



Décarboner la logistique d'ici 2050 : Mission impossible ?

Le potentiel du report modal et de l'électrification

Juin 2023



Q1 / Constance Marechal Dereu (France Logistique)

Quelle sont les éléments clefs en termes de diagnostic des émissions de GES de la logistique ?

Présentation de France Logistique

Sous la présidence d'Anne-Marie IDRAC, ancienne ministre, avec ses membres fondateurs ...



... et de nombreuses entreprises, France Logistique rassemble l'ensemble des acteurs privés de la filière.

Elle porte une **vision globale, au service des performances RSE de l'économie** :

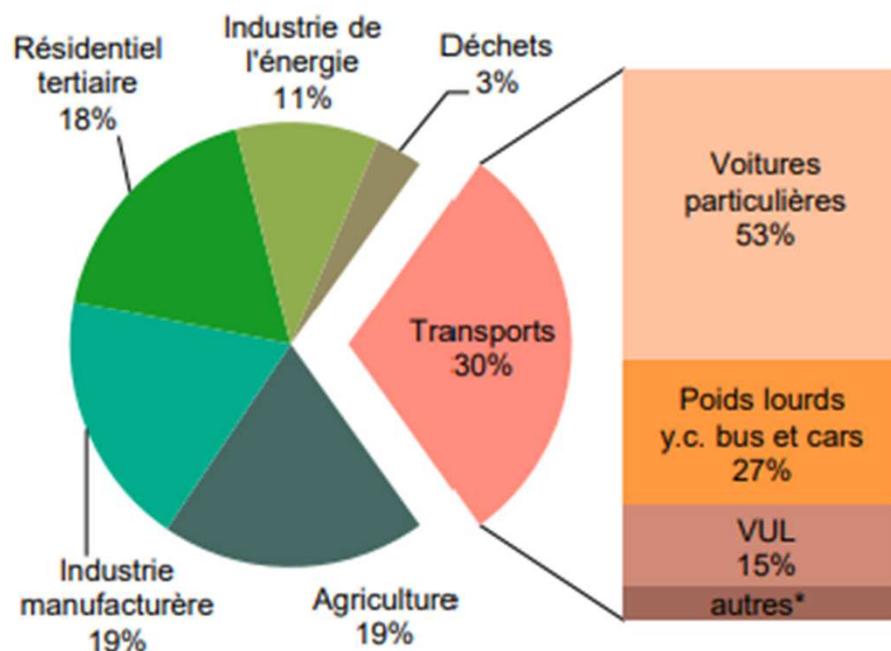
- L'organisation logistique : les stocks et les flux (tous les modes de transports)
- Tous les acteurs privés : chargeurs, transporteurs, logisticiens, grossistes, immobilier...
- Tous les échelons géographiques : de l'international (ports, aéroports) à la logistique urbaine
- Toutes les marchandises : agricoles, industrielles, BTP, distribution...

Interlocuteur de référence des pouvoirs publics pour faire de la filière logistique française l'une des plus compétitives et écologiques en Europe

Les émissions de la mobilité des marchandises

Figure D2.1-3 Répartition des émissions de GES par secteurs et par modes pour le secteur des transports en 2021

En %

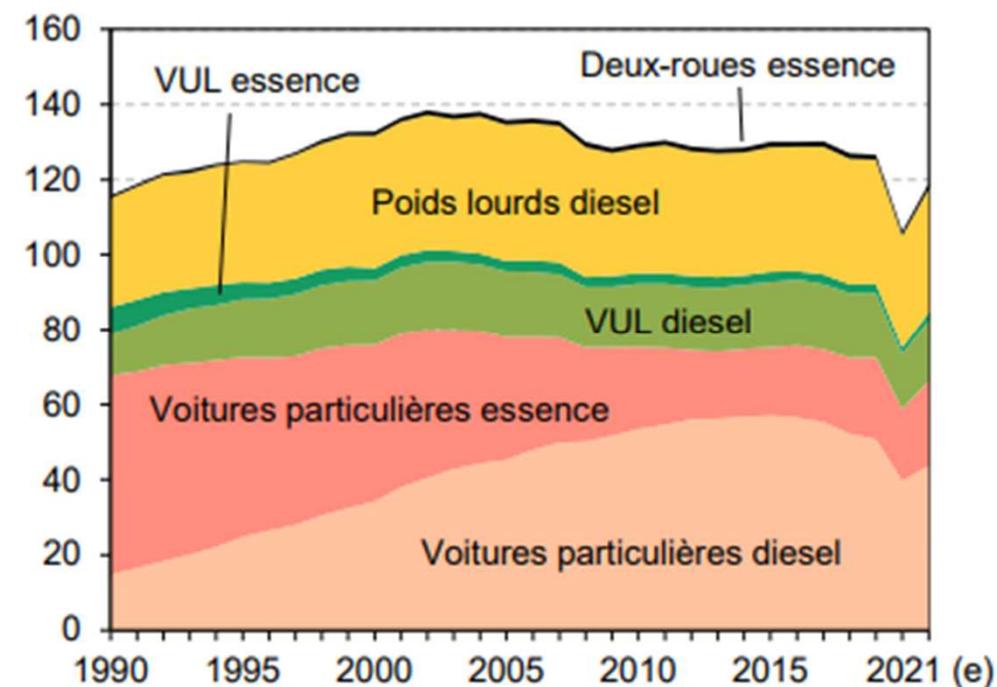


(*) autres = 6 %, dont aérien 3 % et deux-roues 1 %

Source : Citepa, avril 2022, inventaire format Secten ; estimations préliminaires pour 2021

Figure D2.1-4 Évolution des émissions de GES du transport routier

En Mt CO₂ éq

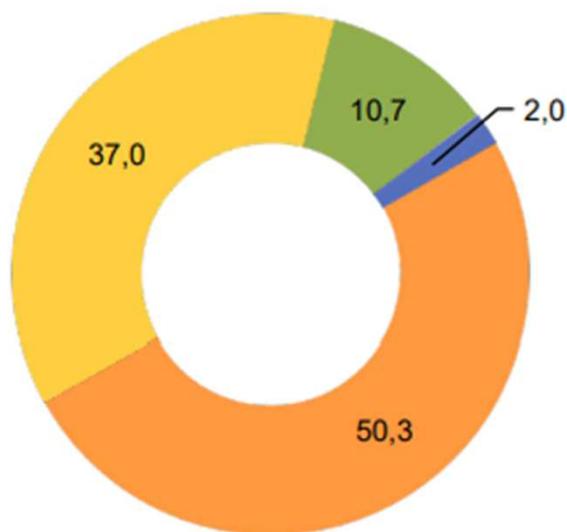


(e) : estimation.

Source : Citepa, avril 2022, inventaire format Secten ; estimations préliminaires pour 2021

La répartition de l'activité de transports de marchandises en France

Figure E1-2 Répartition du transport terrestre (hors oléoducs) par mode en 2021
En % des tonnes-kilomètres

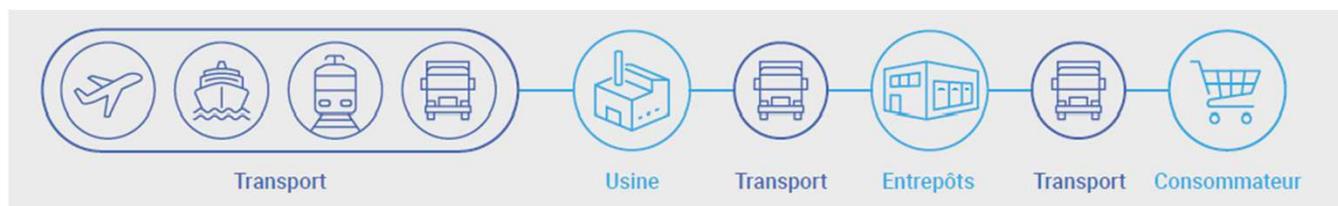


- Poids lourds pavillon français
- Poids lourds pavillon étranger
- Ferroviaire
- Fluvial

Sources : SDES ; Eurostat ; VNF



Sources Livre Blanc de France Logistique, d'après Terra Nova et Ademe



La répartition de l'activité de transports de marchandises en France

Figure E1-3 **Transport national intérieur terrestre par type de marchandises**

Niveau en milliards de tonnes-kilomètres, évolutions et part en %

	Niveau 2021	Évolutions annuelles			Évolution annuelle moyenne	Part du transport routier
		2019	2020	2021	2021/2016	2021
Produits agricoles et alimentaires	55,7	3,8	- 1,0	- 4,8	1,0	89,5
Produits manufacturés, machines et matériel de transport	63,4	2,9	- 8,0	12,4	2,5	74,7
Matériaux de construction	29,0	-0,4	- 11,2	15,2	0,5	72,9
Autres produits	62,6	1,7	- 0,9	4,5	2,1	79,6
Ensemble ⁽¹⁾	210,7	2,3	- 4,4	5,3	1,7	79,8

⁽¹⁾ Transport routier de plus de 3,5 tonnes sous pavillon français, transport ferroviaire et transport fluvial totaux.

