

Techniques de décarbonation logistique: benchmark et pratiques internationales



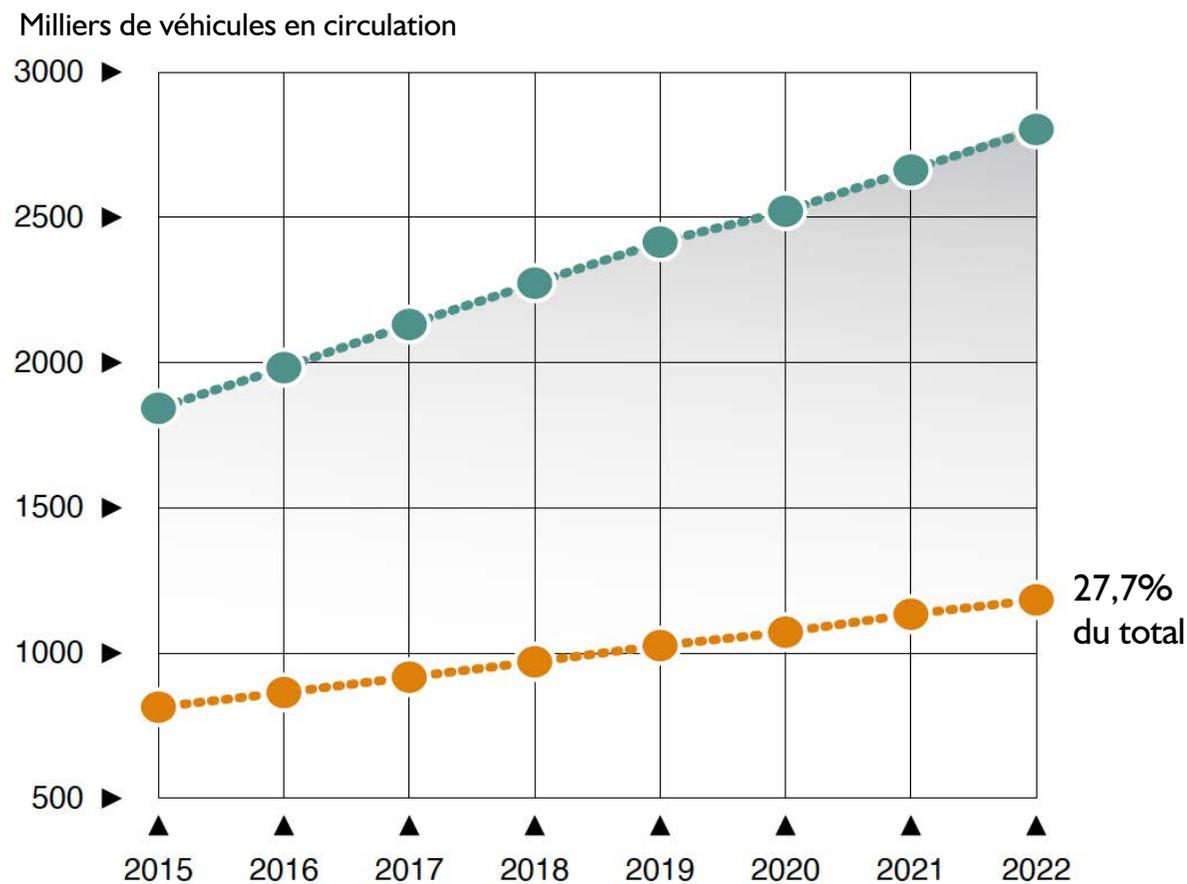
Prof Dr Jacques Leonardi

14 décembre 2023

*Atelier sur la Décarbonation du Secteur Industriel et de la logistique:
Vers une transition Climatique Durable*

GIZ Maroc

Evolution du parc de véhicules routiers motorisés au Maroc 2015-2022



Source: Haut Commissariat au Plan, 2023.

Le Maroc en chiffres.

https://www.hcp.ma/downloads/Maroc-en-chiffres_t22407.html

السيارات السياحية Voitures de tourisme
العربات المنفعية Véhicules utilitaires

Technologies des transports, de la logistique, et des supply chains: fondamentaux

Typologie

- Plateformes
- Transport routier
- Ferroviaire
- Maritime
- Aérien
- Pipeline
- Information

Approches

- Supply Chain
- Logistique
- Business modèle
- Branches d'activité
- Solutions
- Secteur public
 - partenariat
 - régulation

Objectifs stratégiques

- Réduire les risques
- Meilleure efficacité
- Décarboner et dépolluer
- Coopérer
- Connaissances et données

Méthodes

- Top-down: Stratégie appliquée par décision globale
- Bottom-up: prototypes, tests, application en conditions réelles

Peu de diminution des problèmes liés à la décarbonation des livraisons de marchandises par route

1. Augmentation de la demande de transport
2. Taux de chargement bas / surcharge / retours à vide
3. Environnement (qualité de l'air et CO₂)
4. Consommation d'énergie
5. Sécurité et accidents
6. Nuisances
7. Congestion du trafic
8. Absence d'espaces de chargement déchargement
9. Restrictions d'accès et voies étroites
10. Coûts élevés pour les opérations du dernier kilomètre
11. Absence d'expertise dans les administrations locales

Source: Tomislav Letnik, Maršenka Marksel, Giuseppe Luppino, Andrea Bardi, Stane Božičnik, Review of Policies and Measures for Sustainable and Energy Efficient Urban Transport, Energy (2018), doi: 10.1016/j.energy.2018.08.096

Typologie de solutions testées de décarbonation et de développement durable des pratiques logistiques (I)

1. Aires de livraison: conception, règles d'accès, contraventions etc.
2. Centre de consolidation urbains (CCU)
3. Vélos cargo: pistes cyclables, parking pour vélos, règles d'accès pour les vélos cargo
4. Véhicules électriques: aide au financement d'achat de véhicules électriques
5. Véhicules au gaz naturel
6. Achat de services (sous-traitance) de livraisons plus efficaces
7. Aménagement du territoire et réglementations d'urbanisme pour la logistique urbaine
8. Restriction d'accès par poids, taille ou type de véhicule
9. Restriction d'accès par classe d'émission (par exemple EURO VI)
10. Taxe de congestion, péage urbain pour les camions
11. Application, police, contrôle: circulation, congestion, vitesse, accès, stationnement et contrôle des quais de chargement



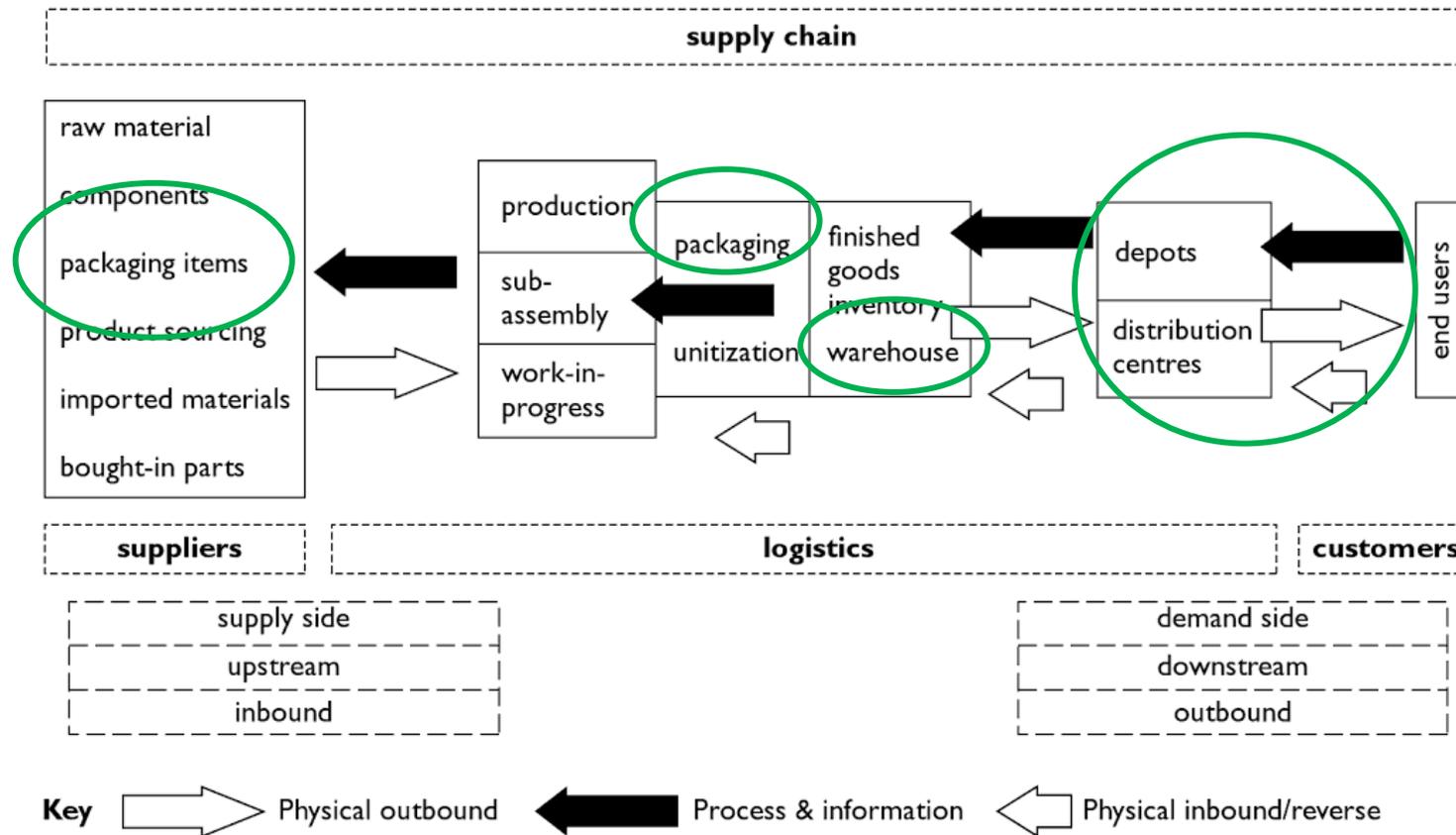
Nouvelles
gares et
terminaux
rail-route
pour
traverser
la Suisse



