



Quelle place demain pour les véhicules intermédiaires ?

Apéro de Rue de l'Avenir du 19 juin 2024, 18h-20h, en visio

Frédéric Héran, économiste des transports et urbaniste émérite à l'université de Lille

CLERSE (Centre lillois d'études et de recherches sociologiques et économiques)
UMR 8019 du CNRS – frederic.heran@univ-lille.fr

Préambule

Aujourd'hui, il existe au moins une cinquantaine de solutions pour réduire le trafic automobile et ses nuisances

Toutes ces solutions sont à la fois complémentaires et en concurrence

Les véhicules intermédiaires doivent faire partie des solutions

Ils sont à la fois complémentaires et concurrents des autres solutions

Définition et potentiel des véhicules intermédiaires

Définition et potentiel

Définition

Tous les véhicules intermédiaires entre le vélo classique et la voiture inférieurs à 600 kg presque toujours électriques (Héran 2022)

Appelés aussi **vélis** (véhicules légers intermédiaires) ou à l'étranger **LEV** (*light electric vehicles*)

Potentiel

les 3/4 des déplacements
la moitié des distances
- 43 % des émissions de GES (Ehrenberger *et alii* 2022)

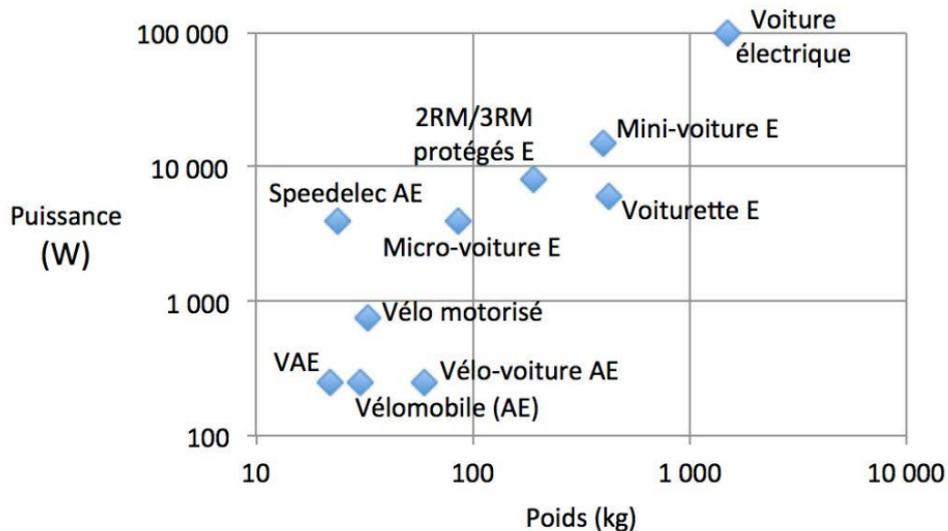
	Type de véhicule	Catégorie européenne
Modes actifs	Vélos classiques droits : de ville, de randonnée, tous chemins...	Vélo
	Vélos à assistance électrique Vélos motorisés et speedelecs	Vélo L1e-A et B
	Vélos spéciaux : vélos pliants, vélos cargos, tandems, tricycles handicycles, vélos couchés, vélomobiles, vélos-voitures...	Vélo
Modes passifs	2RM, 3RM et 4RM (avec habitacle)	L2e L3e L5e
	Véhicule ultraléger (< 100 kg)	L6e-A
	Voiturettes	L6e-B
	Mini-voitures	L7e
	Voitures classiques thermiques, hybrides ou électriques, de la micro-citadine à la limousine	M

