



Vallée de la Seine

AMI « Transition Ecologique et Valorisation Economique »  
CPIER Vallée de la Seine



### 3. LES INNOVATIONS DANS LE TRANSPORT DE MARCHANDISES ET LA LOGISTIQUE

Octobre 2019



## Sommaire

Introduction.....	4
1. Innovations dans le transport routier .....	5
1.1. Véhicule autonome .....	6
1.2. Platooning.....	7
1.3. Moteurs thermiques « propres » .....	8
1.4. Motorisation électrique .....	9
1.5. Camion hybride thermique – électrique (dont hydrogène).....	11
1.6. Motorisation au gaz GNV .....	12
1.7. Biocarburants .....	14
1.8. E-Way et autoroutes électriques.....	15
1.9. Méga Truck.....	16
1.10. Cargo Sous-Terrain (CST) .....	18
1.11. Ecotaxe.....	19
2. Innovations dans le transport ferroviaire et intermodal.....	21
2.1. Digitalisation ferroviaire .....	22
2.2. Locomotive hydrogène ou gaz naturel .....	23
2.3. Trafics longue distance .....	24
2.4. Les OFP.....	25
2.5. Autoroutes ferroviaires.....	26
2.6. Trains longs .....	27
2.7. Train autonome .....	28
2.8. Hyperloop .....	28
2.9. TGV Fret .....	29
2.10. Nouveaux wagons fret.....	30
2.11. R-Shift-R et automatisation des chantiers rail-route.....	31
3. Innovations dans le transport aérien .....	32
3.1. Dirigeables .....	33
3.2. Téléphériques.....	34
3.3. Drones de livraison.....	36
3.4. Avion électrique .....	38
4. Innovations dans le transport fluvial.....	39
4.1. Conteneur PW45' .....	40
4.2. Automoteur GNL .....	41
4.3. R&D motorisation fluviale.....	42
4.4. Watertruck.....	43
4.5. Multirégio .....	43
4.6. LUDAP LUDEB.....	44
4.7. Barge « ZULU » .....	45
5. Innovations dans le transport maritime.....	47
5.1. Méga porte-conteneurs.....	48
5.2. Mega ports.....	48
5.3. Bateau au GNL.....	49
5.4. Conteneur connecté .....	50
5.5. Conteneur pliable .....	51
5.6. Navire autonome.....	52
5.7. Voile de traction .....	53
6. Innovations dans les organisations logistiques.....	55
6.1. Regroupement de plates-formes .....	56
6.2. Mutualisation bourse de fret .....	57
6.3. Internet Physique .....	57

6.4.	La blockchain dans la logistique .....	59
6.5.	Imprimantes 3D.....	60
6.6.	Circuits courts.....	61
6.7.	Reverse Logistics .....	62
7.	Innovations dans l'entrepotage.....	64
7.1.	Les drones d'inventaire.....	65
7.2.	Les drones de surveillance d'entrepôts .....	66
7.3.	Les exosquelettes .....	66
7.4.	La robotisation des entrepôts .....	67
7.5.	Entrepôts XXL et grande hauteur .....	69
7.6.	Entrepôt volant .....	71
7.7.	Le « verdissement des entrepôts » .....	72
8.	Innovations en logistique urbaine et du dernier kilomètre.....	74
8.1.	Centre de distribution urbaine (CDU).....	75
8.2.	Espaces logistiques urbains (ELU).....	75
8.3.	Hôtel logistique .....	77
8.4.	Base intelligente de logistique (BIL) .....	78
8.5.	Réappropriation des cœurs de ville par la logistique .....	79
8.6.	Tram Fret.....	80
8.7.	Méto Fret.....	82
8.8.	Logistique urbaine fluviale.....	83
8.9.	Livraison en véhicules « propres » .....	84
8.10.	Péage urbain .....	85
8.11.	Drone roulant.....	86
	Synthèse 89	
	Conclusion .....	95