Sources : SDES ; VNF

Flux PL int. + ComExt + fleuve	Md tkm	M t	km moy
Céréales	10,3	96,5	106,6
Agroalimentaire	54,0	330,4	163,4
Viande	6,9	42,5	162,5
Engrais	4,4	20,9	209,0
Construction	53,5	937,7	57,1
Energie fossile	11,5	87,8	130,9
Energie NF	0,2	2,5	90,5
Messagerie et déménagement	6,6	35,7	184,3
Véhicules	9,1	37,3	244,9
Equipements (maison/bureau)	5,4	25,4	214,1
Textile	1,4	10,5	130,4
Parachimie	3,5	16,0	218,3
Papier / carton	6,5	29,5	221,5
Emballages	4,3	21,6	200,7
Groupage et marchandises de nature indéterminée	33,1	200,9	164,8
Intermédiaire chimie	9,0	41,4	217,8
Intermédiaire plastique	5,6	17,3	324,6
Intermédiaire métal	4,3	29,0	147,0
Intermédiaire autre	0,5	1,3	415,5
Intermédiaire bois (affectable)	6,7	52,3	129,0
Intermédiaire verre (affectable)	0,6	3,8	146,8
Intermédiaire métal (affectable)	8,3	34,0	244,5
Diffus	1,3	6,4	208,6
Marchandises diverses 2	0,5	1,4	367,1
Déchets	12,2	118,0	103,7
TOTAL	259,9	2 200,0	118,1

260 Mds tkm classifiés



85 Mds de tkm non classifiés, dont :

- 25 Mds tkm de trafic ferroviaire et VUL interne
- 60 Mds tkm de transit (route et fer)

Source : Mensia Conseil, pour étude commandée DGITM

Q2 / Martin Koning – François Combes (UGE)

Quel est l'historique des parts modales de la logistique ?

Pourquoi cette incapacité passée du ferroviaire à prendre des parts à la route ?

Quels sont les déterminants du report modal pour le fret ?

Université Gustave Eiffel



Créée en 2020 par la fusion de l'IFSTTAR (EPST), et de l'Université Paris-Est-Marne-la-Vallée, et d'autres établissements

École d'architecture
de la ville & des territoires
à Marne-la-Vallée



ENSG
Géomatique

ESIEE
PARIS



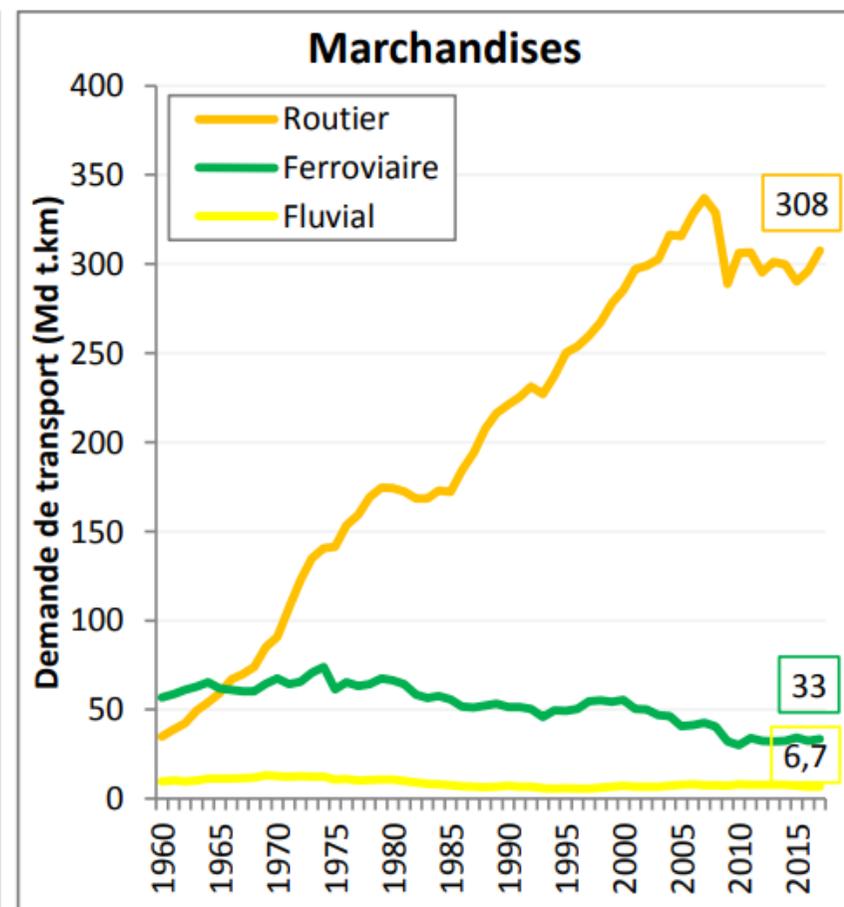
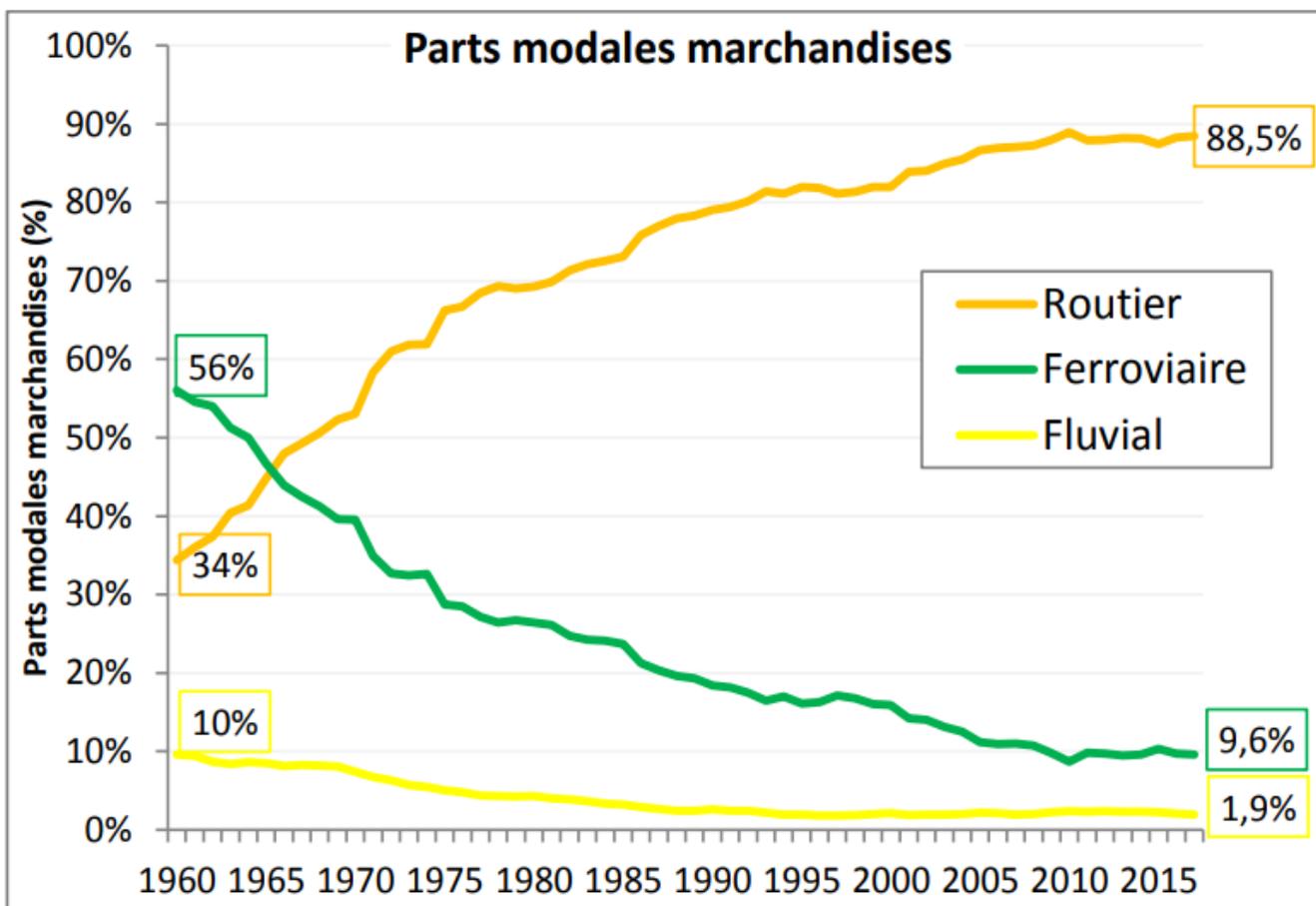
Représente aujourd'hui:

- 2300 personnels dont **1000 chercheurs, enseignants, enseignants-chercheurs**
- **17000 étudiants**
- Présente sur six campus en France

Porte plusieurs **défis majeurs** dont:

- La ville sûre et résiliente
- La ville économe en ressources
- La ville intelligente et connectée

Parts modales: situation française



Source : A. Bigo (2020)