Quelques véhicules intermédiaires

<p>Vélo à assistance électrique (VAE)</p>  <p>Gitane</p>	<p>Speedelec</p>  <p>Medeo T10</p>	<p>Tandem pliant</p>  <p>Amsterdamer</p>	<p>Tricycle</p>  <p>Damius</p>	<p>Vélo allongé (long tail)</p>  <p>Respire</p>
<p>Vélo pliant</p>  <p>Brompton</p>	<p>Vélo pliant électrique</p>  <p>Tern</p>	<p>Biporteur</p>  <p>Douze Cycles</p>	<p>Triporteur</p>  <p>Nihola</p>	<p>Triporteur pour enfants</p>  <p>Chike kids</p>
<p>Triporteur familial</p>  <p>Wello family-up</p>	<p>Vélo poussette</p>  <p>Wike Salamander</p>	<p>Rickshaw</p>  <p>Amsterdamer</p>	<p>Vélo taxi 8 enfants</p>  <p>GoCab</p>	<p>Rosalie</p>  <p>France quadricycle</p>
<p>Vélo modulaire</p>  <p>Add bike</p>	<p>Vélo modulaire</p>  <p>Cigogne cycle</p>	<p>Caddy</p>  <p>Donkey</p>	<p>Remorque autottractée</p>  <p>Toutenvélo</p>	<p>Porte-palette pour vélo</p>  <p>BicyLift trailer</p>

Vélo couché 	Trike 	Handicycle 	Vélo pousseur 	Vélo pour fauteuil roulant 
Lacka	Ice Adventure	Hase	Rollfiets	Benur
Tricycle pendulaire 	Vélobobile 	Vélobobile 	Vélobobile 	Vélobobile 
Longabike	Velocar type H (Mochet)	Frikar	Quest	Milan SL MK7
Vélo-voiture 	Vélo-voiture 	Vélo-voiture 	Vélo-voiture 	Micro-voiture 
Veemo	Podride	Midipile	Tricycar	EV4
Quadricycle protégé 	Tricycle protégé 	Voiturette 	Voiturette 	Voiturette 
EU-Live (Peugeot)	Velocipedo (l'orrot)	Ami (Citroën)	City Pack (Aixam)	C+Pod (Toyota)
Tricycle avec cabine 	Mini-voiture avec pédalier 	Mini-voiture 	Mini-voiture 	Mini-voiture 
EEC	Twike 5	Twizy 80 (Renault)	Minimó (Seat)	Micro electric

Le rapport poids-puissance : d'énormes écarts



NB : une échelle logarithmique est nécessaire pour représenter ces énormes écarts
AE : assistance électrique E : électrique

Les enjeux des véhicules intermédiaires

Empreintes carbone et matière de la voiture électrique / thermique

Une empreinte carbone de la voiture électrique trop peu réduite



Divisée par **2 ou 3**
selon les hypothèses



Objectif de la stratégie nationale bas-carbone : division par **6** des émissions de GES d'ici 2050
(Geffray 2022)

Une empreinte matières qui augmente fortement



≈ **10** fois
supérieure
à la masse



≈ **20** fois
supérieure
à la masse

à cause des matériaux critiques pour la batterie (Sen 2019)

Définition de l'empreinte matières

Toutes les ressources naturelles (énergies fossiles, minerais métalliques et non métalliques, biomasse) consommées tout au long de la chaîne de production d'une voiture dans les mines, la métallurgie, la fabrication, le transport, le recyclage...

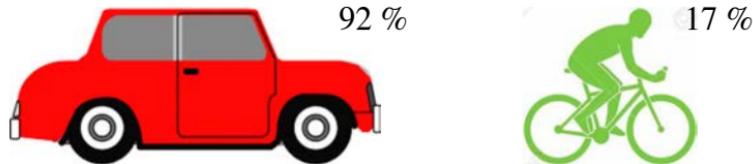
La voiture, un fantastique gâchis

1/ Une voiture est le plus souvent immobile

96 % de taux d'immobilité (= temps immobile sur temps total)

2/ Une voiture transporte essentiellement sa propre masse

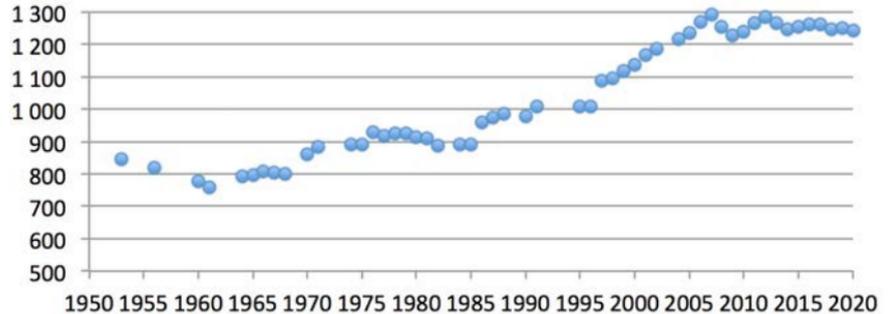
92 % de taux de poids mort (= poids à vide / poids en charge) (Héran 2022)