## Introduction

Le concept de « RER multimodal fret » est directement inspiré du système éponyme qui a été créé pour le transport de personnes en Région Ile de France. Il ne s'agit pas à proprement parler d'un système fondé sur des technologies nouvelles, mais plutôt d'un processus organisationnel destiné à optimiser un réseau composé de segments qui ont été intégrés dans une offre de lignes de transport ferroviaire unique grâce à des sites d'interconnexion et d'échanges que sont les gares de correspondance, qui permettent elles-mêmes une connexion avec les autres réseaux urbains (métro, tramway, autobus,...) ou avec les autres modes ou réseaux (TGV, aéroports, automobile...).

Les innovations technologiques ne sont pas absentes du modèle et ont au contraire permis d'améliorer son efficacité et en premier lieu les technologies de l'information et de la communication, qui permettant la régulation, la fluidification et l'augmentation du trafic, l'interconnexion des lignes, l'interfaçage des systèmes, l'amélioration du système d'information, de tarification et d'accessibilité pour les usagers. Elles ne sont pas, en revanche, le support essentiel du système.

Pour les marchandises, la situation est sans doute différente, car la mise en œuvre d'un modèle de type RER implique une démarche disruptive qui remet en cause le mode de fonctionnement actuel du transport de marchandises tel qu'il est opéré dans la vallée de la Seine et ailleurs. Les marchandises ne voyagent pas de façon autonome comme les personnes et obéissent à des logiques individuelles d'entreprises et de supply chains privées, mues par des intérêts économiques spécifiques et des contraintes techniques différentes selon les filières (ex les granulats vs les produits de consommation). C'est fondamentalement différent des voyageurs, qui se déplacent selon des logiques sociologiques et économiques très partagées et plus stables, plus mesurables, plus prévisibles et plus canalisables. La massification des trafics de voyageurs allée à « l'autonomie captive » de décisions individuelles, est largement facilitée par les choix, les politiques et les investissements publics qui permettent ainsi la maîtrise d'une très large partie des flux de déplacements de personnes dans les territoires urbains en particulier.

La mise en œuvre d'un modèle intégré de transport multimodal, associé à des plates-formes logistiques implique sans doute un recours à des innovations ou des technologies innovantes pouvant être appliquées à un système reposant sur des technologies ou des modalités opérationnelles classiques.

C'est pourquoi nous présentons dans ce document un tableau de bord des principales innovations récentes ou en projet dans la sphère du transport et de la logistique, qu'elles soient technologiques, organisationnelles ou systémiques. Dans le cadre de notre projet, il ne s'agit pas de prendre et d'appliquer les innovations in extenso, mais d'identifier celles ou une partie de celles dont la mise en œuvre pourrait incrémenter significativement le modèle. Il s'agit en fait de repérer les « briques innovatrices » que le RER multimodal fret pourrait intégrer afin de rendre le système plus efficace.

Dans cet objectif, nous avons recensé et présenté de façon synthétique les principales innovations dans les domaines suivants :

- innovations dans le transport routier
- Innovations dans le transport ferroviaire et intermodal
- Innovations dans le transport aérien
- Innovations dans le transport fluvial
- Innovations dans le transport maritime
- Innovations dans les organisations logistiques
- Innovations dans l'entrepôt
- Innovations en logistique urbaine et du dernier kilomètre

Parmi ces innovations, beaucoup ne seront pas applicables à notre modèle, mais certaines pourront être prises en compte, voire intégrées plus ou moins complètement. Cela pose concomitamment la question, dans une démarche itérative, du rapprochement des porteurs du présent projet avec ceux des innovations qui auront été identifiées.

