmann Félix.** *Du véhicule électrique à l'électromobilité In Le journal de l'école de Paris du management*, n° 114, 2015/4, p. 8-15. DOI : 10.3917/jepam.114.0008.

— **Pottier Antonin, Combet Emmanuel, Cayla Jean-Michel et al.** *Qui émet du CO₂ ? Panorama critique des inégalités écologiques en France*, in *Revue de l'OFCE*, n° 169, 2020/5, p. 73-132.

DOI : 10.3917/reof.169.0073.

— **Richer Cyprien, Rabaud Mathieu.** *L'évolution des mobilités actives dans la Métropole européenne de Lille depuis dix ans : changement de modèle ou prolongement de tendance ? in Belgeo – Revue Belge de Géographie*, 2019, n° 4, numéro spécial Les politiques de mobilité urbaines en Europe après la crise : adaptations et innovations.

<https://journals.openedition.org/belgeo/34427>

— **Rue de l'Avenir.** *Ça chauffe dans la rue ! S'adapter, dès maintenant*. Bulletin Rue de l'Avenir 3/2020

<https://rue-avenir.ch/publications/bulletin-trimestriel/archives-des-bulletins/>

— **Vélo et territoires.** *Fréquentation vélo et confinement*. Bulletin n° 13 du 06/01/2021

https://www.velo-territoires.org/wp-content/uploads/2021/01/2021-01-06-Bulletin_Velo_Confinements_13_2p-1.pdf

RESSOURCES INTERNET

— Les pages du site Vélo et territoires consacrées à la plateforme nationale des fréquentations : <https://www.velo-territoires.org/observatoires/plateforme-nationale-de-frequentation/> <https://www.veloterritoires.org/observatoires/plateforme-nationale-de-frequentation/bulletins-frequentations-velo/>

— Le site Internet de la consultation internationale www.routesdutfutur-grandparis.fr

Les références Cerema en lien avec les thématiques traitées

LES OUVRAGES

- Cerema. *Adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique*. Bron : Cerema, 2018. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-217-9
- Cerema. *La logistique urbaine fluviale, Connaître et agir*. Bron : Cerema, 2020. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-485-2
- Cerema. *La logistique urbaine, Connaître et agir*. Bron : Cerema, 2015. Collection : Références. ISBN : 978-2-37180-038
- Cerema. *Rendre sa voirie cyclable, les clés de la réussite*. Bron : Cerema, 2021. Collection : Les cahiers. <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/rendre-sa-voirie-cyclable>
- Cerema. *Aménagements provisoires pour les piétons : tester pour aménager durablement*. Bron : Cerema, 2021. Collection : Les cahiers. <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/amenagements-provisaires-pietons-testeramenager-durablement>
- Cerema. *Voies structurantes d'agglomération - Aménagement des voies réservées au covoiturage et à certaines catégories de véhicules*. Bron : Cerema, 2020. Collection : Références. ISBN : 978-2-37180-436-4

LES SÉRIES DE FICHES

Cerema. Favoriser la marche

- Fiche n° 01 : Plan piéton La Chapelle-Glain
- Fiche n° 02 : Mieux accueillir les piétons âgés dans l'espace public
- Fiche n° 03 : Les lieux de pause et de repos : éléments essentiels de la marche en ville
- Fiche n° 04 : Les itinéraires pédestres balisés en ville : l'exemple de Mulhouse Alsace Agglomération
- Fiche n° 05 : La prise en compte de la marche dans les documents de planification
- Fiche n° 06 : Les outils fonciers pour rétablir les continuités piétonnes
- Fiche n° 07 : Éclairage des espaces publics pour les piétons
- Fiche n° 08 : Les micro-aménagements en faveur des piétons
- Fiche n° 09 : Les magistrales piétonnes - Un réseau piéton à haut niveau de service <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/favoriser-marche>

Cerema. Adapter l'espace public aux enjeux climatiques : à quel coût et pour quels bénéfices ?