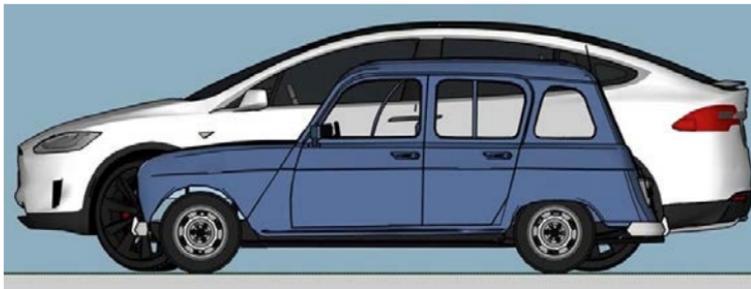
**Pour transporter en moyenne 110 kg de personnes et de charges,
une voiture électrique a besoin de 30 t de matières premières**

Un urgent besoin de véhicules plus légers

En France, selon *L'argus*,
le poids moyen
d'une voiture
est passé de 800 kg
dans les années 1960
à 1,3 t aujourd'hui
(Héran et Sivert 2022)



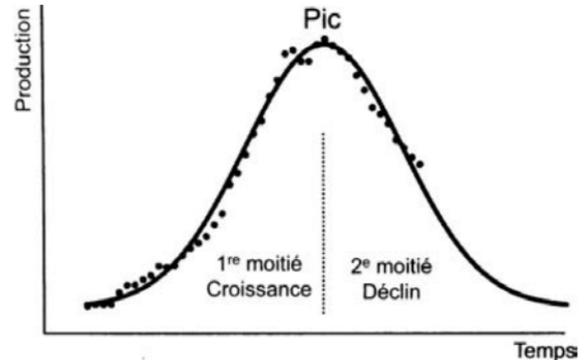
Une Tesla modèle X et une Renault 4 à la même échelle



La voiture, une « technologie zombie »

L'épuisement des matières premières

Tous les gisements de matières premières ont connu ou connaîtront une phase de croissance, un pic de production et une phase de déclin (courbe de Hubbert, proposée dès les années 1940)



Pour les 30 « éléments chimiques pour lesquels nous disposons de suffisamment de données géologiques et minières (...), tous présentent des dates de pics de production au cours du XXI^e siècle »
(Halloy 2018, p. 37-39)

Conséquence

Les technologies numériques (les ordinateurs, les smartphones, les voitures qui sont des ordinateurs sur roues) consomment beaucoup de matériaux critiques et sont donc **des « technologies zombies », mort-vivantes, vouées à disparaître**
(Halloy et Nova 2020)

La voiture, une efficacité énergétique déplorable

Efficacité énergétique de quelques véhicules

Caractéristique	Masse du véhicule (kg)	Puissance maximale du moteur (W)	Vitesse moyenne (km/h)	Puissance utilisée à la vitesse moyenne (W)	Efficacité énergétique (Wh/km)	Par rapport à la voiture électrique
Calcul			b	a	a / b	
Vélobobile	30	-	35	100	3	/ 50
Vélo	14	-	18	100	5,5	/ 27
Vélobobile à assistance élec.	50	250	45	350	8	/ 19
Marche	-	-	4	40	10	/ 15
Vélo à assistance électrique	20	250	25	350	14	/ 11
Scooter électrique	90	4 500	45	1 300	29	/ 5
Voiturette électrique	450	6 000	45	3 400	77	/ 2
Petite voiture électrique	920	33 000	45	5 800	130	/ 1,15
Voiture électrique	1 500	80 000	45	6 700	150	1

Un vélobobile a une efficacité énergétique 50 fois supérieure à celle d'une voiture électrique

Pourquoi les voitures sont-elles si lourdes ?