## 1. Innovations dans le transport routier

## 1.1. Véhicule autonome

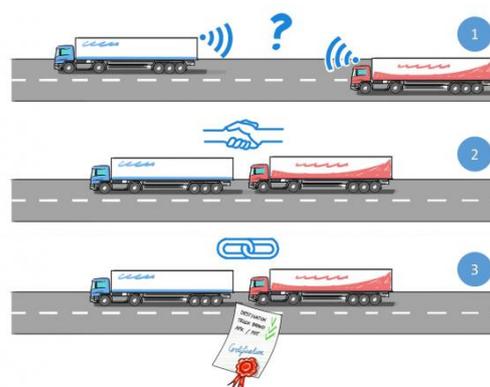
- Camion automatisé dans lesquels les chauffeurs laissent leur volant. Il s'agit en fait de camions semi autonomes puisqu'un conducteur reste à bord en restant attentif.
- Il y a en réalité 5 niveaux de véhicules autonomes en fonction de leurs degrés d'autonomie, le dernier étant celui du camion totalement autonome sans conducteur à bord (niveau 5). Le système de platooning est le premier niveau. Le niveau 5 ne sera pas opérationnel avant 25-30 ans selon les experts. Les niveaux intermédiaires 3 et 4 arriveront plus vite car la technologie est déjà présente.
- Daimler, Tesla, Volvo sont les principaux constructeurs en lice. Le premier à avoir expérimenté est Daimler en 2014 sur une autoroute en Allemagne. Fin 2016, Tesla a communiqué sur la livraison de canettes de bières dans le Nevada par un camion autonome sans conducteur.
- En novembre 2017, Tesla présente un camion électrique et autonome (le Tesla Semi) de 800 km d'autonomie. Le Tesla Semi est annoncé à un prix d'achat de 180 000 dollars, soit 150 000 euros.
- En février 2018, la start up américaine Starsky Robotics a fait un essai avec un camion 100% autonome (sans aucune personne à bord) sur 10 km sur une route quasi déserte en Floride. Les véhicules sont contrôlés à distance par des chauffeurs dans un centre de contrôle disposant d'un volant joystick et de plusieurs écrans simulant ce que verrait un conducteur à bord (vision de face, rétroviseur...).
- D'après une étude en 2016 du FIT (Forum International des Transports), un camion 100% autonome permettrait une économie de 30% grâce surtout à une réduction des emplois de chauffeurs. Il permettrait de traverser l'Europe non plus en 3 jours mais en 1,5 jour. Néanmoins, entre 4 et 4,4 millions de chauffeurs routiers seraient susceptibles de disparaître entre 2020 et 2030 aux USA et en Europe, soit 50-70% des effectifs de la profession.
- D'autres avantages avancés par les constructeurs : plus de sécurité (90% des accidents de la route sont dus à des erreurs humaines), économies de carburant car conduite optimisée, absence des arrêts réglementaires de temps de conduite,...
- Le marché serait les livraisons BtoB et la grande distribution. Ce serait un renversement complet de paradigme et un changement complet des équations économiques sur les rapports intermodaux.
- Le principal obstacle est réglementaire ; il est interdit de lâcher le volant sur les routes, sauf à titre expérimental. Le risque de piratage du véhicule à distance (cybersécurité) est aussi possible. En outre, un véhicule autonome pose la question de la responsabilité : qui est responsable ? le constructeur ? le transporteur ? la personne en charge de la surveillance ?
- Peu d'industriels français sont impliqués dans l'innovation des véhicules autonomes, hormis dans le segment particulier du platooning et dans celui des véhicules de livraison du dernier kilomètre circulant sur trottoir (La Poste...).