Solutions testées (II)

- Bourse d'échange de capacité disponible: échange en ligne / offre de capacité gratuite
- Points de collecte pour colis, relais-colis, bornes automatiques connectées
- Livraisons en dehors des heures de pointe
- Liens avec livraisons par bateaux / voies navigables / ports urbains
- Relier les ports et gares de marchandises et les livraisons en centre-ville
- Utiliser le mode ferroviaire (exemple: matériaux de construction)
- Réseau d'experts en coopération et en logistique urbaine
- Pilotes et tests, suivi et collecte de données, analyses d'impact

Où avons-nous développé les quelques opérations de logistique, de chaîne d'approvisionnement et de transport vraiment durables ?



Source: Rushton A, Croucher P, Baker P (2014)

Projets et références en Europe

- Sulpiter – Sustainable Urban Logistics Plans (2017/19)
<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/SULPiTER.html>
- Citylab – City Logistics in Living Laboratories (2015-2018) www.citylab-project.eu
- Bestfact Best Practice Factory (2012-2016) Smartfusion (2012-2015)
- Fideus ‘Freight Innovative Delivery in European Urban Space’ (2005-2008)
- Bestufs Best Urban Freight Solutions (2001-2008)

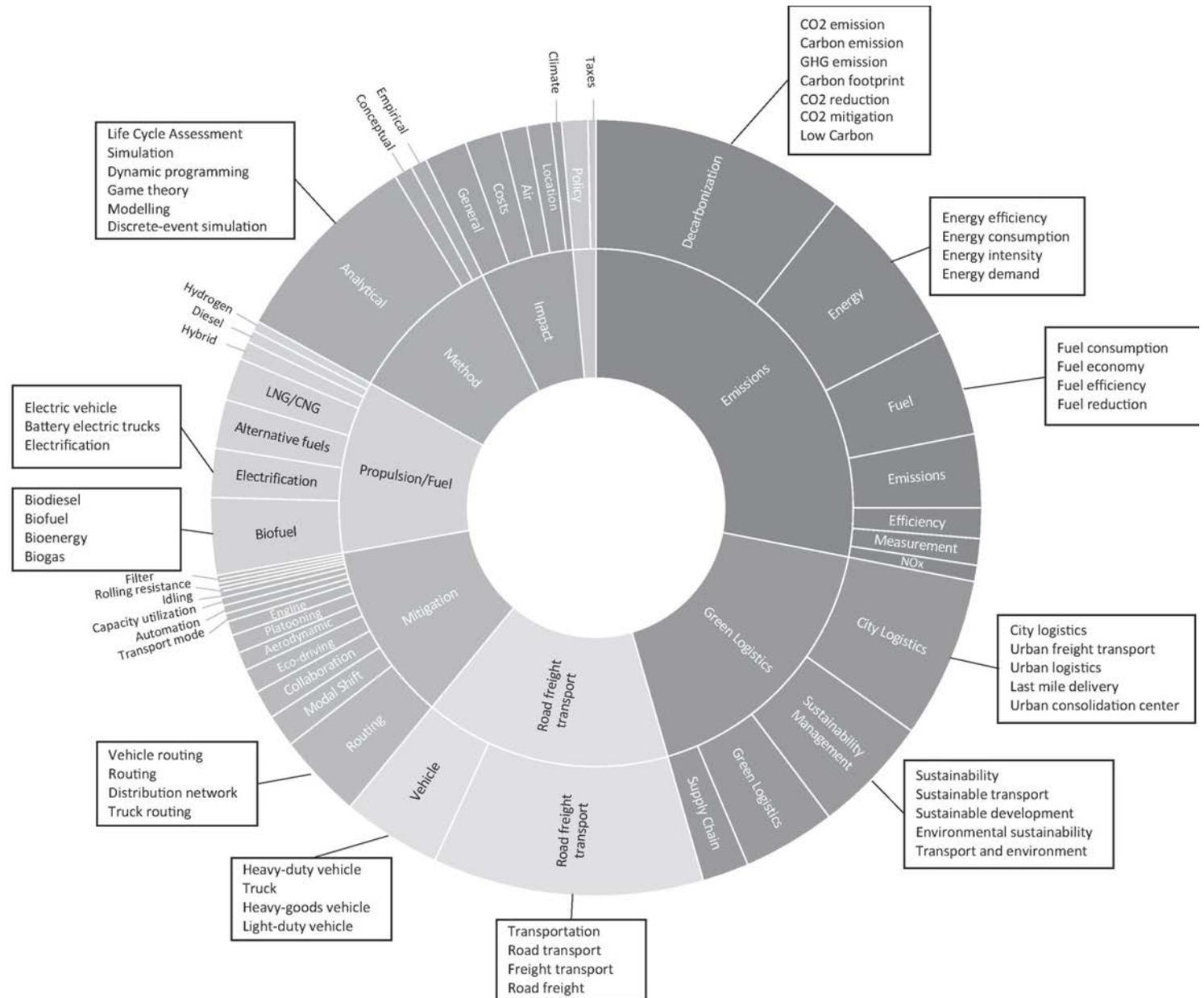
Exemples au Royaume-Uni

- Transport for London freight plan
<http://www.tfl.gov.uk/microsites/freight/>
- London Lorry Control Scheme
<http://www.londonlorrycontrol.com/>
- London FQP <http://www.londonsfqps.co.uk/>

Partenaires de projets

- *Greater London Authority (GLA), TfL, London Boroughs,*
- *Department of Transport (équivalent du ministère des transports)*
- *Entreprises privées*
- *Research Council, Innovate UK, Transport Catapult, Universités*

Très grand nombre d'approches et solutions pour decarbone la logistique



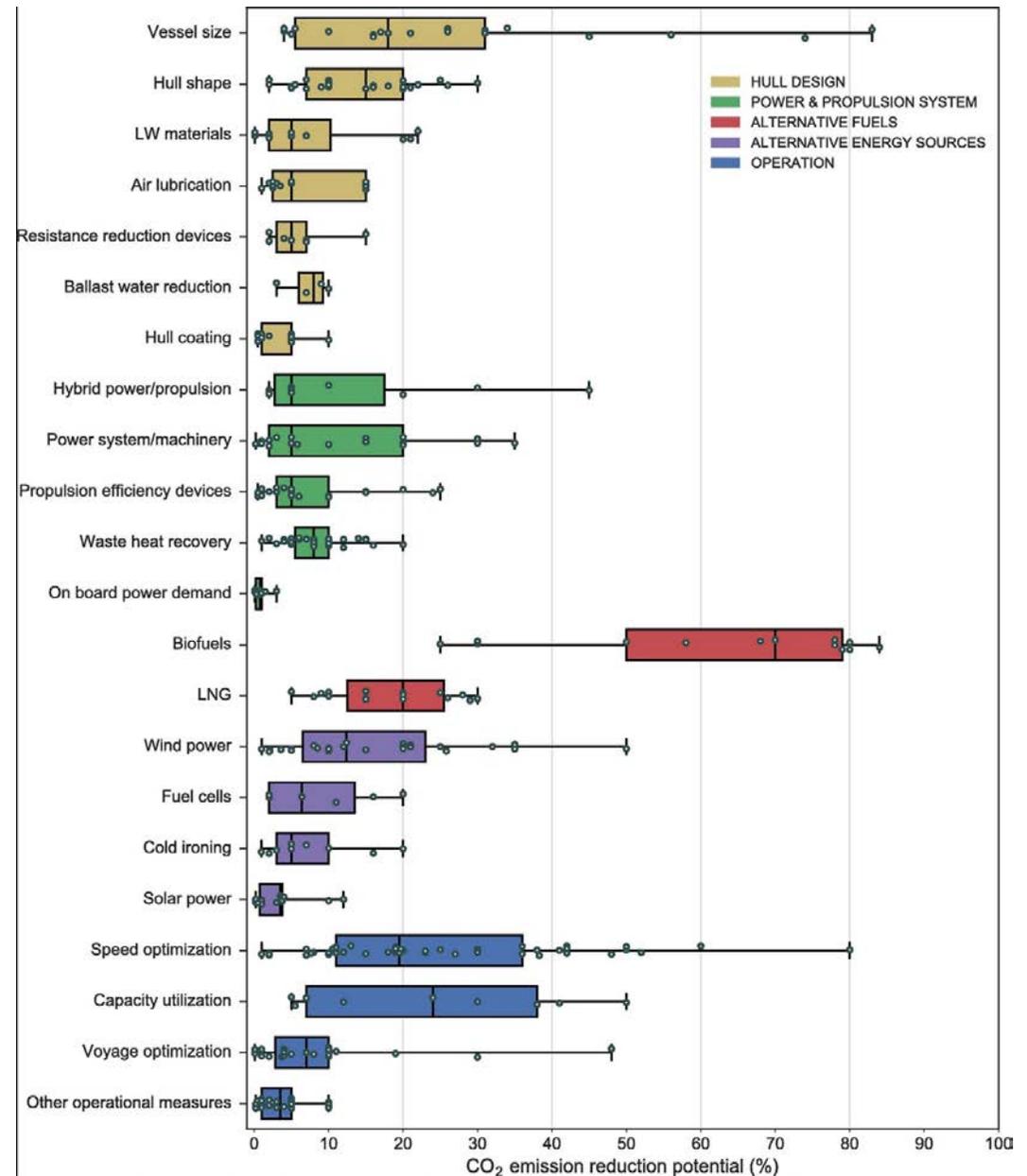
Source: Meyer, 2020.