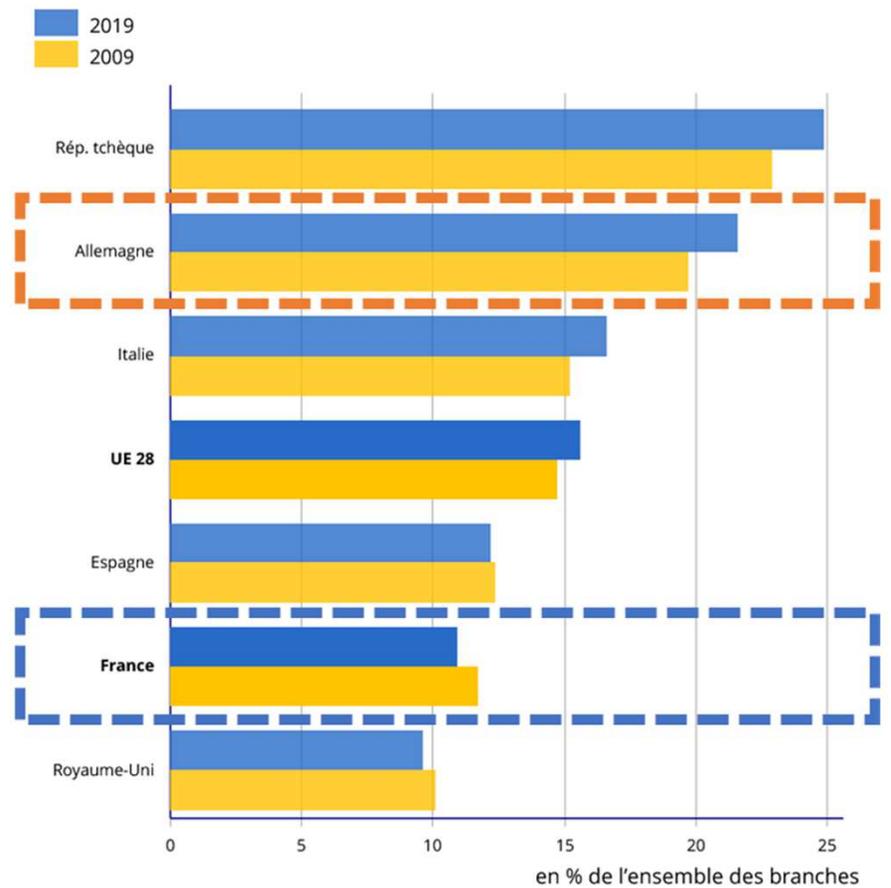
Éléments de contexte international

Evolution du fret ferroviaire européen 2003-2018, en volume, en base 100



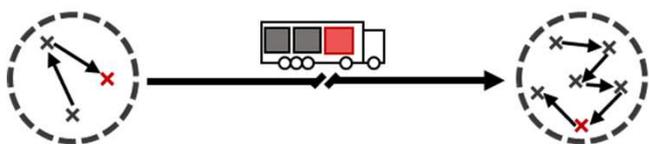
Ugo Thomas, d'après données EUROSTAT, 2021

Evolution de la part de l'industrie dans le PIB, 2009-2019 (source INSEE, d'après EUROSTAT)