Sources : [http://www.lignesdevi.fr/innovation/innovation-camion\\_demain.html](http://www.lignesdevi.fr/innovation/innovation-camion_demain.html), [https://www.lesechos.fr/10/08/2017/lesechos.fr/010175226008\\_la-course-au-camion-autonome-s-accelere-avec-tesla.htm](https://www.lesechos.fr/10/08/2017/lesechos.fr/010175226008_la-course-au-camion-autonome-s-accelere-avec-tesla.htm), [https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/nouveau-monde/nouveau-monde-le-camion-autonomesera-bientot-une-realite\\_2366435.html](https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/nouveau-monde/nouveau-monde-le-camion-autonomesera-bientot-une-realite_2366435.html), <http://www.clubic.com/mag/diaporama/photo-tesla-semi-le-camion-autonome-de-tesla-en-photos-87078/>, <https://www.generation-nt.com/tesla-semi-poids-lourd-electrique-prix-estimation-actualite-1948398.html>, <https://atelier.bnpparibas/smart-city/article/a-peur-camion-autonome>, [http://www.lepoint.fr/automobile/actualites/camions-autonomes-la-bonne-strategie-sauf-pour-les-conducteurs-31-05-2017-2131757\\_683.php](http://www.lepoint.fr/automobile/actualites/camions-autonomes-la-bonne-strategie-sauf-pour-les-conducteurs-31-05-2017-2131757_683.php), <http://www.actu-transport-logistique.fr/routier/starsky-robotics-veut-operer-des-camions-teleguides-autonomes-498802.php>, <https://www.youtube.com/watch?v=ytdCuVXINMM>,

## 1.2. Platooning

- « Platooning » en anglais, ou convoi routier, ou « conduite en peloton », signifie plusieurs véhicules connectés en convoi suivant de manière automatisée le premier, seul à conduire de manière indépendante.
- Avantages présentés par les promoteurs : sécurité améliorée (réduction des erreurs humaines), réduction des coûts du carburant (jusqu'à -20%) car l'ensemble ne forme qu'un seul convoi aérodynamique, réduction des embouteillages car meilleure occupation de la voirie.
- Projet européen de développement SARTRE (Safe Road Trains for the Environment) au cours duquel Volvo a fait circuler un convoi de 4 véhicules à 90 km/h se suivant à un intervalle de 6 mètres. Seul le conducteur du 1<sup>er</sup> camion conduisait réellement, les véhicules suiveurs étaient passifs. Des essais ont été faits aux Pays-Bas et en Belgique.
- Mais quelles conséquences sur la profession de chauffeur routier, sur leurs nombre et sur leurs temps de travail ; un conducteur dans son camion autonome en circulation est-il au repos ou au travail ?
- Obstacles réglementaires : pas encore d'autorisation de circulation en peloton de camions dans les pays d'Europe. Le platooning est pour l'instant encore illégal.
- Obstacle opérationnel : transport de bout en bout vers un site adapté car comment les camions suiveurs peuvent-ils se garer sur un parking d'autoroute ?



Sources : <https://atelier.bnpparibas/smart-city/article/a-peur-camion-autonome>, [http://www.lepoint.fr/automobile/actualites/camions-autonomes-la-bonne-strategie-sauf-pour-les-conducteurs-31-05-2017-2131757\\_683.php](http://www.lepoint.fr/automobile/actualites/camions-autonomes-la-bonne-strategie-sauf-pour-les-conducteurs-31-05-2017-2131757_683.php), <https://www.tipeurope.fr/allez-suivre-tendance-2017-platooning/>, <http://www.hh.se/download/18.4cc60a491424e61ad9371db/1389096782342/WWVC2013Sartrepresentation.pdf>,

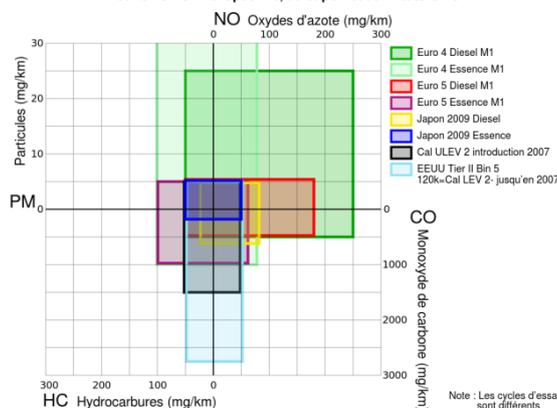
### 1.3. Moteurs thermiques « propres »