Explications classiques

- Les exigences en matière de **sécurité** (structure renforcée, renforts latéraux, airbags...)
- Une **habitabilité** accrue (transport de 5 personnes, coffre agrandi...)
- De nouveaux équipements de **confort** (insonorisation, clim, sièges inclinables, volant réglable, télématique, caméra de recul, boîte automatique, amortissement surdimensionné...)
- Des éléments de **design** (calandre, chromes, jantes, éclairage d'ambiance...)
- Une **diésélisation** du parc (moteur diesel plus lourd que moteur à essence) puis une **électrification** du parc (poids des batteries)
- De nouvelles **normes Euro** de dépollution (catalyseurs...) et réglementaires (équipements ABS ou ESP...)
- Une puissance des moteurs accrue pour pouvoir mieux accélérer...

Parce qu'elles roulent vite

La moitié de leur poids est liée à la vitesse

(structure avant déformable, habitacle rigide, renforts latéraux, pneus larges, motorisation renforcée, équipements de sécurité...)

À 50 km/h, on n'a plus besoin de tout cela...

La voiture, une impasse écologique

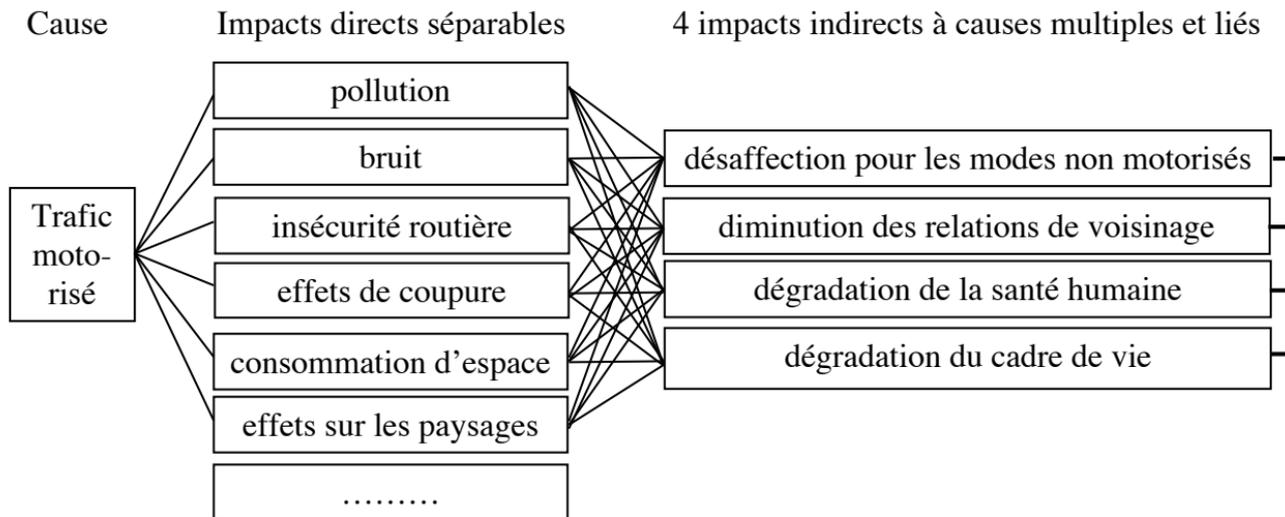
Les nuisances des transports motorisés habituellement retenues

- Pollution
- Bruit
- Accidents
- Congestion

+ Beaucoup d'autres nuisances moins étudiées et peu traitées

- **Effets de coupure** des grandes infrastructures
- **Impacts** des transports **sur les paysages**
- **Consommation d'espace** au détriment d'autres usages
- **Artificialisation des sols** au détriment des terres agricoles
- **Imperméabilisation des sols** qui accroît les risques d'inondation
- **Vibrations** liées au passage des modes de transport lourds
- **Odeurs** des gaz d'échappement et des matériaux
- **Poussières** soulevées, d'où salissures des bâtiments
- **Déchets** : carcasses, huiles usagées, batteries, pneumatiques...
- **Pollution des sols et des eaux**, notamment par les métaux lourds
- **Émanations toxiques du bitume** si fortes pluies ou grand soleil
- **Ilots de chaleur urbains** accrus par les surfaces bituminées
- **Pollution lumineuse** liée à l'éclairage des rues et aux phares
- **Impact des garages** sur les logements situés au-dessus...