[Decarbonizing road freight transportation – A bibliometric and network analysis, TRD 89 102619](#)

Solutions de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur du transport maritime :

Potentiel estimé dans 150 études

Source: Bouman et al. 2017. State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping – A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 408-421
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.022>



Cityporto Padova: Centre de Consolidation et véhicules propres



- L'entrepôt de Cityporto est situé dans la zone du village de fret d'Interporto à Padoue, Vénétie
- 3 km à l'extérieur du centre-ville, à proximité des principales autoroutes
- Livraison urbaine de marchandises avec une flotte de véhicules hybrides et GPL
- Business modèle de gestion sous contrat municipal

Source: <http://www.interportopd.it/en/cityporto/>
BESTFACT 2016

Faits et données sur l'entreprise Cityporto Padova

- Interface longue distance/
distribution locale
- 100,000 livraisons /an
- Environ 60 clients
- Moyenne de 4 colis par
livraison au lieu de 1.3
- 11 camions et
camionnettes
GPL/électriques
- Condition d'accès
au centre-ville plus favorables qu'aux concurrents
- 1500 m² d'entrepôts du Centre de Consolidation Urbain (CCU)



Coûts, données, impacts

- Coûts: entreprise créée en 2004, autosuffisante en 2007, rapport bénéfices/coûts pour la période 2008-2013: 2,94
- Données: les vraies données avant-après d'un client rejoignant le programme sont manquantes. Le facteur de charge élevé et l'utilisation de véhicules au GPL sont des positions de coût clés pour l'analyse de rentabilité
- Impacts: 0,5 million de km d'économie par an, 220 tonnes de CO₂

Analyse: Barrières, facteurs de réussite et transférabilité

- **Barrière de marché supprimés:**
 - le principal facteur de succès a été la mise en place d'un régime spécial pour les véhicules Cityporto sans limites de temps pour le chargement / déchargement dans la ZTL (zone à trafic limité).
 - Un autre élément clé était le gestionnaire indépendant permettant une coopération en confiance avec les nouveaux clients et une excellente implication / participation des parties prenantes au niveau de la ville.
- **Transférabilité:** De nombreuses autres villes ont créé des opérations de logistique proche du centre-ville avec des conditions strictes pour les horaires de livraison et une flotte de véhicules propre. Modèles de business et solutions restent variables.

Consolidation de Binnenstadservice

Business modèle centré sur les commerçants

- Binnenstadservice exploite un service d'entrepôt et de distribution pour le compte de commerces et d'autres organisations situées en centre-ville.
- Présent à Nijmegen, Rotterdam et Maastricht, Pays-Bas.
- L'approche commerciale est que les marchandises sont livrées dans un centre de distribution juste à l'extérieur de la ville. De là, les marchandises sont regroupées et acheminées vers les magasins du centre-ville. Le matériel de manutention et les emballages sont ramenés au centre de distribution.
- Binnenstadservice n'exploite pas ses propres véhicules, mais le transport est sous-traité à un prestataire de services logistiques dédié pour chaque ville.

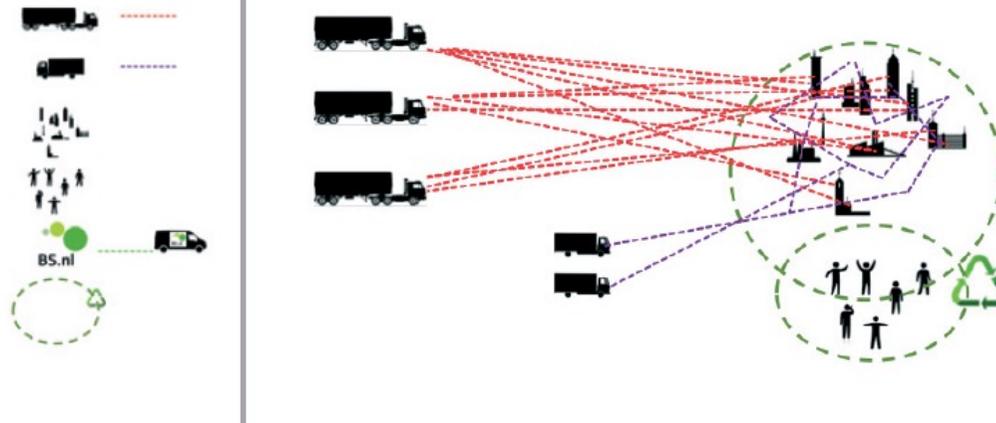


Source: <https://binnenstadservice.nl/>

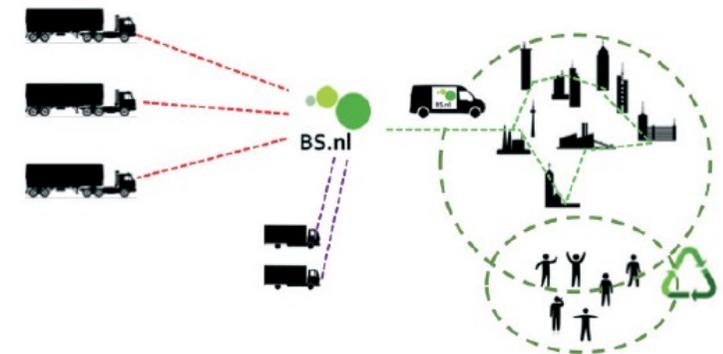
Le cas de Binnenstadservice: Comparaison avant et après la mise en place d'un centre de distribution urbaine



Situation sans
Binnenstadservice



Point de réception collective
pour les commerces, avec
Binnenstadservice



Bénéfices multi-acteurs (Business Case)



Avantages financiers:

- Commerces: réduction des stocks, réduction du temps nécessaire pour recevoir / expédier les marchandises
- Compagnie de transport / expéditeur: perte de temps réduite pour la livraison du dernier kilomètre, donc réduction des coûts

Avantages dans le domaine des services:

- Commerces: paie une somme modique pour les activités chronophages telles que l'emballage, le matériel de manutention, le carton

Avantages pour la société:

- Moins de congestion, un centre-ville plus agréable à vivre.

Avantages environnementaux:

- Réduction des émissions de CO₂ et de particules grâce au regroupement de marchandises et de véhicules plus propres

London Construction Consolidation Centre

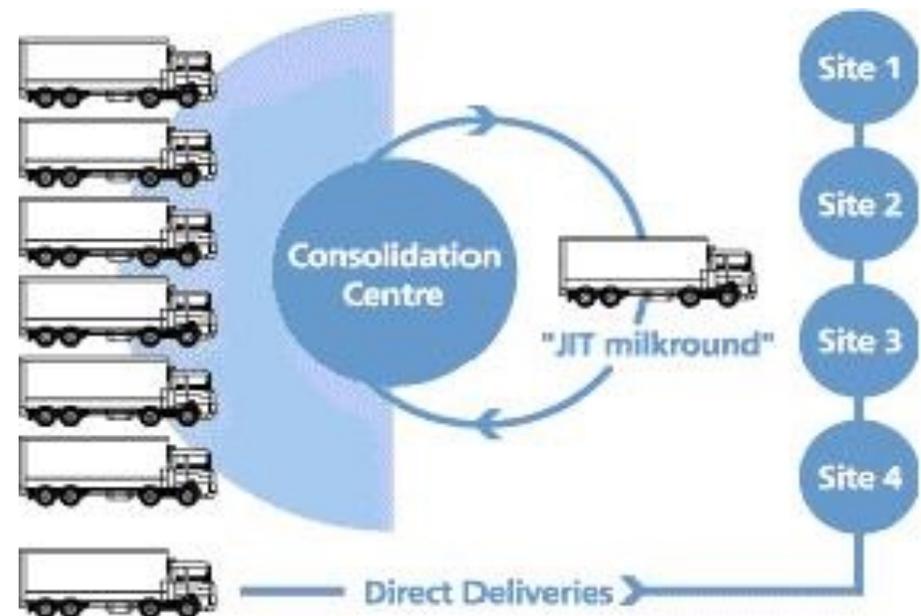
– Business modèle de logistique dirigé par des entreprises de construction

The LCCC a été financé en 2006 par Transport for London (£1.85m), Stanhope et Bovis Lend Lease (£1.35m), et a été géré par le logisticien Wilson James

Etude d'impacts (rapport Mai 2007)

- Réduction de 68% du nombre de véhicules de transport pour les sites de construction
- Réduction du CO₂ d'environ 75%

Extension à tout Londres par législation d'urbanisme. Obligation pour grands chantiers. Actuellement 11 centres en service.