Route versus ferroviaire: la diversité des offres

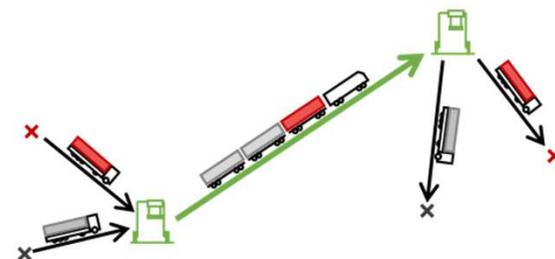
Transport routier lot complet



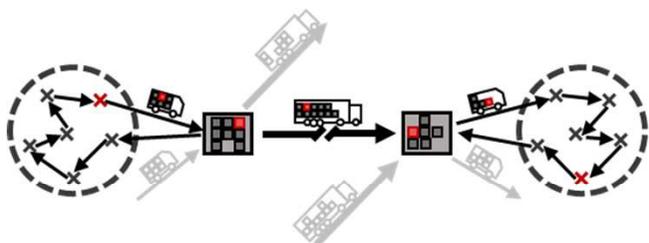
Train complet



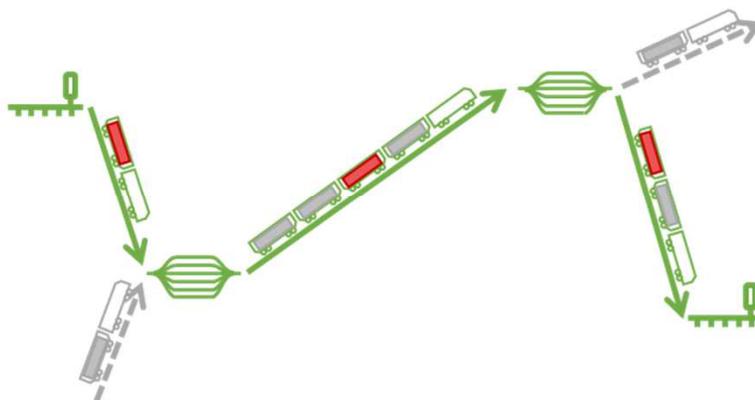
Transport combiné rail-route



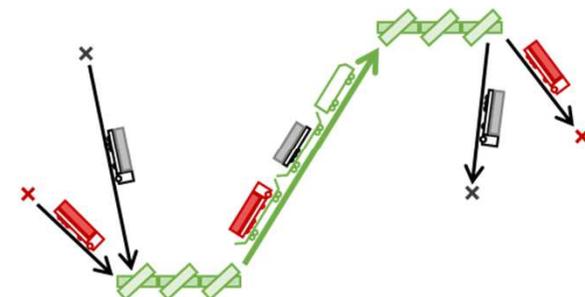
Messagerie/express



Wagon isolé

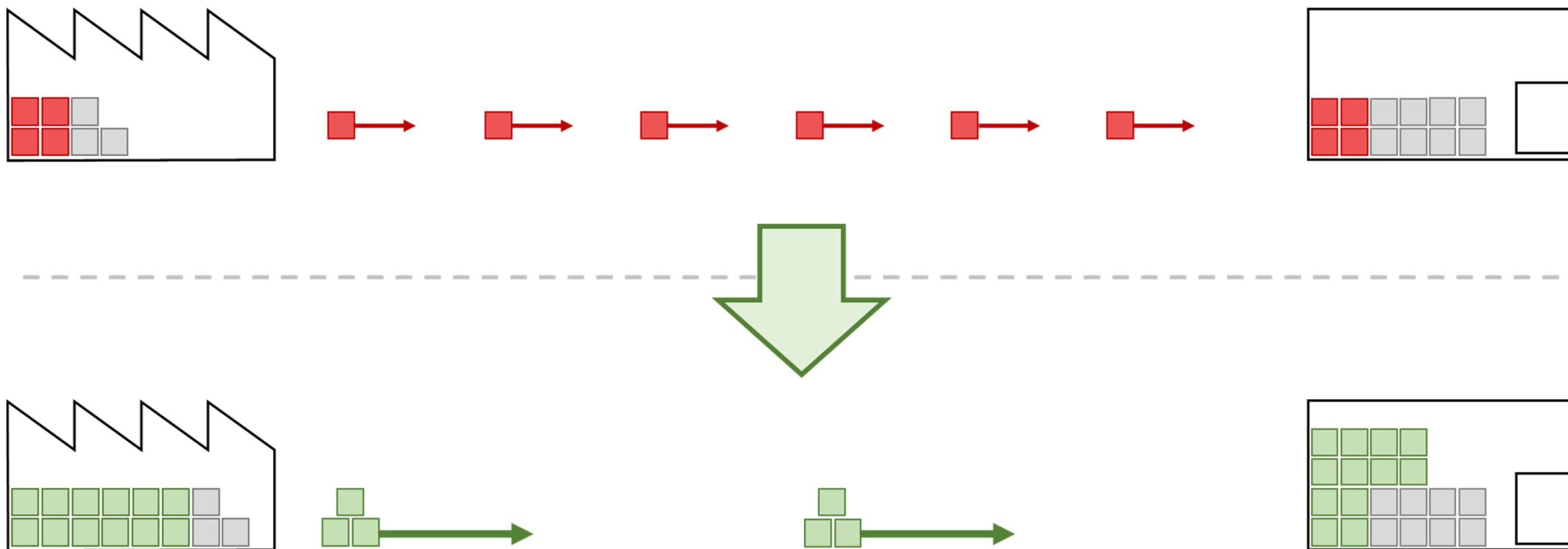


Autoroutes ferroviaires



Chaque solution a son domaine de pertinence

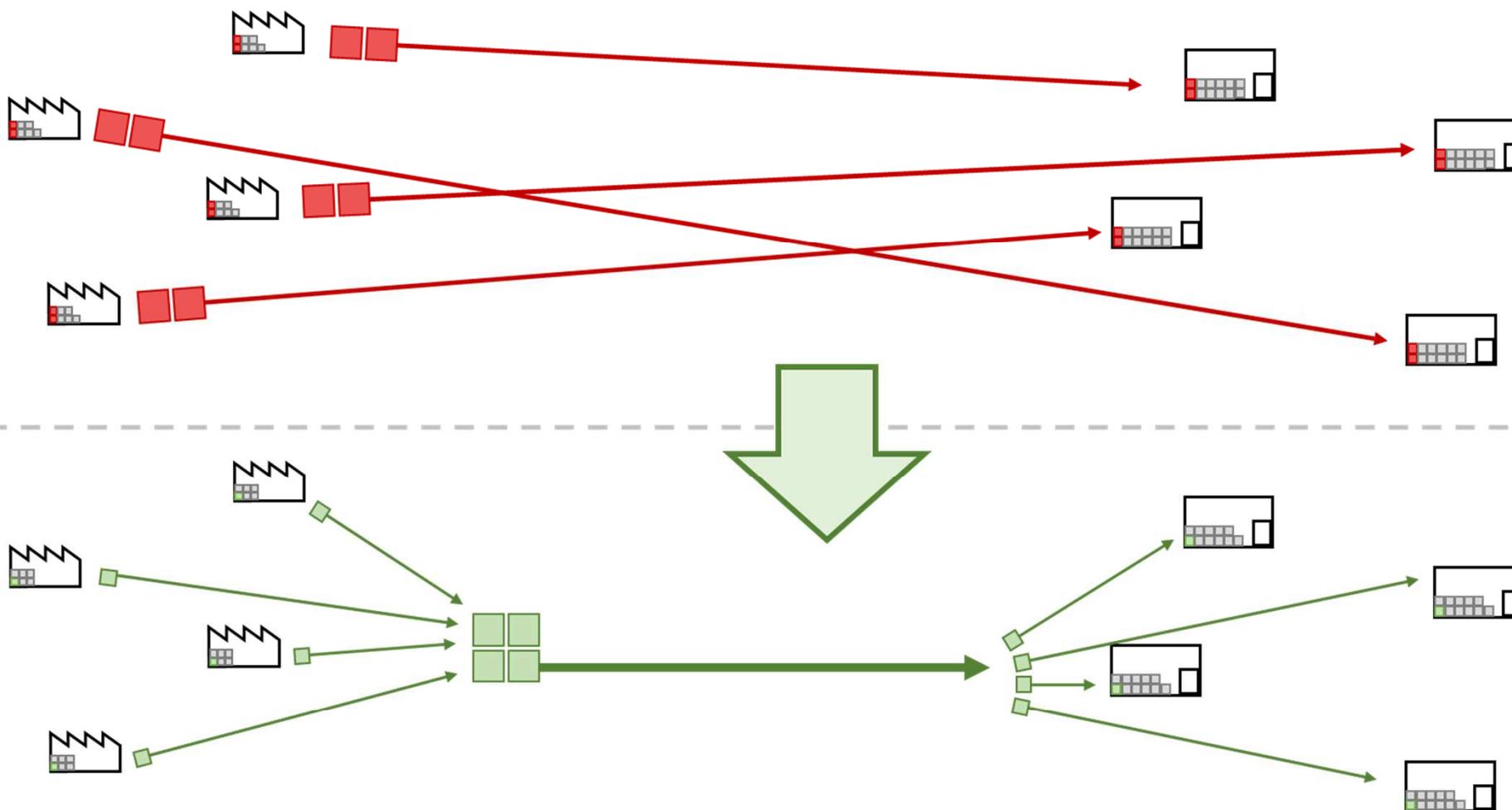
La massification: levier de report modal? Cas mono-entreprise



Avantages: financiers (dans les cas favorables), environnementaux (idem)

Freins: augmentation des coûts de stockage, perte en flexibilité de la chaîne logistique, perte en satisfaction client

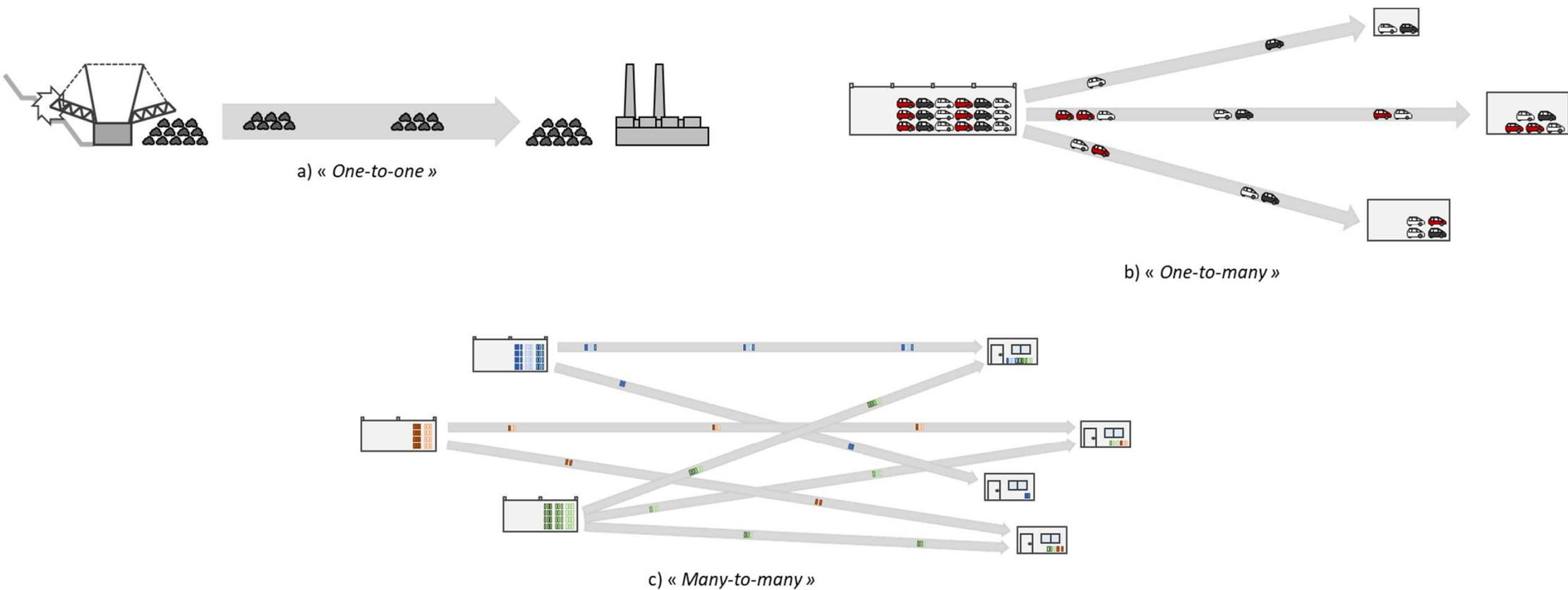
La massification, levier de report modal? Cas multi-entreprises



Avantages: financiers (dans les cas favorables), environnementaux (idem)

Risques: effet « rebond » par démassification au niveau de chaque entreprise / perte de masse critique

Rencontre offre-demande : logistique et transport



De : « report modal en transport de marchandises en France, une offre suffisante? » F. Combes, P. Niérat, TI&M 2020

Les déterminants du report modal

- La concurrence entre route et ferroviaire n'est pas qu'une question de distance, de vitesse, de prix et d'infrastructure
- Elle s'explique aussi par:
 - La géographie des flux
 - La **structure de l'économie**
 - L'exigence de performance logistique, pour **la satisfaction client**
 - La différenciation des canaux d'approvisionnement
- Marges de manœuvre de l'action publique pas infinies

Q3 / Marc Lejeune (Renault Trucks)

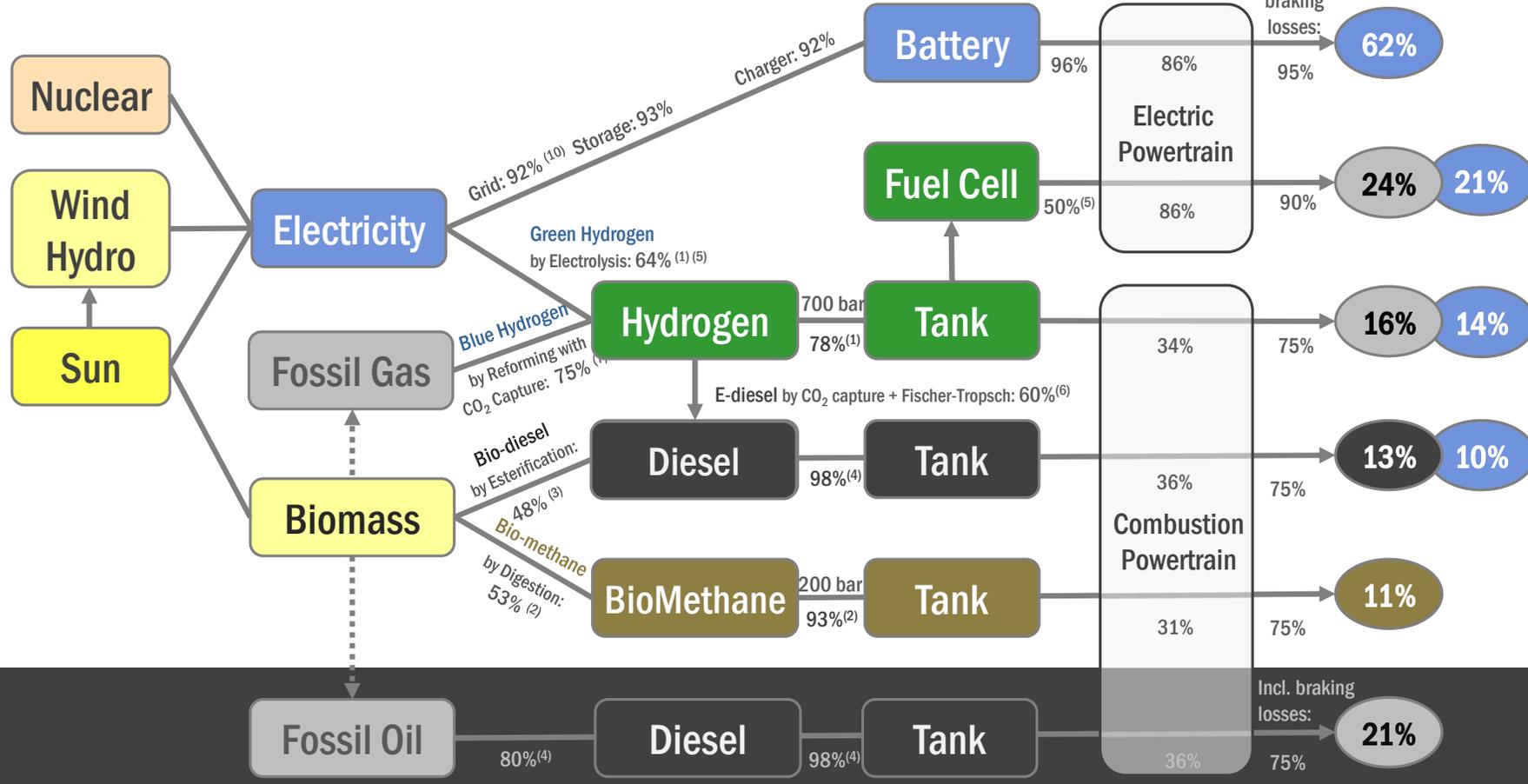
**Quelles sont d'après vous les avantages et les difficultés à l'électrification
des camions ?**