+ 4 impacts indirects majeurs communs à l'ensemble des nuisances



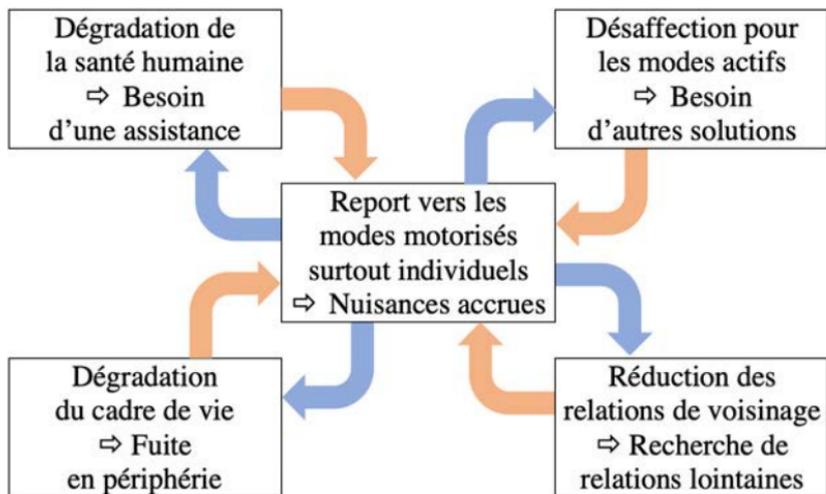
4 impacts, car 4 éléments de base dans la mobilité

- mode
- déplacement
- usager
- environnement

(Héran 2021)

+ Des cercles vicieux liés à ces quatre impacts indirects majeurs

Les spirales négatives des quatre impacts indirects majeurs communs à l'ensemble des nuisances



(Héran, 2011)

La voiture, une impasse économique

Constat

- **Hausse d'environ 25 % du prix des voitures depuis 10 ans**
Soit + 10 à 15 % hors inflation
- La moitié des véhicules neufs achetés par les flottes d'entreprise
Et l'autre moitié par des ménages aisés de plus de 50 ans

Les facteurs expliquant l'augmentation tendancielle des prix

- La montée en gamme des véhicules
- Le suréquipement des véhicules
- L'utilisation accrue de matériaux critiques
- La pénurie de semi-conducteurs
- L'épuisement progressif des matières premières
- Le dérèglement climatique
- Les conflits armés
- Les pandémies
- Le déséquilibre entre offre et demande qui en résulte...

Question

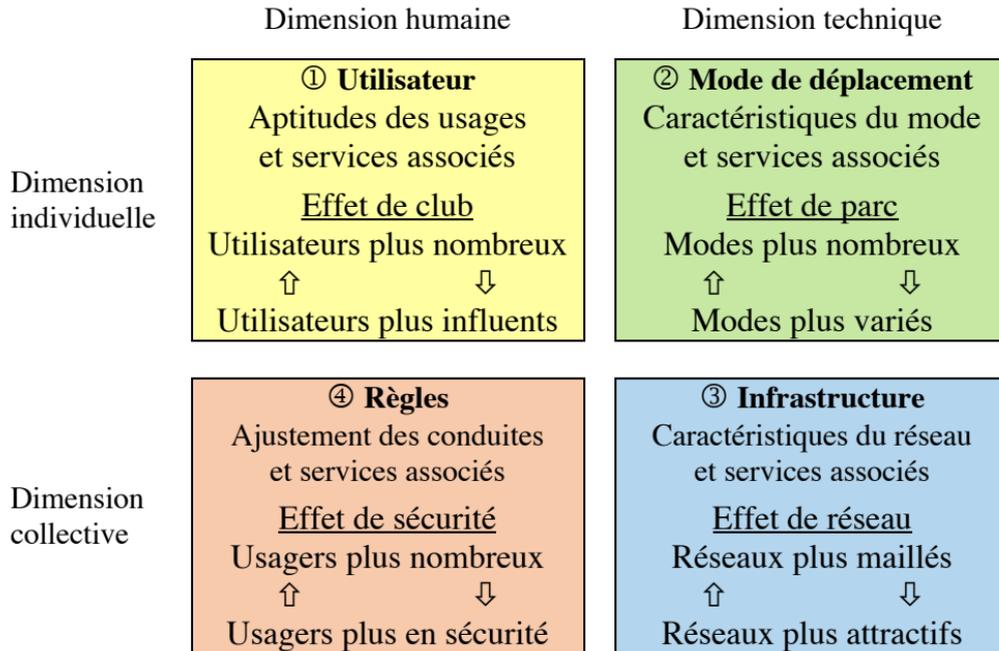
Bientôt la voiture réservée aux riches ?