Alliance de 4 enseignes de grande distribution en Lituanie

- L'alliance de plusieurs chaînes de distribution conduit à des solutions logistiques hautement optimisées.
- Les supermarchés, entrepôts et plateformes logistiques sont situés dans toutes les villes du pays.
- Tous les magasins sont désormais desservis à partir de plusieurs **centres logistiques mutualisés**, où les marchandises demandées sont chargées en expéditions groupées avec des véhicules poids-lourds, y compris en zone urbaine.
- Réduction du nombre de trajets
- Effets positifs sur la consommation de carburant, les coûts et les émissions.



San Sebastian Donostia, Espagne, CCU + cycles cargo électriques

Business modèle de sous-traitance - Données coûts disponibles



- San Sebastian Donostia, Espagne
- Tests du business modèle de sous-traitant spécialiste en distribution propre en centre-ville par l'entreprise « Txita »
- CCU + cycles et camionnettes électriques
- Données coûts et bénéfices pour la période de 2010 à mi-2012
- Résumé du bilan comptable comme document public!

Sources: <https://www.txita.com/>
BESTFACT 2016

Concept	2010	2011	2012
Expenses	-69,920.05	-164,553.08	-55,851.06
Suppliers	-33,759.83	-53,486.40	-15,719.71
Staff	-36,160.22	-111,066.68	-40,131.35
Incomes	67,294.85	108,643.88	34,581.22
Invoices	23,294.85	71,781.38	34,581.22
Subsidy CIVITAS	40,000.00	30,000.00	-
Subsidy EVE	4,000.00	5,690.00	-
Subsidy Webpage	-	1,172.50	-
Partial result	-2,625.20	-55,909.20	-21,269.84
Other incomes	41,432.70	121,463.59	7,655.84
Result**	38,807.50	65,554.39	-13,614.00
TOTAL*			90,747.89

Systeme d'information et « fonction logistique mutualisée » au centre commercial Emporia, Malmö, Suède



Business modèle logistique dirigé par le propriétaire/gestionnaire de centres commerciaux (exemple de Steen & Strøm, Scandinavie)

- 75 000 m² de commerces et restaurants
- 200 locataires
- 300 livraisons / jour
- 30-50 camions / jour
- 500 transports internes / jour vers / depuis les locataires
- Marchandises de grande valeur
- 20 tonnes de déchets / jour
- 250 m² d'espace logistique mutualisée en sous-sol

Goods handling process in Emporia



4. Goods are delivered and signed for by the tenant, in the store



3. Internal deliveries are made by adjusted equipment



2. Joined transport

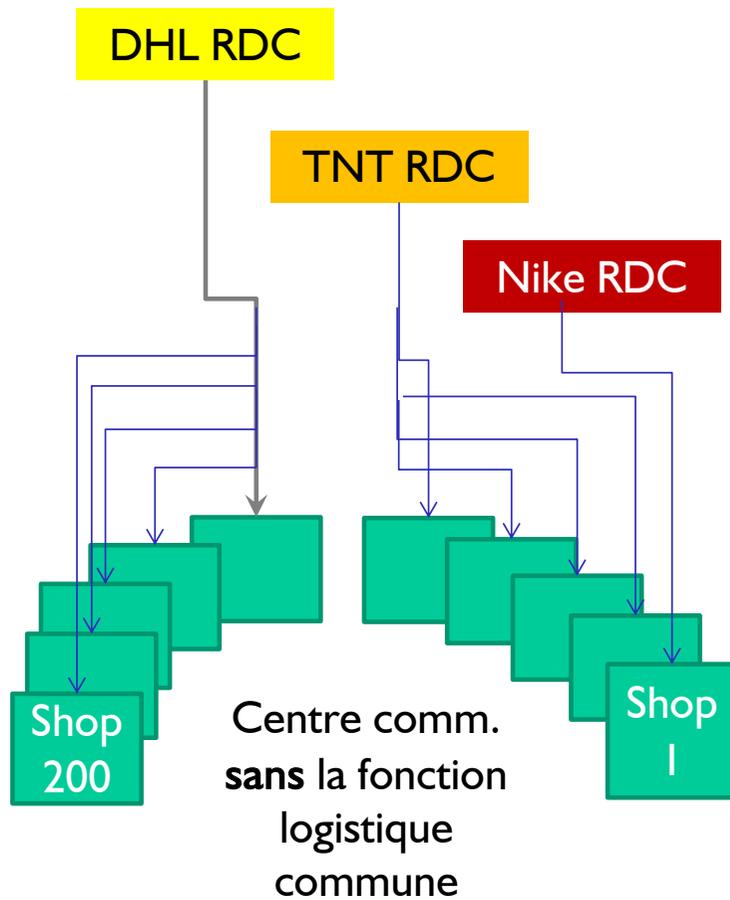


1. Control, receipt, sorting and registration of the goods in our goods management system. Automated info to the tenants via e-mail/sms

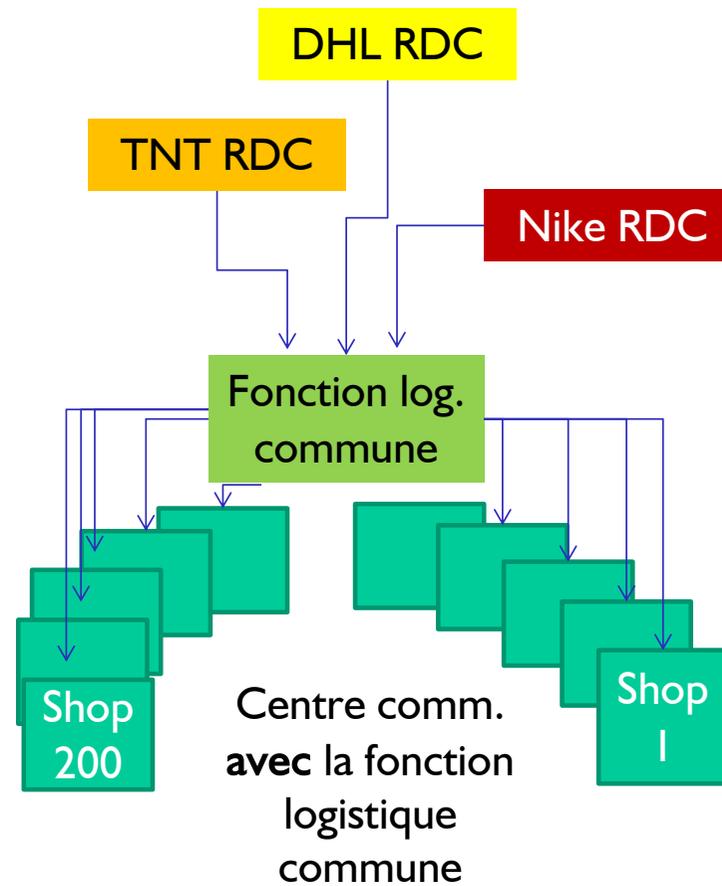


Analyse des impacts de la fonction logistique commune

Emporia retail network configuration
AVANT



Emporia retail network configuration
APRES



Gestion innovante du trafic et de l'espace routier



avant



maintenant

Contrôles automatiques d'accès au centre-ville



Monitoring CCTV

Contrôle par reconnaissance automatique de plaques d'immatriculation par caméra pour vérifier que les camions soient en conformité avec les restrictions d'accès:

- Zone de péage urbain de Londres
- Zone de faibles émissions de Londres
- Centres-villes italiens
- Centres historiques de Barcelone et de Madrid, etc.

Gestion de l'espace et restrictions de permis de construire

- Le code de zonage de Barcelone fournit de nombreuses réglementations innovantes concernant les livraisons
- Construction obligatoire d'une aire de livraison privée « hors-rue » pour toutes les activités de plus de 400 m²
- Hébergement obligatoire d'un espace de stockage pour les bouteilles dans tous les nouveaux bars et restaurants