For a 16-ton urban distribution truck in 2050



Efficacités du puits à la roue

Les camions électriques sont 3 à 6 fois plus efficaces



Average efficiencies over time from JEC v5 2020 :

- (1) EMEL1/CH2a
- (2) OWCG5
- (3) ROFA1
- (4) COD1
- (5) Based on Hydrogen Low Heating Value (120 MJ/kg)
- (6) "E-Fuels: A techno economic assessment of European domestic production and imports towards 2050", CONCAWE, 2022
- (7) "Techno-economic Evaluation of Deploying CCS in SMR Based Merchant H₂ Production", IEA, 2017
- (8) The "propulsion" energy is the energy available at truck wheel to compensate for air drag and rolling resistance
- (9) The "source" energy is Electricity at power plant for e-fuels and electricity, fossil gas for blue hydrogen, fossil oil for diesel, the biofuel itself for biofuels

2.2 % in high-voltage network (source : RTE), 6% in medium and low voltage network

Camions électriques à batteries



■ ■ ■ Efficacité énergétique

du “puits à la roue” 3 à 6 fois plus élevée que les autres options

■ ■ ■ Empreinte carbone

du “berceau à la tombe” 80% plus basse qu’en diesel en France

■ ■ ■ Coût du transport

plus faible qu’en diesel sans subvention dès la seconde partie de la décennie pour les camions de ville, et dès de début de la prochaine pour les camions long-routiers.

■ ■ Emissions de NOx

du “réservoir à la roue” nulles
du “puits à la roue” 80% plus faibles qu’en diesel

■ ■ Bruit

extérieur réduit de 85%
intérieur réduit de 99% @ 0 km/h, - 70% @ 30 km/h, 40% @ 50 km/h
pour un D 16 tonnes électrique par rapport à sa version diesel.

■ ■ Minéraux pour les batteries (Li, Ni, Co)

présents dans les réserves minières, mais nécessitant une accélération de l’extraction et de continuer le contrôle strict des impacts environnementaux.

Viendront principalement du recyclage à terme.

■ ■ Contraintes opérationnelles vs diesel

Rayon d’action maximum fixe
Charge utile à terme égale au diesel
Temps de recharge

■ Réseau électrique

A renforcer, et bornes de recharge à installer (charge de travail, délai)

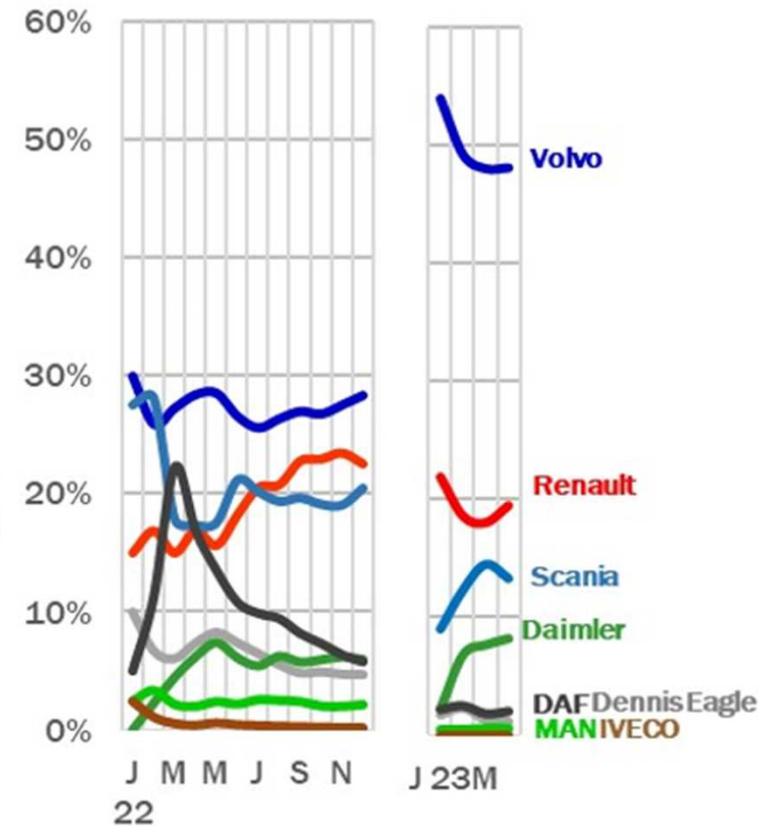
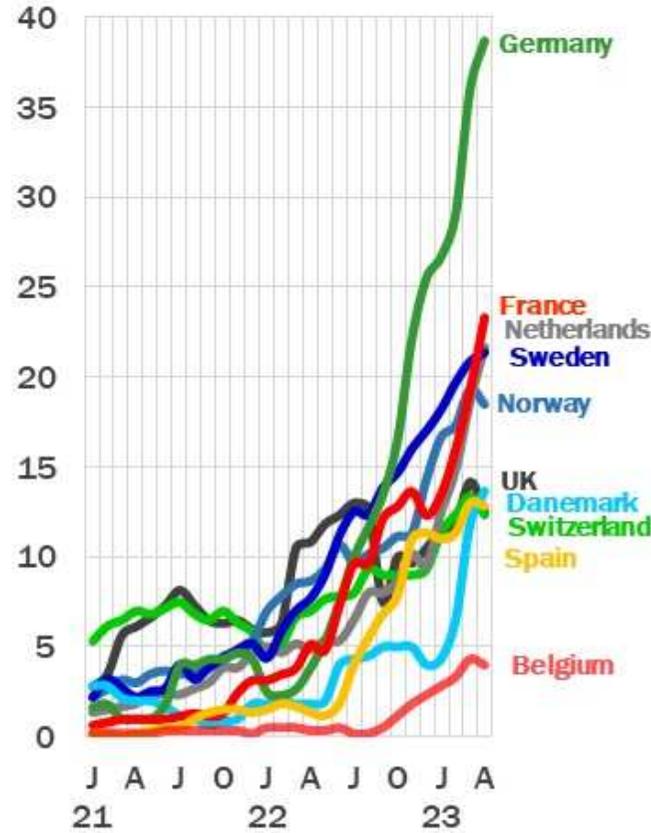
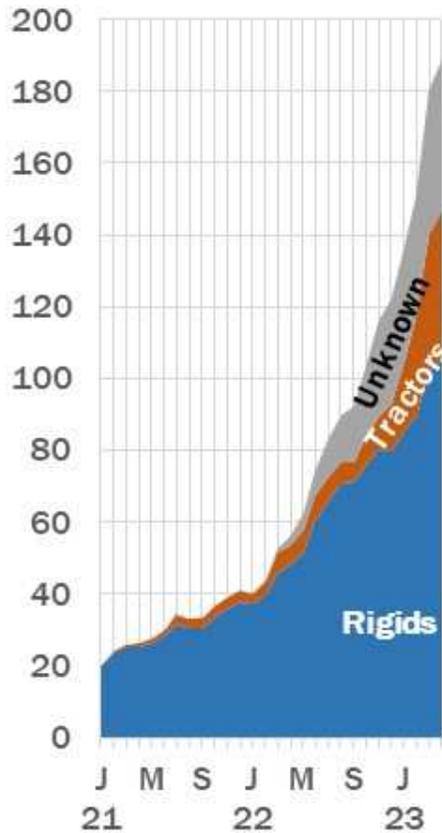
■ Investissement initial

Plus élevé que pour le diesel (camion, infrastructure)