À terme, un recours inévitable aux véhicules intermédiaires

- À cause**
- de l’empreinte carbone
 - de l’empreinte matières
 - et du coût économique croissant de la voiture

**Deux éléments de méthode
pour aborder l'avenir
des véhicules intermédiaires**

Un mode de déplacement est en fait un système modal



Toutes les caractéristiques du système doivent être en cohérence

(Héran 2021)

La promotion d'un mode se fait toujours au détriment d'autres modes

Depuis toujours, on ne fait que
3,5 à 4 déplacements / jour
Toute augmentation de la part
modale d'un mode se fait
au détriment d'un autre mode

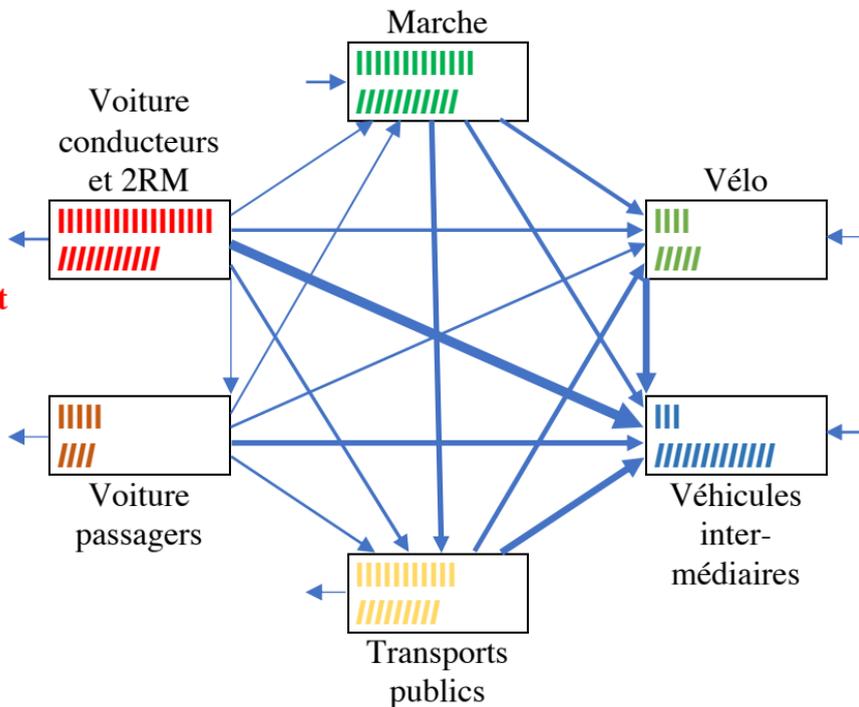
=> **Travailler la cohérence
des politiques de déplacement**
(Héran 2017)

Légende

- parts modales actuelles
- *parts modales à venir*

NB : flux nets

- + entrants /sortants
- + intermodalité
- + multimodalité



(Héran 2017)

L'avenir des véhicules intermédiaires

1/ Les utilisateurs

Un imaginaire de la mobilité à changer

- **Encadrer la publicité automobile**
- Soutenir la publicité pour les véhicules intermédiaires
- Informer sur l'offre de véhicules intermédiaires et les initiatives dans ce domaine

Des véhicules intermédiaires à essayer

- Faire connaître le travail de l'association **In'VD** (en Sud Aveyron) qui prête des véhicules intermédiaires (<https://invd.fr/>) (Jacquemin et Lesay 2022)
- Amener les institutions (collectivités, employeurs, associations...) à acquérir une flotte de véhicules intermédiaires et à les prêter

Quelques-uns des véhicules prêtés par In'VD et testés



Les quatre principaux stéréotypes dans les publicités pour les SUV

1/ Un véhicule à la fois puissant et sécurisant

En fait, plus dangereux pour le conducteur comme pour les autres usagers de la route à cause de son importante énergie cinétique

2/ Un véhicule bon pour l'environnement

En fait, une empreinte carbone des SUV électriques 34 % supérieure à celle des citadines électriques sur l'ensemble de leur cycle de vie

3/ Un véhicule pour dominer l'espace naturel

Partir à l'aventure, conquérir les frontières, découvrir les animaux sauvages...