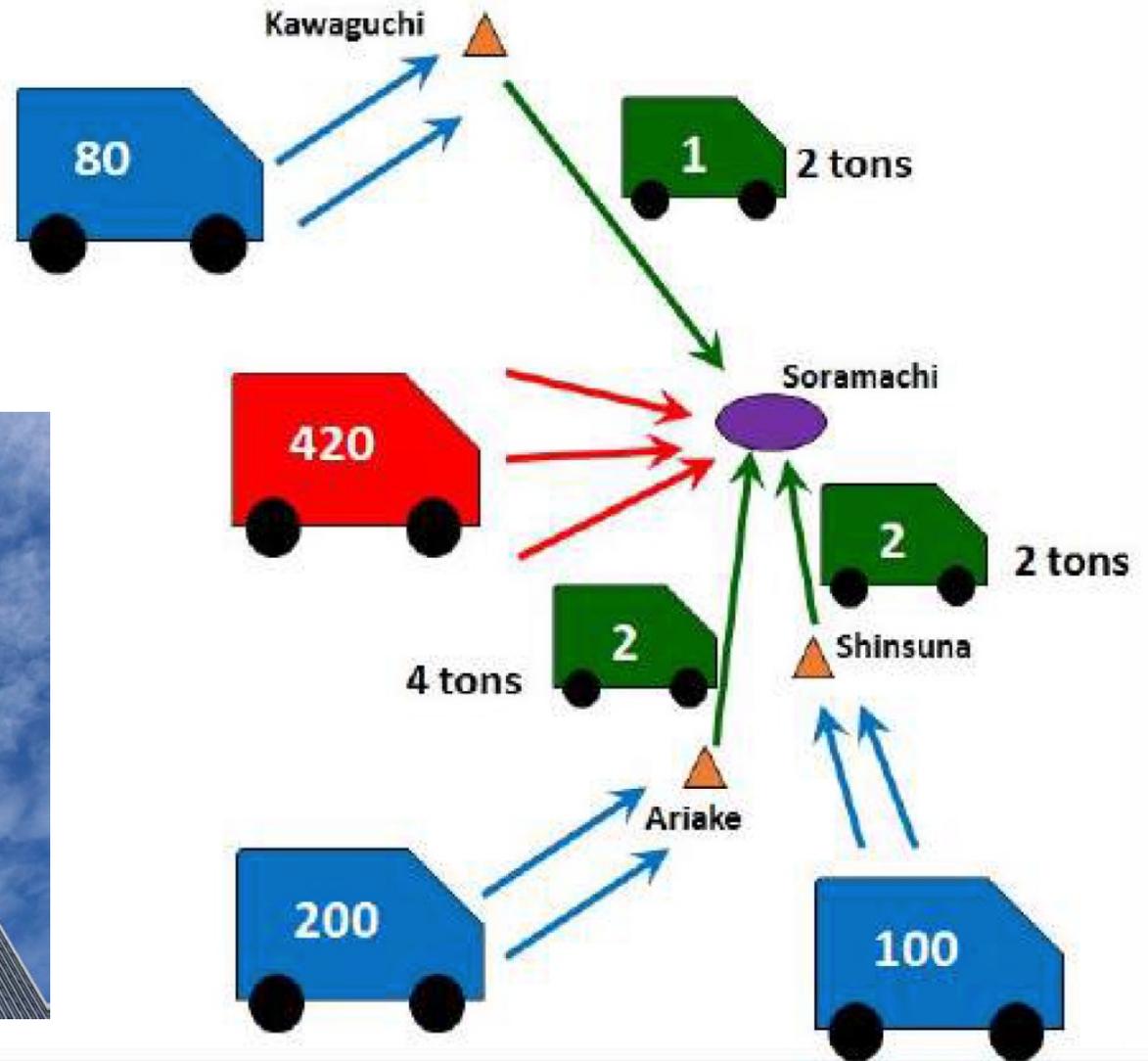
Un centre-ville avec beaucoup d'infrastructures logistiques : Tokyo

Un terminal Yamato au niveau de la rue en centre-ville



Un entrepôt à plusieurs étages ProLogis au centre-ville de Tokyo

Les livraisons des buildings Skytree et Soramachi à Tokyo



Sources:
<https://www.aretilaw.com/tokyo-sky-tree-and-tokyo-soramachi/>

Taniguchi, Qureshi, 2019. Urban consolidation centres

Les livraisons des buildings Skytree et Soramachi, Tokyo, Japon

Performances des opérations transport qui transitent par les 3 sites

- Préparations et construction en 2012
- Les opérations transports des 3 centres vers Skytree sont gérés par l'entreprise de logistique Sagawa Express. Co. Ltd.
- Aménagement d'ascenseurs et d'étages séparés pour les livraisons
- Support financier et technique du promoteur immobilier
- Coûts transporteur 50 – 100 JPY/colis (environ 0,42-0,85 CHF)

- Performance des opérations des trois sites de consolidation urbaine: 720 000 colis et 200 000 véhicules en 10 mois

Source: Taniguchi , Qureshi, 2019. Urban consolidation centres

Zones environnementales, règles d'accès, bruit et livraisons de nuit

ENVIRONMENTAL ZONES

2007

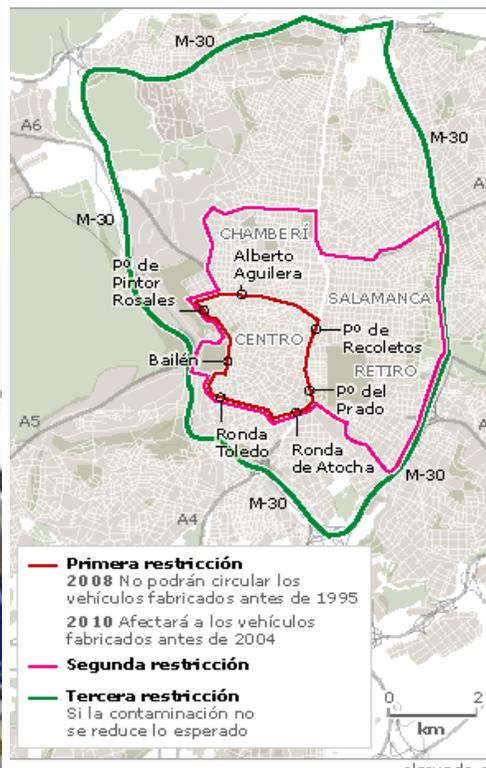
IN STOCKHOLM, GÖTEBORG, MALMÖ AND LUND



NEW REGULATIONS



Restricciones de circulación al tráfico en Madrid



Catégorie Stick'AIR / Stick'AIR category

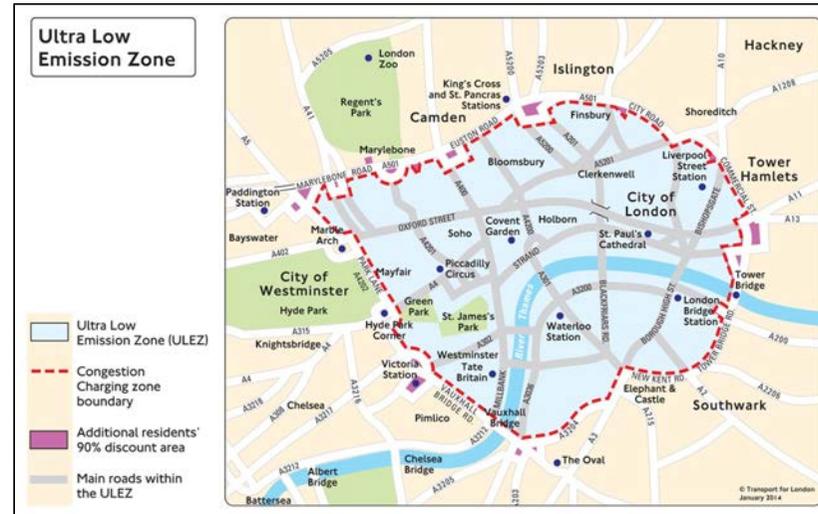
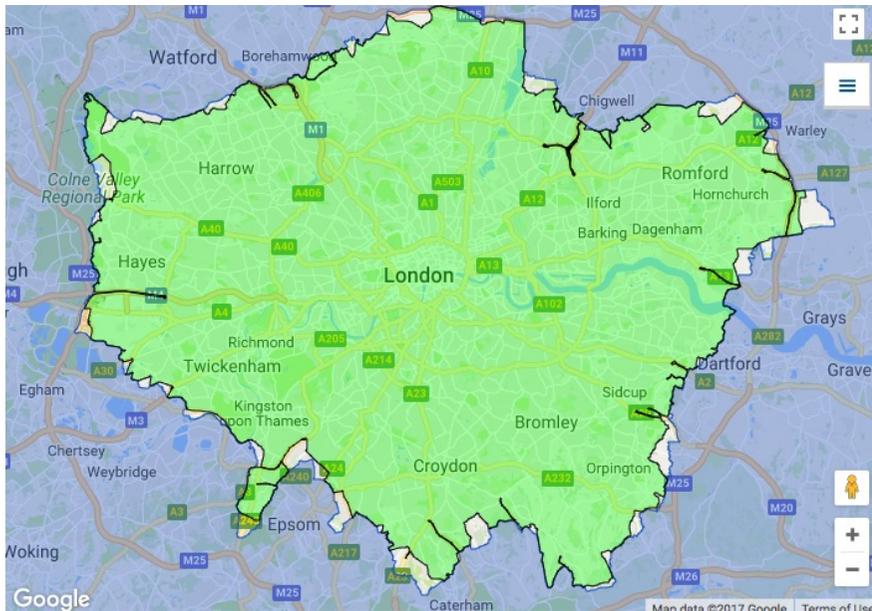


Réglementation, zonage et qualité de l'air: Débuts de la zone à faibles émissions de Londres

- Etabli depuis 2008 pour les camions, 2012 pour les camionnettes
- Établi dans les limites du périphérique de l'autoroute M25
- Tous les camions <Euro 3 paient une amende (100 ou 200 £ par jour) (2019 <Euro 6, aussi pour les voitures)
- Système automatique de reconnaissance des plaques et d'envoi des contraventions par ordinateur
- On estime que les investissements et les coûts d'exploitation pour le contrôle coûtent plus cher que les revenus



Les modifications de la Low Emission Zone (LEZ)