Décollage des camions électriques en Europe

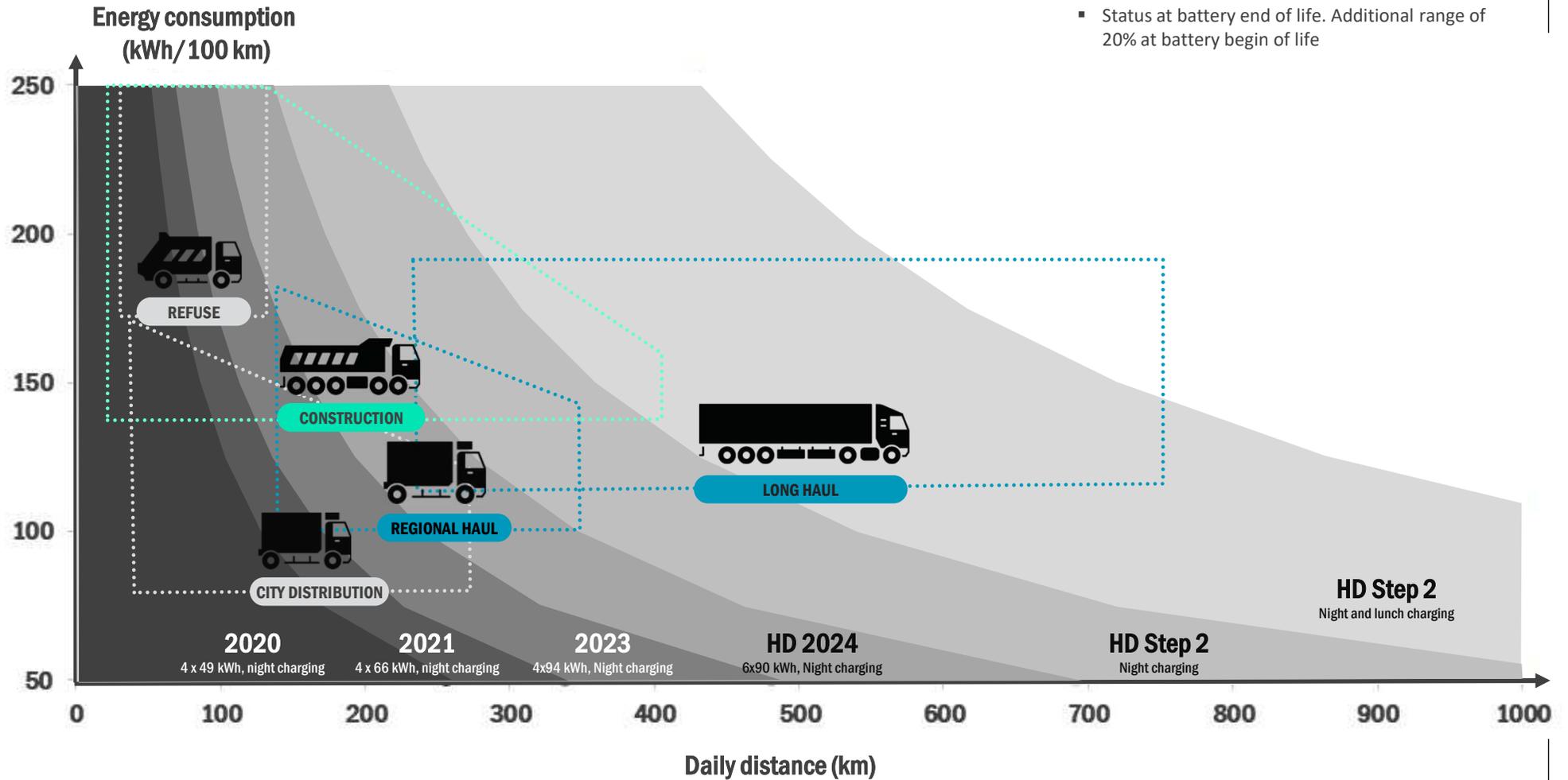
Immatriculations mensuelles (≥ 16 t) toutes marques en EU27+UK+NO+CH
Moyenne 6 mois, vue à fin avril 2023

Part de marché Year-To-Date



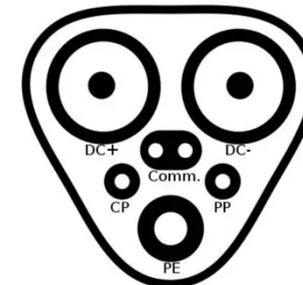
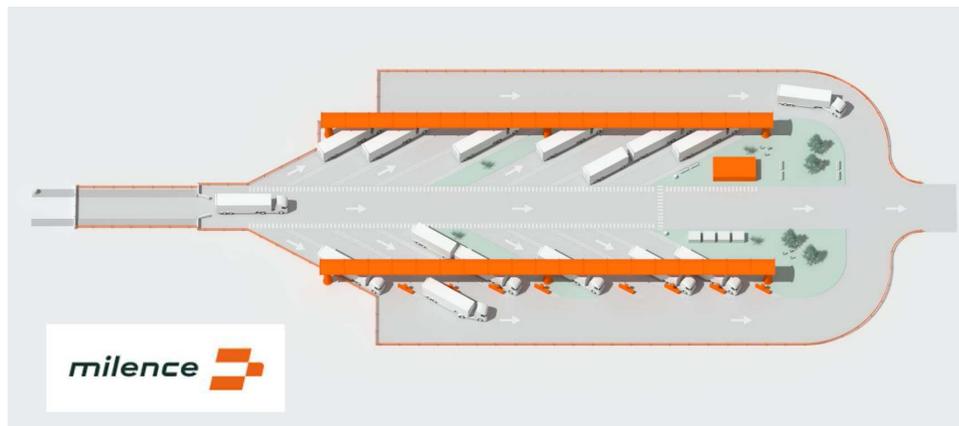
Rayon d'action du camion électrique

- When only night depot charging considered, lunch opportunity charging increases range up to +100%.
- Status at battery end of life. Additional range of 20% at battery begin of life



Long-Routiers Electrique

- D'ici 2025, la plupart des constructeurs proposeront des tracteurs routiers avec **500 km autonomie** (annonces MAN, Mercedes, Nikola...)
- Ils rechargeront en moyenne 70% de leur énergie lentement la nuit, et **30% rapidement pendant les pauses de la journée.**
- Pour la recharge en journée, la réglementation Européenne (AFIR) prévoit une station tous les **60 km** sur le réseau principal (core TEN-T), avec au moins **3.6 MW** et 2 chargeur d'au moins 350 kW. A terme, en 2050, le besoin de puissance d'une station pourra monter à **40 MW**.
- La charge rapide sera assurée par des **Mégachargeurs**, un nouveau standard international permettant 3.75 MW, initialement utilisé à **800 kW**, dont le déploiement commence l'an prochain.
- Les autres options de charge (**battery swapping, autoroutes électriques - ERS**) présentent des problèmes d'implémentation majeurs (absence de standard, timing par rapport aux mégachargeurs, et pour les ERS le coût).



Prise de mégachargeur

Gamme E-TECH



Q4 / Constance Marechal Dereu (France Logistique)

Quels leviers d'actions prévus par la stratégie nationale bas carbone?

Quelle place pour le report modal et l'électrification du parc ?

Les propositions de la filière, dans le Livre Blanc

Enjeu : le métier de la chaîne est déjà d'optimiser

- Demande : solutions à trouver avec les clients, essentiellement professionnels
- Réduire les distances, via le maillage des implantations
- Massifier et mutualiser : via le fer/fleuve et le camion (// bus)
- Verdir les motorisations : TRM restera majoritaire à plus de 75%

Solution : planifier la transition dans le temps et l'espace

- Faire un bouclage d'ensemble chargeurs/transporteurs
- Donner la place à l'infrastructure logistique des stocks/noeuds
- Faciliter multimodal : 2 priorités (sillons et hinterland portuaire)
- Phaser la transition énergétique de la route

Les travaux du Gouvernement

La stratégie nationale logistique du Gouvernement visant à faire de la France un territoire d'excellence de la logistique durable, a été publiée en décembre 2022.

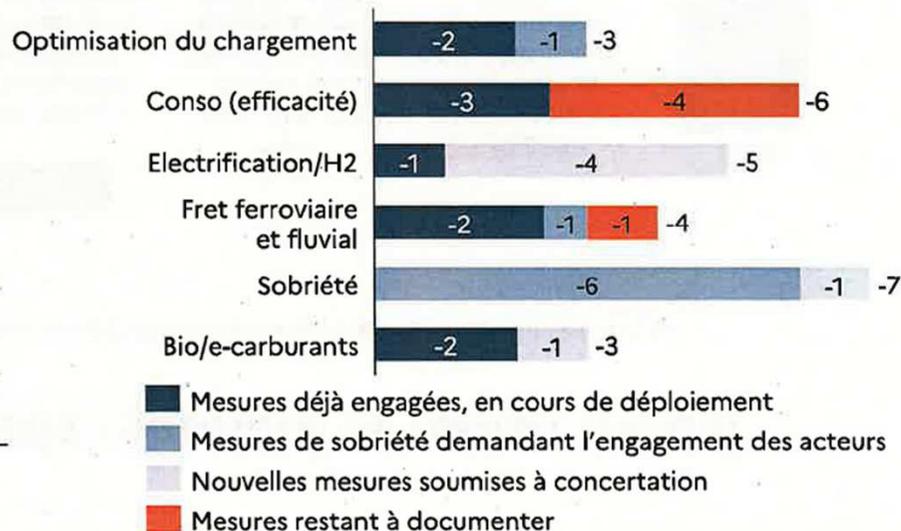
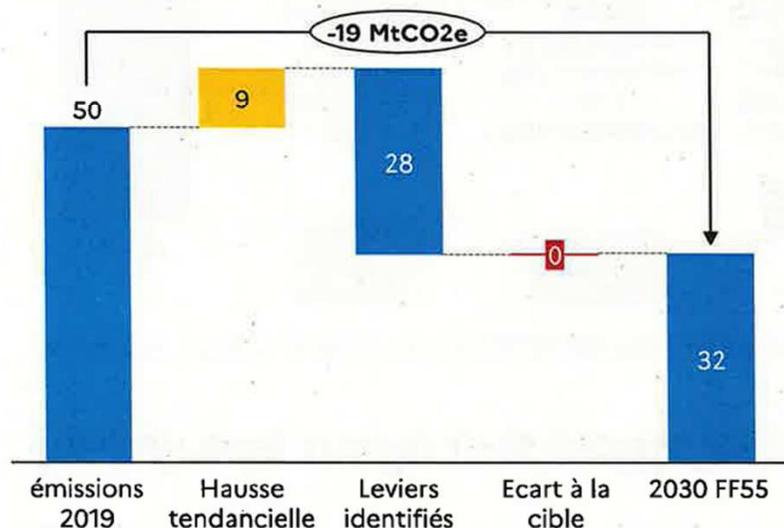