4/ Un véhicule conçu pour la famille

En fait, un modèle qui a remplacé les monospaces qui eux étaient vraiment conçus pour les familles

(Cannet *et alii* 2021)

L'importance des SUV pour les constructeurs

La moitié des modèles neufs vendus en France aujourd'hui
Les 2/3 au Québec...
Une marge bénéficiaire confortable de 15 %
au lieu de 5 % pour les berlines

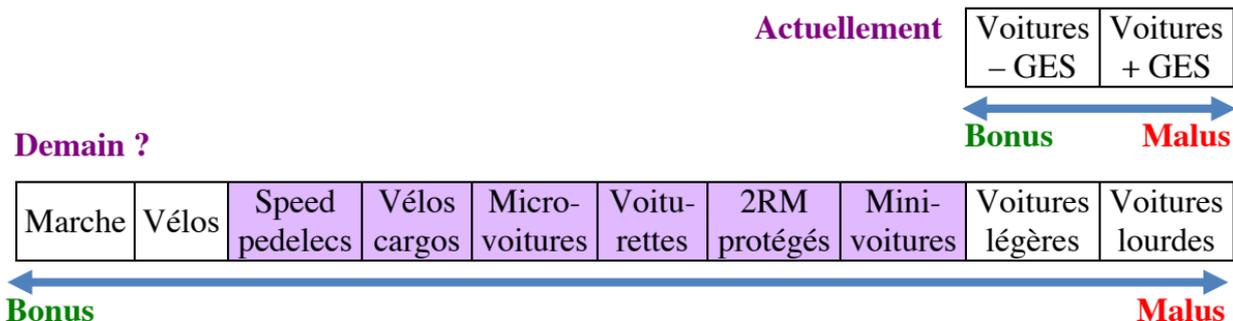
2/ Les véhicules intermédiaires

Des véhicules adaptés

- Concevoir, prototyper et industrialiser des véhicules intermédiaires
Voir le travail de l'Ademe avec son extrême défi : <https://xd.ademe.fr/> qui rassemble entrepreneurs, industriels, chercheurs, enseignants...
- Limiter ces véhicules à 50 km/h pour qu'ils restent sûrs et légers
- Limiter leur gabarit à un mètre pour pouvoir utiliser les pistes cyclables
- Les rendre durables et recyclables
- Faciliter leur homologation...

Un soutien financier

- Des aides à l'achat de véhicules intermédiaires
- Un bonus écologique étendu à l'ensemble des modes individuels de déplacement et reposant sur le poids des véhicules



3/ Les infrastructures

La conception du réseau

- Utiliser le réseau des « routes blanches » (en blanc sur les cartes)
- Améliorer les réseaux de pistes cyclables
avec un gabarit confortable de 2 x 2 m
- Traiter les coupures linéaires
liées aux infrastructures et aux cours d'eau
- Offrir des lieux de stationnement sécurisés

La modération de la circulation automobile

- Décourager l'usage de la voiture en augmentant son coût généralisé
- Baisse des vitesses
 - Réduction du nombre de files de circulation
 - Hausse du coût du stationnement...

(Héran 2023)

4/ Les règles de sécurité routière

Concernant les voitures

- Instaurer une limitation de vitesse à 50 km/h sur les petites routes
- Interdire le transit par les routes blanches
pour éviter leur utilisation comme raccourci