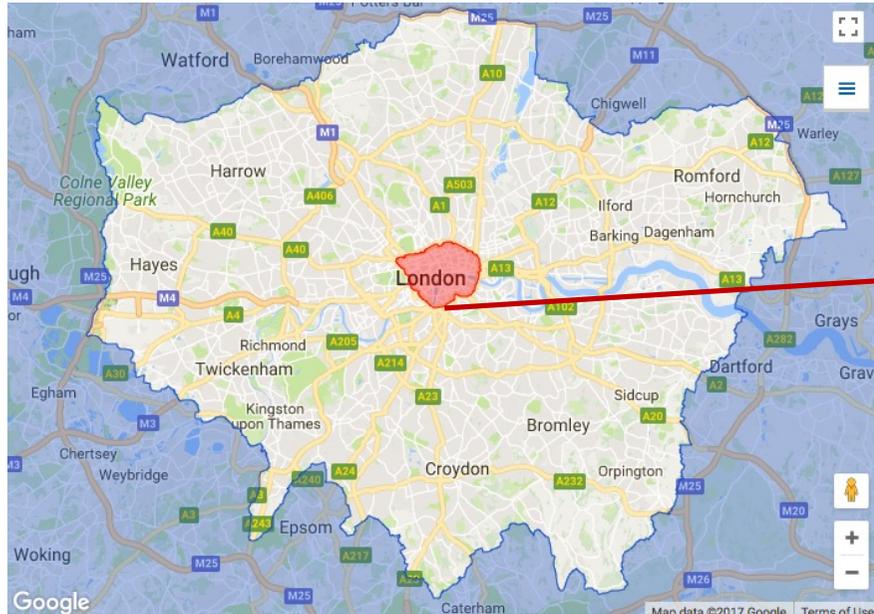
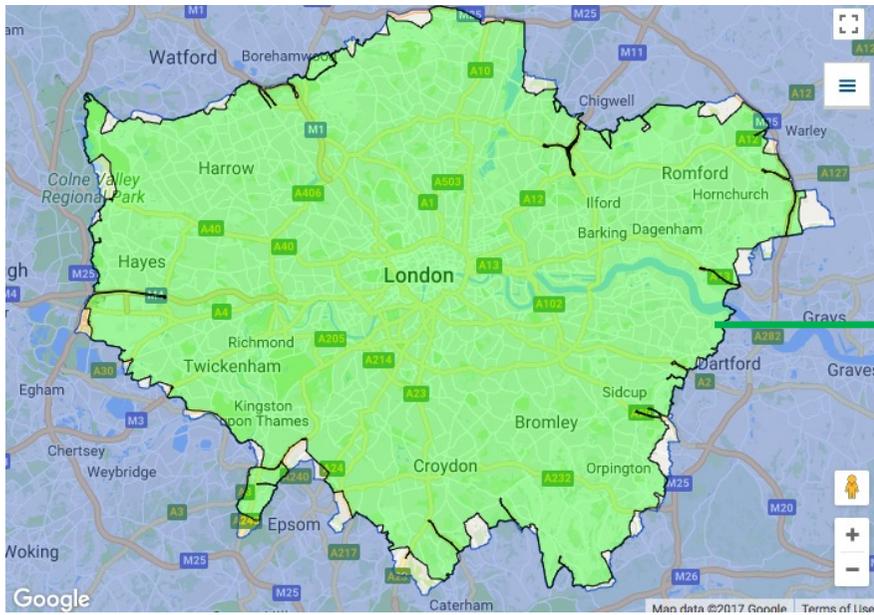


Congestion Charge Zone = T-Charge Zone = ULEZ 2019

- Euro 4 petrol Euro 6 diesel vehicles
- Euro 3 for motorised cycles
- Euro 6 for trucks >3.5t

Source: TfL 2019

<https://tfl.gov.uk/modes/driving/charges-for-driving-in-london?intcmp=45541>



Low Emission Zone (LEZ) et Ultra Low Emission Zone (ULEZ) Durcissement de la Réglementation et des pénalités en 2019

Heavy goods vehicles & specialist heavy vehicles

Applies to HGVs and specialist heavy vehicles over 3,500kg gross vehicle GVW, such as: lorries, motorised horse boxes, breakdown & recovery vehicles, snow ploughs, gritters, refuse collection vehicles, road sweepers, concrete mixers, fire engines, tippers and removals lorries.

	Congestion Charge	Ultra Low Emission Zone	Low Emission Zone
Area	Congestion Charge zone (central London)	Congestion Charge zone (central London)	Low Emission Zone (most of Greater London)
Time	Mon-Fri, 07:00-18:00	At all times	At all times
Daily charges	£11.50 (£10.50 Auto Pay)	£100 if Euro VI standard not met	£200 if Euro IV diesel standard not met

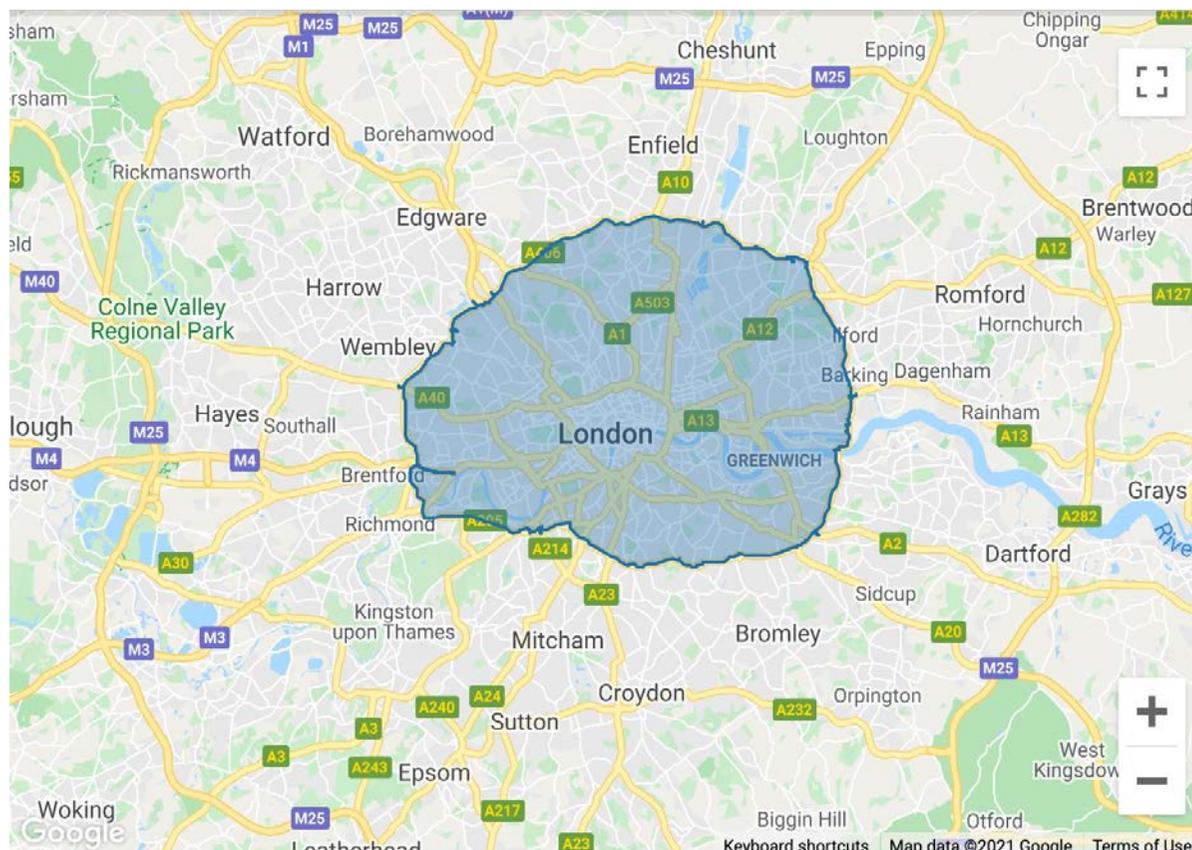
Source: TfL 2019
<https://tfl.gov.uk/modes/driving/charges-for-driving-in-london?intcmp=45541>

Analyse d'impacts de la LEZ et ULEZ

La réglementation a-t-elle déclenché un effet bénéfique?



Zone à Ultra Faibles Emission (ULEZ) Agrandissement 25 oct 2021



ULEZ inclus North Circular Road (A406) and South Circular Road (A205).