Secrétariat Général à la Planification Ecologique

Transport terrestre de marchandises

Les leviers identifiés permettraient de baisser les émissions du transport de marchandises de 19Mt/an d'ici 2030

Parmi ces leviers certains restent encore à sécuriser par des mesures techniques et des changements d'usage



Extrait d'un document distribué à la réunion du CNR transport du 31 mai 2023

Les travaux du Gouvernement

Demande

- Etude DGITM sur la demande => avoir vision globale
- Attention aux idées reçues => cf. étude ADEME sur e-commerce

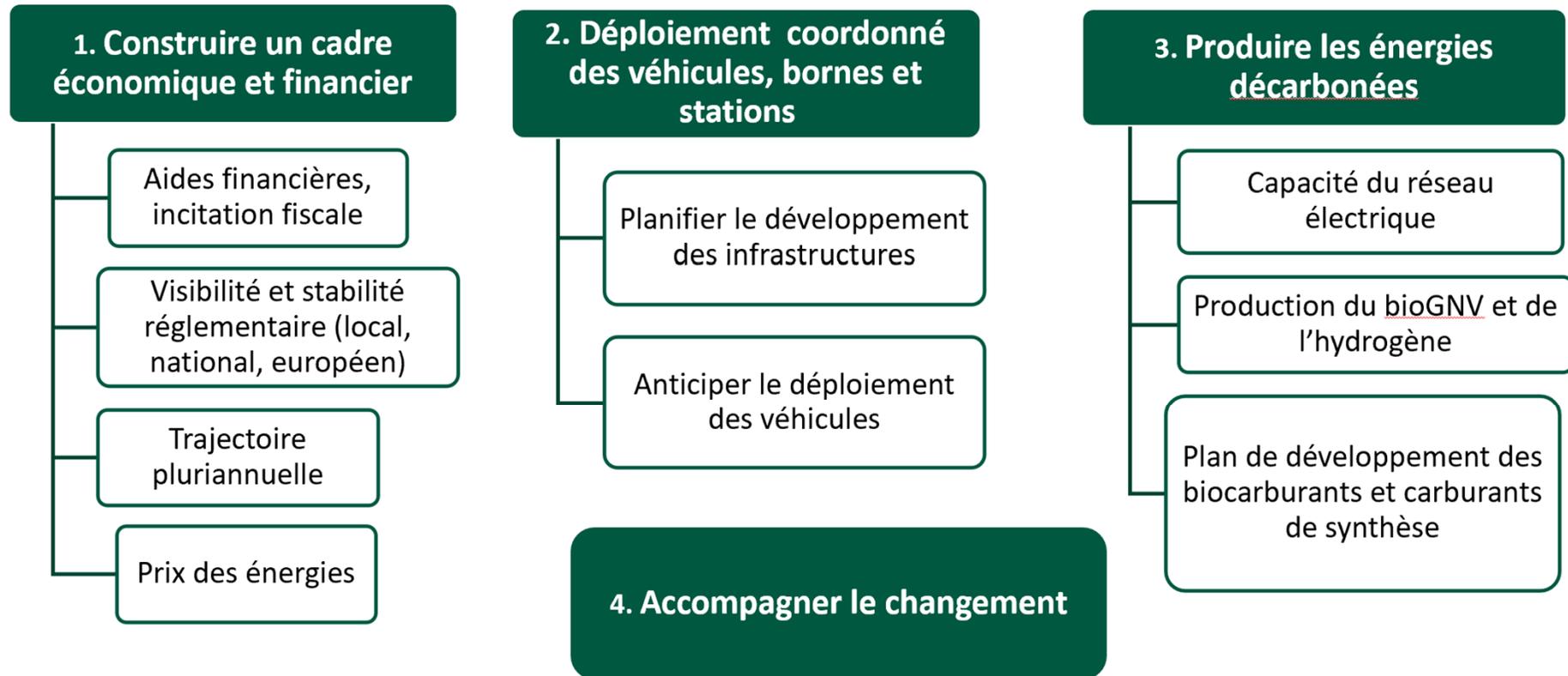
Fret ferroviaire

- Aides à l'exploitation : en hausse et jusqu'à 2030
 - Amélioration des infrastructures (réseau, plateformes combinés)
 - Attribution des sillons entre voyageurs/marchandises/travaux
- + Envie des chargeurs

Les travaux du Gouvernement

Transition énergétique de la route - Feuille de route publiée le 24 mai 2023

Un plan d'actions à inscrire dans le temps collectivement,
dans une démarche partenariale



Q5 / Martin Koning – François Combes (UGE)

Quelles seraient les actions à mener en France pour que l'on refasse monter la part du ferroviaire dans les tonnes.km ?

Politiques publiques passées

- Politiques d'infrastructure et de service avec, entre autres :
 - Autoroutes ferroviaires (AF)
 - Travaux d'entretien et de régénération
 - (Pendant ce temps, sur la route, passage au 44t)
- Libéralisation du secteur du fret ferroviaire en 2006
- Politiques fiscales et subventions

- Aujourd'hui, **objectif de doublement du fret ferroviaire en 2030**
(pour rappel, objectif Grenelle : augmenter le fret ferroviaire de 14% à 25% en 15 ans)

Que penser des leviers de politique publique classiques?

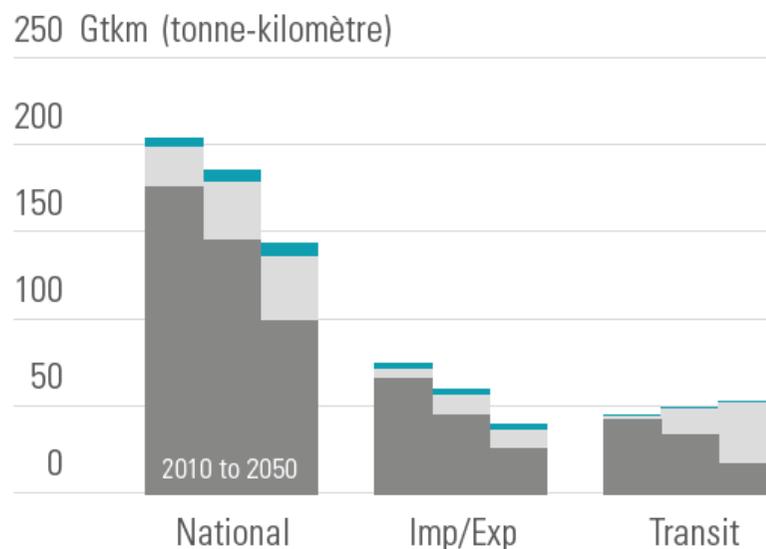
- Le problème de la **couverture des coûts du routier**
 - Une question surtout financière, et donc d'acceptabilité
 - C'est en **urbain** que les coûts sont les moins bien couverts
- Le problème de l'infrastructure
 - D'abord un problème d'aménagement du territoire ?
 - Et aussi un problème de priorisation entre fret et voyageurs
- La fiabilité : frein crucial à la remontée du fret ferroviaire
- Les AF sont efficaces sur certains corridors (grand transit, franchissement d'obstacles naturels, etc.) mais sont coûteuses
- L'intermodalité soulage la contrainte de la disponibilité (capillaires)

Un scénario très optimiste...