- Fiche n° 01 Le réaménagement de la place de Francfort à Lyon <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/adapter-espace-public-aux-enjeux-climatiques-quelcout-quels>

Cerema. Voies réservées – Convention citoyenne pour le climat

- F01 - Expérimentations de voies réservées au covoiturage et à certaines catégories de véhicules sur voies structurantes d'agglomération - Opportunité et pré-faisabilité
- F02 - Conception - Scénario 1 - Voie réservée à horaires d'ouverture prédéfinis par mobilisation de la voie de gauche
- F03 - Conception - Scénario 2 - Voie réservée permanente à gauche avec suppression de la bande d'arrêt d'urgence
- F04 - Conception - Scénario 3 - Voie réservée à horaires d'ouverture prédéfinis par mobilisation de la voie de gauche, avec VRTC à droite
- F05 - Conception - Scénario 4 - Voie réservée permanente à droite avec suppression de la bande d'arrêt d'urgence <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/voies-reservees-convention-citoyenne-climat>

Cerema. Voirie, espace public : solutions économes

- Fiche n° 01 - Le réemploi d'une voie ferrée en liaison douce : l'expérience de Caux-Austreberthe, Pays de Caux
- Fiche n° 02 - Un parking-relais modulable en période estivale : l'exemple d'Arcachon
- Fiche n° 03 - Reconversion d'un parking en parc urbain à Saint-Étienne
- Fiche n° 04 - Une solution innovante pour le retraitement en place d'une chaussée polluée <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/voirie-espaces-publics-solutions-economes>

DECARBONIZED MOBILITY A GLOBAL CHALLENGE

In France, transportation is the largest source of greenhouse gas emissions. It is therefore a crucial priority to design energy-efficient vehicles today. Beyond this technological challenge, it is important to act in depth in order to adapt our transportation infrastructure, initiate new low-carbon mobility practices, and rethink our economic and legal models. As part of a partnership collaboration, the authors of this study raise thought-provoking issues for consideration and put forward concrete solutions, aimed at all mobility players and professionals.

MOVILIDAD DESCARBONIZADA UN RETO GLOBAL

En Francia, el transporte es la actividad que más contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero. Por eso, es de suma importancia diseñar lo más pronto posible vehículos energéticamente eficientes. Más allá de este reto tecnológico, es importante actuar en profundidad para adaptar nuestras infraestructuras, iniciar nuevas prácticas de movilidad con bajas emisiones de carbono, y replantear nuestros modelos económicos e incluso jurídicos. En el marco de una colaboración con diferentes socios, los autores de este informe abren algunas vías de reflexión estimulantes y proponen soluciones, en beneficio de todas las partes interesadas y los profesionales de la movilidad.

© 2021 – Cerema

Le Cerema, l'expertise publique pour la transition écologique et la cohésion des territoires

Le Cerema, Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, est un établissement public qui apporte son concours à l'État et aux collectivités territoriales pour l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques au service de la transition écologique, de l'adaptation au changement climatique et de la cohésion des territoires. Il porte des missions de recherche & innovation et appuie le transfert d'innovations dans les territoires et auprès des acteurs privés. Le Cerema agit dans 6 domaines d'activité : Expertise & Ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral. Présent partout en métropole et dans les Outre-mer par ses 26 implantations, il développe une expertise de référence au contact de ses partenaires européens et contribue à diffuser le savoir-faire français à l'international.

Le Cerema capitalise les connaissances et savoir-faire dans ses domaines d'activité. Éditeur, il mène sa mission de centre de ressources en ingénierie par la mise à disposition de près de 3 000 références à retrouver sur www.cerema.fr rubrique nos publications.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L.122-4 du Code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et L.335-3 du CPI.

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Jouve-Print est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encre végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Coordination : Direction de la Stratégie et de la Communication / Pôle éditions

Couverture : Farénis

Mise en pages : Citizen Press

Impression : Jouve-Print – 733 rue Saint-Léonard – 53100 Mayenne – Tél. 02 43 11 09 00

Achévé d'imprimer : janvier 2022 – Dépôt légal : novembre 2021

ISBN : 978-2-37180-542-2 (pdf) ISBN : 978-2-37180-541-5 (imprimé) ISSN : en cours

Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25, avenue François Mitterrand CS 92803 – 69674 Bron Cedex – France

www.cerema.fr

MOBILITÉS

DÉCARBONÉES

Un défi global

En France, le transport est l'activité qui contribue le plus aux émissions de gaz à effet de serre. Il est donc de première importance de concevoir dès aujourd'hui des véhicules sobres en énergie. Au-delà de ce défi technologique, il importe d'agir en profondeur pour adapter nos infrastructures, initier de nouvelles pratiques de mobilité bas carbone et repenser nos modèles économiques, voire juridiques. Dans le cadre d'une collaboration partenariale, les auteurs de ce dossier ouvrent des pistes de réflexion stimulantes et des solutions, à destination de tous les acteurs et professionnels de la mobilité.



EXPERTISE & INGÉNIERIE TERRITORIALE | BÂTIMENT
| MOBILITÉS | INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT |
ENVIRONNEMENT & RISQUES | MER & LITTORAL