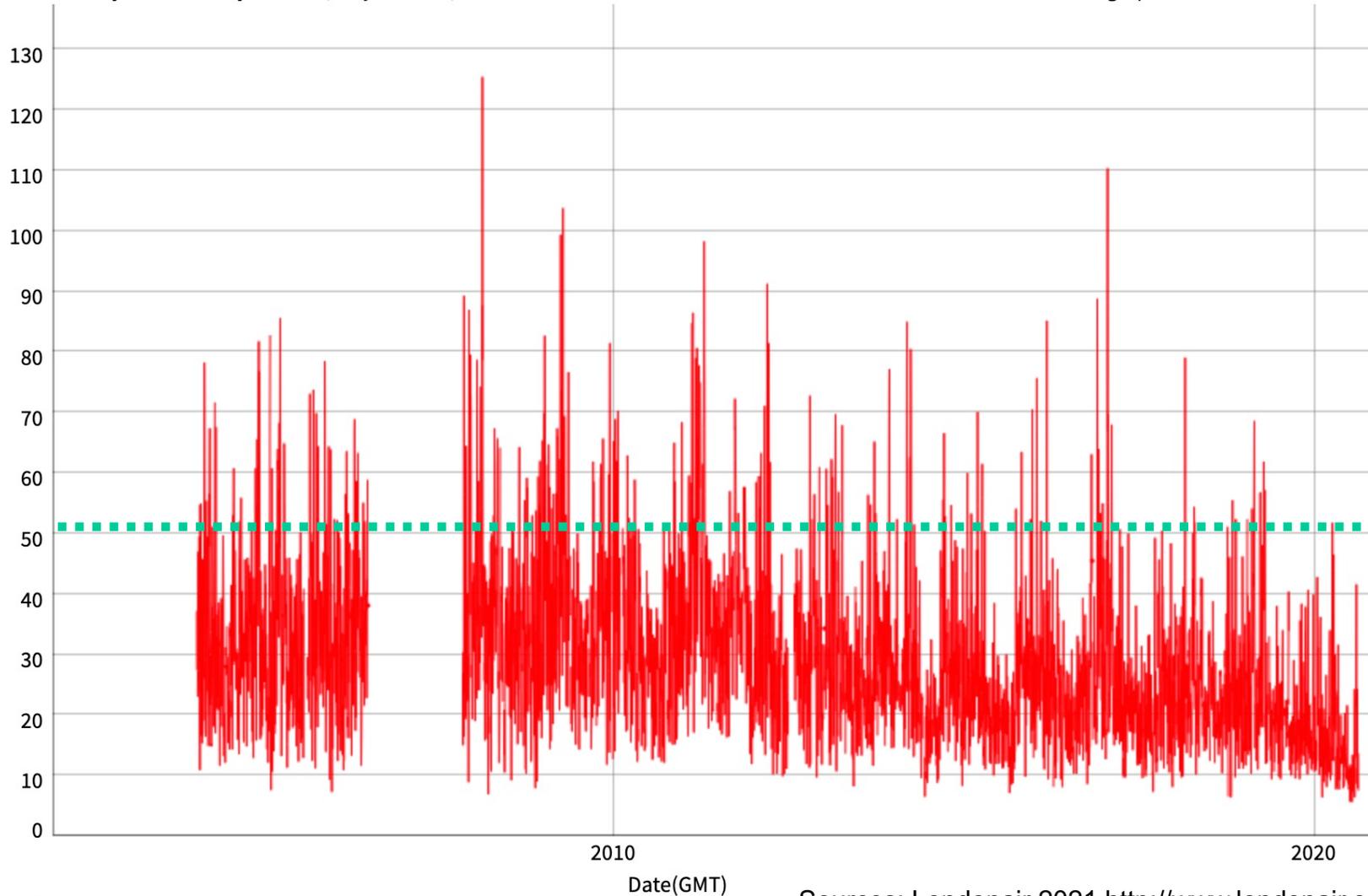
Nouvelles limites ne s'appliquent pas à la zone de péage urbain "Congestion Charge Zone":
Nouveau péage: £15/jour, 07:00-22:00, tous les jours

Pas de péage ULEZ pour PL Euro 6

Source: TfL 2022 Ultra Low Emission Zone
<https://tfl.gov.uk/modes/driving/ultra-low-emission-zone/>

View Period » 1-jan-2002 to 1-jan-2021 (Fully Ratified)

Resize graph:



Moyenne/jour Concentration PM₁₀ (µg/m³) dans l'air, en bord de rue Marylebone Road, Londres

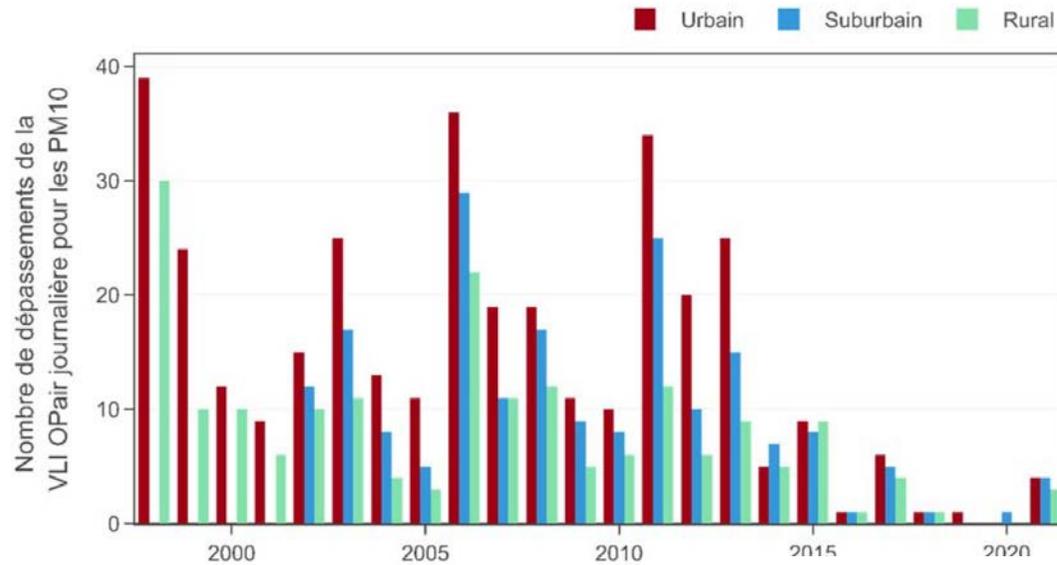
Moyenne de 50µg/jour
est la limite légale
au R.-U. pour pas plus
de 35 jours par an

µg = microgramme

Zoom: + (or select area with mouse) - (Or double click) Pan: left right

Sources: Londonair 2021 <http://www.londonair.org.uk>
DEFRA 2021 <https://www.gov.uk/government/statistics/air-quality-statistics/concentrations-of-particulate-matter-pm10-and-pm25>

Key: PM10 Particulates (reference equivalent)

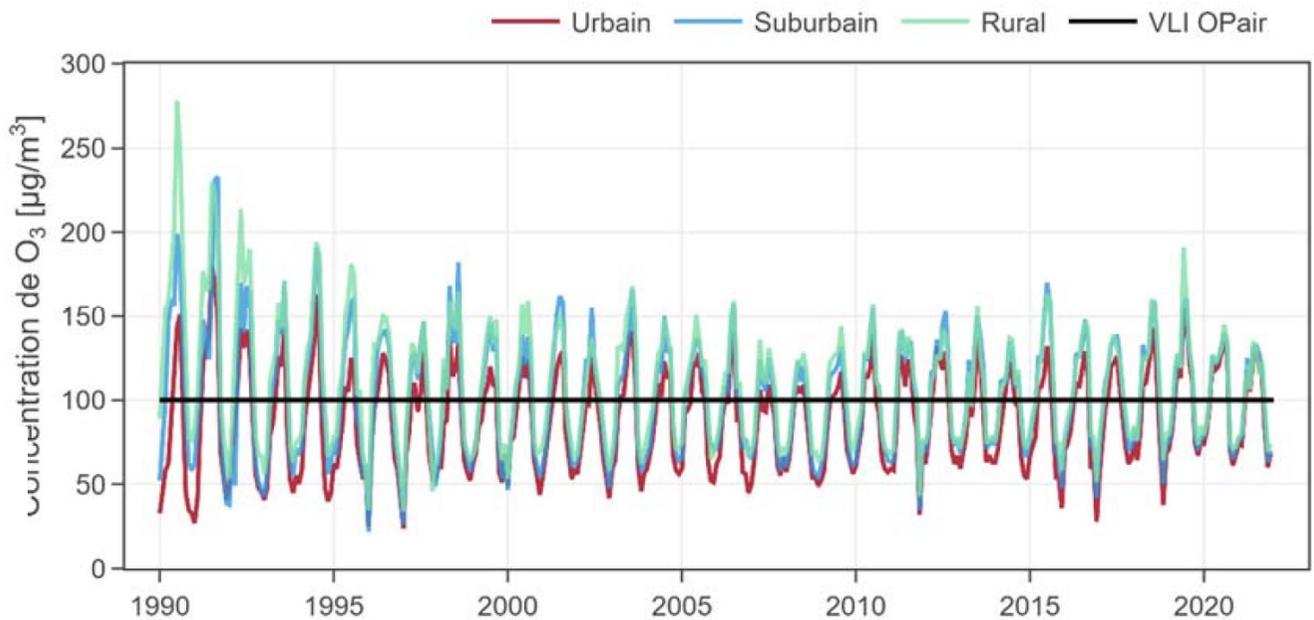


Valeur limite d'immission (VLI) annuelle de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair)

L'exemple de la zone de Genève

Source: OCEV 2022 Rapport sur la qualité de l'air à Genève.