Concernant les véhicules intermédiaires

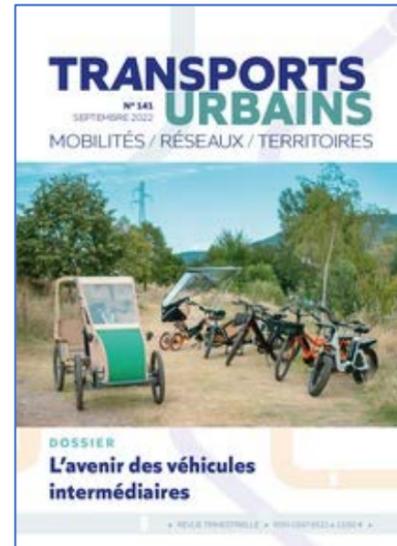
- Autoriser les pistes cyclables aux véhicules intermédiaires
(qui comprennent les vélos spéciaux)
- si ces pistes ont un gabarit suffisant (4 m de large)
 - si les véhicules intermédiaires ne font pas plus d'1 m de large
 - à vitesse limitée à 25 km/h
- pour assurer la cohabitation avec les vélos classiques

Conclusion

- L'avenir des véhicules intermédiaires dépend avant tout
- de la réalisation d'un écosystème autour de ces véhicules
 - d'une moindre attractivité du système automobile

[En ligne](#)

Merci de votre attention



Références bibliographiques

- CANNET Pierre, LÊ VAN TRUOC Dominique, CROHAS Jean-Baptiste, GILLES Arnaud, 2021, *Le trop plein de SUV dans la publicité*, rapport du WWF avec le soutien de l'Ademe, 44 p. [En ligne](#)
- CARRIER Xavier, QUADRELLI Elsje Alessandra, 2022, « Le tableau périodique des chimistes se confronte aux limites du système terre », *The Conversation*, 11 mai 2022. [En ligne](#)
- EHRENBERGER Simone, DASGUPTA Isheeka, BROST Mascha, GEBHARDT Laura, SEIFFERT Robert, 2022, “Potentials of Light Electric Vehicles for Climate Protection by Substituting Passenger Car Trips”, *World Electric Vehicle Journal*, vol. 13, 183, 11 p. [En ligne](#)
- GEFFRAY Pierre-Louis, 2022, « Impact carbone : des véhicules légers, plus ou moins lourds... en émission », *Transports urbains*, n° 141, p. 15-19. [En ligne](#)
- GUILLEBON Benoit de, BIHOUIX Philippe, 2010. *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société*, EDP Sciences. 299 p.
- HALLOY José, 2018, « L'épuisement des ressources minérales et la notion de matériaux critiques », *La Revue Nouvelle*, n° 4, p. 34-40. [En ligne](#)
- HALLOY José, NOVA Nicolas, 2020, « Au-delà du low tech : technologies zombies, soutenabilité et inventions », interview croisée réalisée par Alexandre Monnin, *Passerelle*, n° 21, p. 120-128. [En ligne](#)

- HÉRAN Frédéric (coord.), 2022, « Dossier sur L'avenir des véhicules intermédiaires », *Transports urbains*, n° 141, p. 3-40. [En ligne](#)
- HÉRAN Frédéric, 2011, « Pour une approche systémique des nuisances liées aux transports en milieu urbain », *Les Cahiers scientifiques du transport*, n° 59, p. 83-112. [En ligne](#)
- HÉRAN Frédéric, 2017, « Vers des politiques de déplacements urbains plus cohérentes », *Norois*, n° 245, p. 89-100. [En ligne](#)
- HÉRAN Frédéric, 2021, « Une analyse structurale des systèmes modaux », *Revue d'économie régionale et urbaine*, n° 2, p. 225-245. [En ligne](#)
- HÉRAN Frédéric, 2023, « Comment accepter une augmentation du coût généralisé des transports ? », in Laurent CARNIS et Dominique MIGNOT (dir.), *La vitesse : enjeux contemporains et politiques publiques*, L'Harmattan, Paris, p. 49-60.
- HÉRAN Frédéric, SIVERT Arnaud, 2022, « L'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules individuels », *Transports urbains*, n° 141, p. 9-14. [En ligne](#)
- JACQUEMIN Hélène, LESAY Thomas, 2022, « Comment proposer des alternatives crédibles à l'usage de la voiture individuelle ? Le cas du sud-Aveyron », *Transports urbains*, n° 141, p. 35-38. [En ligne](#)
- SEN Burak, ONAT Nuri C., KUCUKVAR Murat, TATARI Omer, 2019, "Material footprint of electric vehicles: A multiregional life cycle assessment", *Journal of Cleaner Production*, nr 209, p. 1033-1043. [En ligne](#)