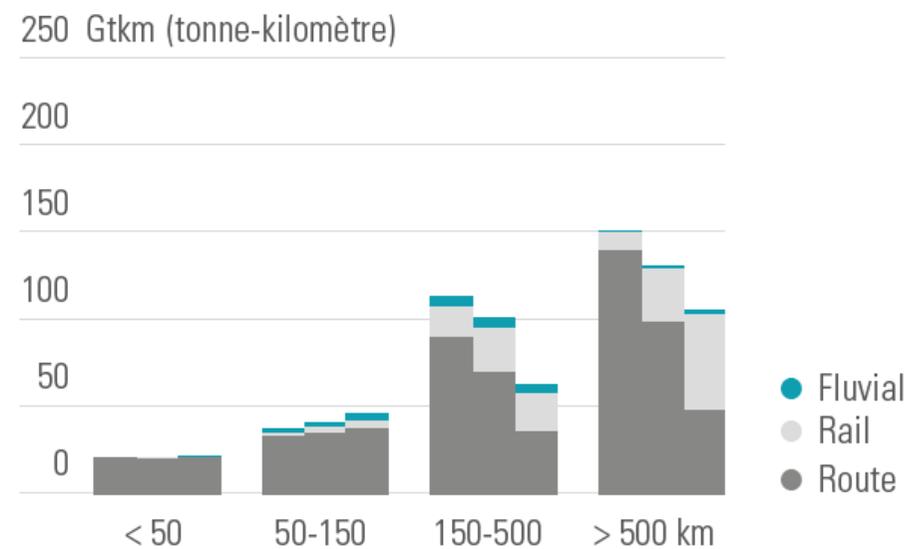
- Dans l'exercice de prospectif de Briand et al. (2019), un des deux narratifs repose sur une modération globale de la demande : promotion des circuits-courts, économie du partage et de la réparabilité, ...
- Concernant les instruments transports, on joue :
 - Sur les prix : Eurovignette km pour les PL, Taxe CO2
 - Sur les infrastructures : Connexions ports, Réseau de plateformes, Meilleurs sillons / contournements des agglomérations
 - Sur les règles : conditions de travail des chauffeurs PL, allocation des sillons
 - Sur le rapport au temps (approche filières) + réindustrialisation

Un scénario très optimiste...

a. Structure modale par type de transport



b. Structure modale par classe de distance

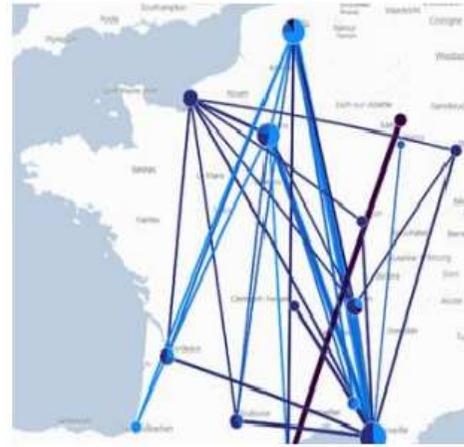
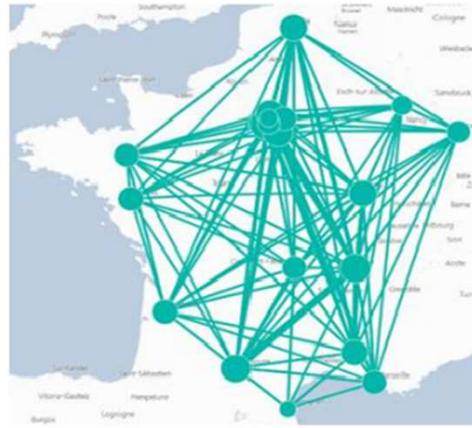
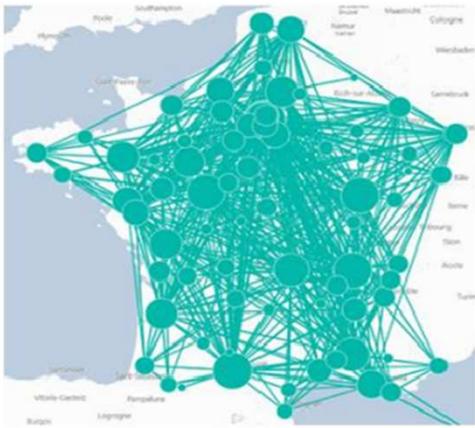


Transport ferroviaire	2010 - Gtkm	2010 - % Gtkm tout mode	2050 - Gtkm	2050 - % Gtkm tout mode
National	23	11%	36	25%
Import/Export	6	8%	10	26%
Transit	2	4%	35	66%
Total Fer	31	9%	81	34%

- Résultats crédibles ? Et à quels coûts pour la collectivité ?

...mais peu robuste

- Robichet et al. (2022) étudient les possibilités de changements modaux (PL -> transport combiné) avec des données d'exploitation d'un grand transporteur routier



- Sur la liaison Paris-Bordeaux, les émissions de CO2 des **mouvements basculés** sur le transport combiné peuvent baisser de plus de 90%
- Mais c'est une part infinitésimale des émissions totales du transporteur

Conclusion

- L'efficacité énergétique des trains justifie leur rôle comme instrument de la transition énergétique pour le fret
- **Domaine de pertinence cependant limité**; sans restructuration majeure de l'économie et des comportements
- Juste place à trouver comme levier de décarbonation :
 - Efficacité des moyens ? (quid des informations pour les études ?)
 - Impacts en cycle de vie ? Décarbonation du ferroviaire ?
- Ne pas oublier que c'est aussi un outil de politique industrielle
- On a pas parlé d'exploitation, mais c'est un sujet en soi

Q6 Marc Lejeune (Renault Trucks)

**Sur le plan des technologies que peut-on espérer aux deux échéances
2030 et 2050 ?**

Camions hydrogène



Gaz naturel



~~Hydrogène gris~~

Empreinte carbone 25% plus élevée qu'en diesel

Gaz naturel

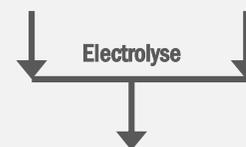


Hydrogène bleu

Potentiellement disponible à grande échelle pour la mobilité au cours de la **prochaine décennie**

Electricité
verte

Eau



Hydrogène vert

Potentiellement disponible à grande échelle pour la mobilité au cours de la **prochaine décennie**

Technologie camion pas encore définie :

- Pile à combustible ou moteur thermique
- Stockage comprimé ou liquéfié

■ ■ Solution au cas où les challenges du camion électriques à batteries ne peuvent être surmontés pour certaines applications ou régions, (minéraux, réseau, contraintes opérationnelles)

■ ■ Synergies potentielles avec l'industrie (Chimie, acier, électricité)

■ ■ ■ Efficacité Energétique

Un camion à l'hydrogène vert consomme 3 fois plus d'électricité par km qu'un camion à batterie

■ ■ Empreinte carbone

plus élevée que l'électrique à batterie (efficacité énergétique)

■ ■ Coût du transport

Plus élevé que l'électrique à batterie si l'hydrogène est vendu au-dessus de 3,5 €/kg à la pompe pour un camion long-routier

Camions gaz



~~Gaz naturel~~

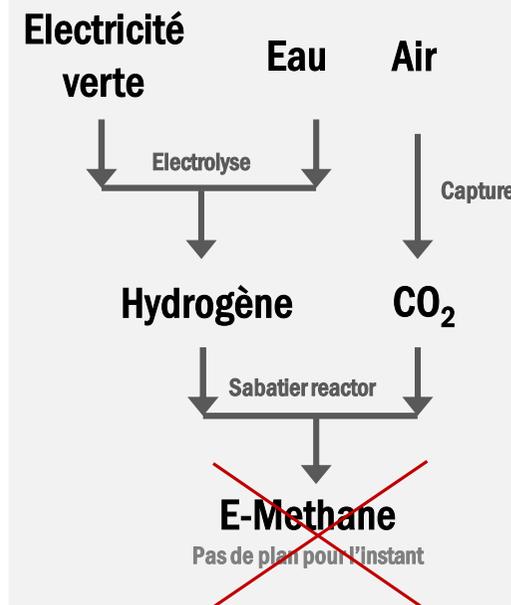
Déchets végétaux

↓ Digestion ou pyrolyse

Biogaz

↓ Raffinage

Bio-Méthane



■ ■ ■ Emissions de NOx

Bannira les camions gaz des villes à moyen terme.
Uniquement pour du long-routier à terme.



Risques de fuite

Impact sur le réchauffement climatique du méthane 86 fois plus élevé que le CO₂ sur une période de 20 ans.

■ ■ ■ Quantité disponible limitée

Limitation de la ressource (biomasse), max 50 to 100 TWh en 2050 en France.

Compétition avec les autres secteurs (industrie, maritime, centrales électriques...), max 5 to 10 TWh pour les camions en 2050 en France → < 10% des camions

Camions diesel



~~Diesel fossile~~

Huile végétale

↓ Esterification
ou Hydrogenation

Bio-diesel Gen 1

35 TWh/year disponible aujourd'hui in France

Déchets végétaux

↓ Pyrolysis
+ Fischer-Tropsch

Bio-diesel Gen 2

Quelques projets pilotes
Coût plus élevé

**Electricité
verte**

Eau

Air

↓ Electrolyse ↓ Capture

Hydrogène

CO₂

↓ Fischer-Tropsch ↓

E-diesel

Quelques projets pilotes
Coût plus élevé

■ ■ ■ Utilise les camions & infrastructure existantes

■ ■ ■ Emissions de NOx

Bannira les camions gaz des villes à moyen terme.
Uniquement pour du long-routier à terme.

■ ■ ■ Quantité disponible limitée

Limitation de la ressource (biomasse), et compétition avec les autres secteurs (maritime, aviation...) → < 10% des camions en 2050 en France

Notre vision

- Sur tous les segments, les **camions électriques** deviendront la solution majoritaire avant 2040. Ils représenteront 50% de nos ventes en 2030.
- Pour certains long-routiers, l'**hydrogène (pile ou moteur)** pourrait être une alternative aux batteries
- Moins de moteurs thermiques seront produits, et uniquement pour les **bio- et e-carburants**