<https://www.ge.ch/document/rapports-qualite-air-geneve-ropag>



Livraisons en heures creuses et nocturnes

- Promotion des livraisons de nuit aux Pays-Bas (programme PIEK), au Royaume-Uni, Dublin, Barcelone, Paris
- Matériel silencieux (véhicules, matériel de manutention...) développé, fonctionnant $<60\text{dB}$

Source: <http://www.piek-international.com/>



Provision d'espaces urbains dédiés au dernier kilomètre

- Une «spécialité» des villes françaises
- Les villes (Paris, Toulouse...) offrent des espaces dans des lieux stratégiques (comme les parkings municipaux souterrains) à des prestataires de services logistiques qui respectent un cahier des charges (critères environnementaux)

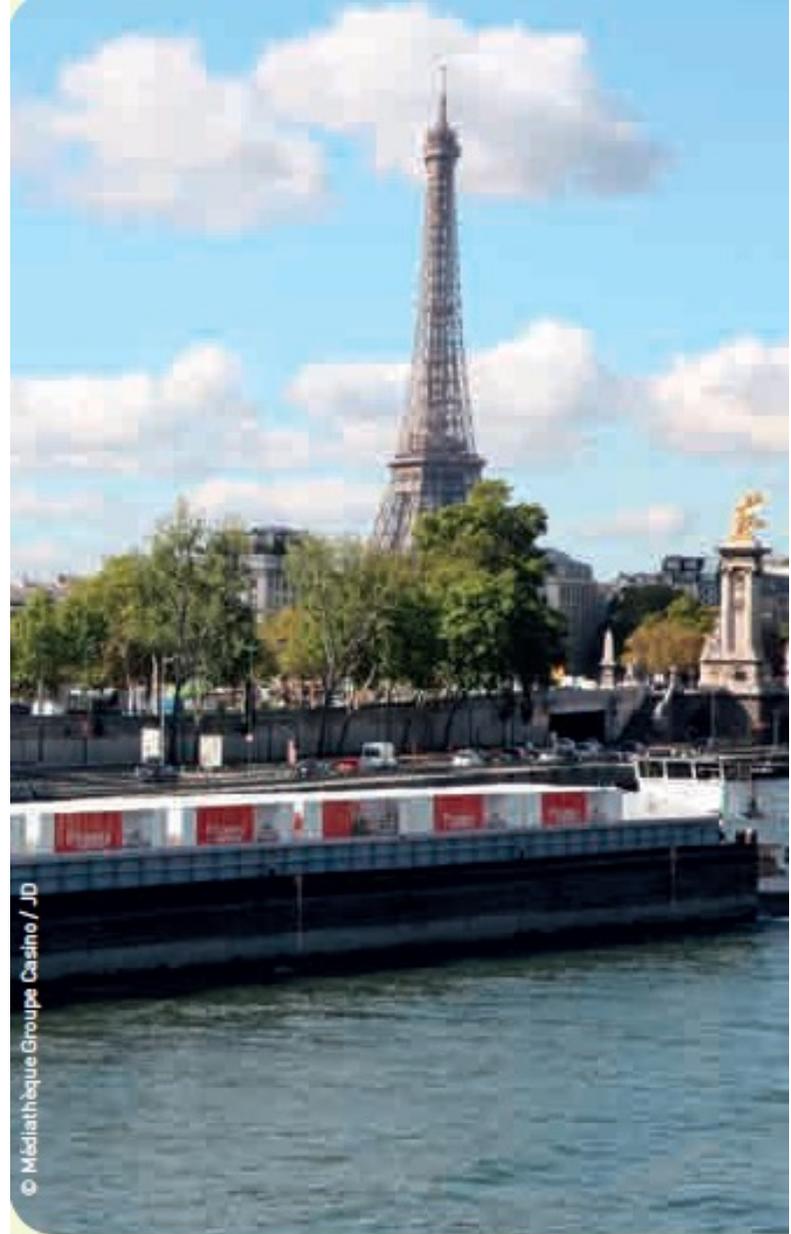


Livraison des supermarchés Franprix par barge et camion dans l'ouest parisien

- 80 magasins sont approvisionnés par XPO Logistics dans une chaîne intermodale route-barge-route avec 3 étapes:
 - Dans l'entrepôt de Chennevières, les palettes sont chargées dans des conteneurs et transportées jusqu'au port de Bonneuil-sur-Marne (8 km) par la route.
 - À Bonneuil, les conteneurs sont transbordés dans un bateau fluvial et transportés sur la voie navigable jusqu'au port fluvial parisien de «La Bourdonnais», près de la Tour Eiffel (environ 20 km)
 - Puis déchargé dans un camion pour livraison dans les magasins de l'ouest de Paris.
- Réduction des impacts des opérations:
 - moins de congestion routière en direction de Paris,
 - Consommation d'énergie, émissions de GES, bruit et accidents.



© Philippe LEVIT



© Médiathèque Groupe Casino / JD

Consultation, partenariats, chartes entre collectivités territoriales et opérateurs de transport de fret

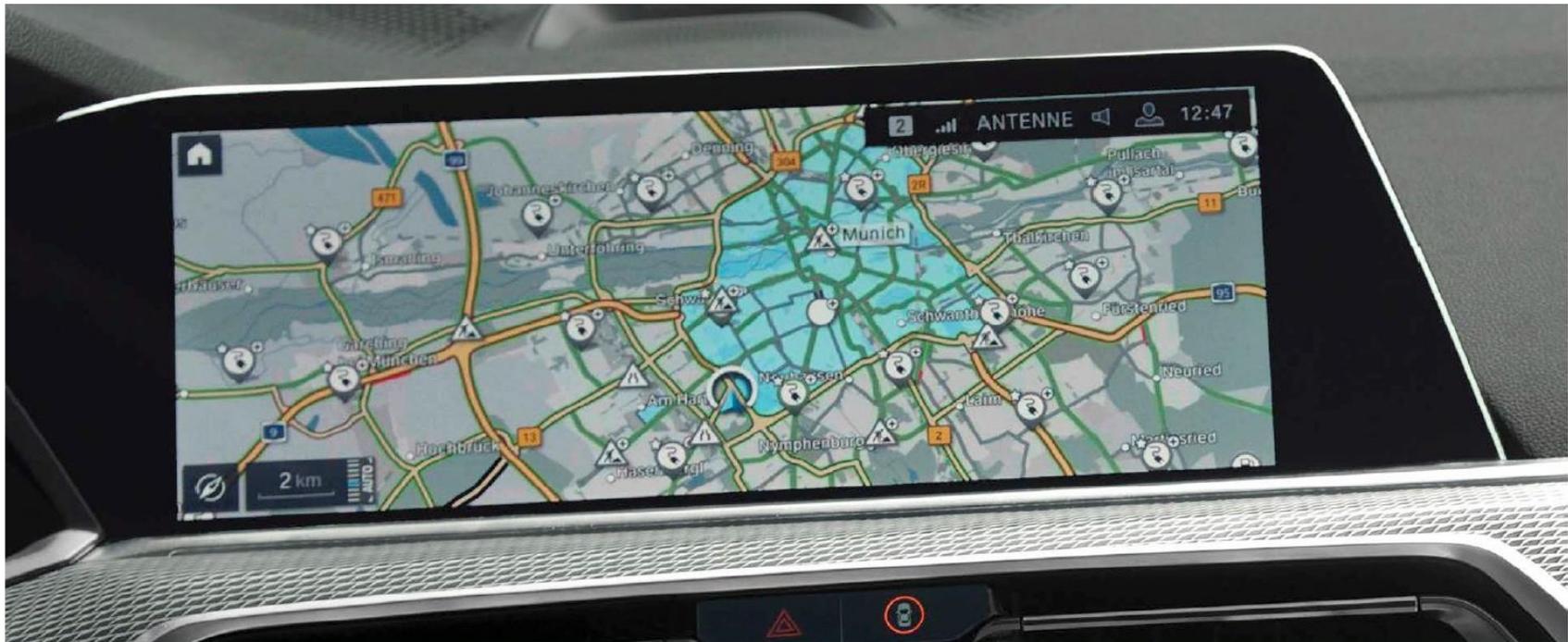
- «Tradition» de Londres pour les consultations (mesures volontaires) avec les organisations de transport (Logistics UK)
- Programme « FORS » de reconnaissance des opérateurs de fret de Londres
- Projet démarré dans le cadre du London Freight Plan (2007+)
- Formation des opérateurs à « l'éco-conduite », à éviter les contraventions, à la sécurité et réduction des accidents
- 30% des entreprises recalées aux premiers tests de légalité lors de l'admission
- Offrir un accès au marché aux entreprises certifiées bronze, argent et or participant au programme
- Membres FORS: > 5000 entreprises accréditées en 2022 au R.-U.

Source: FORS online 2023, <https://www.fors-online.org.uk/cms/>



« Geofencing » comme futur outil de gestion logistique?

Intervention automatisée sur les systèmes informatiques des véhicules pour limiter la vitesse ou passer en mode 100% électrique lors de l'entrée dans une zone « géo-clôturée »



BMW eDrive Zone marked blue in navigation map. Coloring can be deactivated by customer via iDrive.

Sources: NPRA 2020



**Solution
automatisée
24h/24 7j/7
My Post 24:
expédition et
retrait à
l'automate**

Remarques pour conclure

- **Innovations:** nombreuses solutions, légère dominance des projets de consolidation et de véhicules propres
- **Transférabilité:** Très peu de transferts à grande échelle, principalement limités à une autre entreprise, augmentation des solutions au sein d'une entreprise ou transfert dans une autre ville
- **Impacts et avantages:** Bénéfices très élevés mais difficulté à quantifier des estimations d'impacts robustes
- **Disponibilité des données:** la plus grande difficulté concerne les données sur la situation «avant», afin d'obtenir des informations de rentabilité à partir des essais et des tests.
- Rare évaluation du transfert ou de l'évolution à grande échelle de l'innovation:
Prototype → essai en conditions réelles → échelle industrielle

Remerciements aux collègues et entreprises:

- Gabriela Barrera (POLIS), Konstantina Laparidou (PANTEIA), Marcel Huschebeck (PTV), Pedro Gómez (ITENE), Katja Hanžič (Uni Maribor), Andrius Jarzemskis (VGTU), Ronald Jorna (Mobycon), Julius Menge (SenStadt Berlin), Paolo Pandolfo (Cityporto Padova), Christophe Rizet (IFSTTAR), Juergen Schrampf (Econsult), Carlo Vaghi (Gruppo Clas), Sam Clarke (Gnewt Cargo), Andy Wilson (TNT), Jardar Andersen (TOI), Laetitia Dablanc (IFSTTAR)
- Un remerciement spécial à de nombreux experts de l'industrie et des autorités locales qui ont fourni des communications personnelles, des informations et des données pour la documentation.