- Depuis 1988, l'Union européenne fixe des limites maximales d'émissions de certains gaz polluants. Il s'agit de la norme Euro. La première norme (Euro 0) est appliquée en 1990. La dernière en date pour les PL est la norme Euro 6 applicable depuis sept 2014. La norme Euro 7 est annoncée pour 2020.
- Ces normes imposent des valeurs maximales d'émissions de 4 polluants : oxydes d'azote (NOx), monoxyde de carbone (CO), hydrocarbures (HC) et particules fines. Elle ne concerne pas en revanche le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>, ou « gaz à effet de serre » GES).
- La part des PL au minimum Euro 4 (mise en application en 2006) est de 60% en France en 2015.
- Pour réduire les GES, le programme « Objectif CO<sub>2</sub> » a été mis en place en 2016 (suite à la COP 21 de fin 2015). Il complète au plan national les normes Euro. L'objectif du Ministère est la réduction des émissions de GES de 29% entre 2015 et 2028. Sa mise en application est réalisée par les DREAL et par l'ADEME.
- Objectif CO<sub>2</sub> à l'avantage d'être plus étendu que la norme Euro (concerne aussi les VUL et transport de personnes de moins de 10 places).
- Mais Objectif CO<sub>2</sub> est basé sur le volontariat ; aides aux professionnels par signature d'une charte ou d'un label CO<sub>2</sub>. Il est n'est donc pas contraignant mais incitatif. 4 étapes : 1. Evaluation de mise en œuvre de la démarche, 2. Diagnostic CO<sub>2</sub>, 3. Signature d'une charte d'engagement de réduction, 4. Mise en œuvre du plan d'action sur 3 ans.
- Mesures du plan d'action : formation à l'éco conduite, boîte de vitesse robotisées, utilisation de véhicules hybrides, vitesse maximale limitée à 80 km/h, outil d'optimisation des trajets et des taux de remplissage, recours au transport combiné...
- Objectif CO<sub>2</sub> (6,3 M€ de budget) est financé pour plus de la moitié par Total.
- Les scandales sur les moteurs truqués en 2017 chez beaucoup de constructeurs posent la question de la fiabilité des mesures de pollution.
- A noter : la consommation de carburants représente 1/3 du cout de transport. C'est donc un poste important qui détermine la rentabilité ou non du transport.

Normes	Textes de référence (directives)	Date de mise en application (tous types)	NOx (g/kWh)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	Particules (g/kWh)
Euro 0	88/77	01-10-1990	14,4	11,2	2,4	-
Euro I	91/542 (A)	01-10-1993	9	4,9	1,23	0,36
Euro II	91/542 (B)	01-10-1996	7	4	1,1	0,15
Euro III	1999/96	01-10-2001	5	2,1	0,66	0,13
Euro IV	1999/96	01-10-2006	3,5	1,5	0,46	0,02
Euro V	1999/96	01-10-2009	2	1,5	0,46	0,02
Euro VI	Règlement (CE) n° 595/2009	31-12-2013	0,4	1,5	0,13	0,01



Comparaison des valeurs limites d'émissions des voitures dans l'Union Européenne, au Japon et aux Etats-Unis



Sources : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Norme\\_europ%C3%A9enne\\_d%27%C3%A9mission](https://fr.wikipedia.org/wiki/Norme_europ%C3%A9enne_d%27%C3%A9mission), <https://www.total.fr/pro/carte-gr/total-truck/total-truck-zoom-sur/normes-euro-poids-lourds.html>, <http://www.auto-innovations.com/site/glossaire/gnorme-eu.html>, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/normes-euros-demissions-polluants-vehicules-lourds-vehicules-propres>, <http://www.objectifco2.fr/index/documents>, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/programme-objectif-co2>, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/charte%20CO2%20fiche%20SITL%202016%20en%20fran%C3%A7ais.pdf>, <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/objectifco2-charte-et-label-8527-frv1.pdf>,

## 1.4. Motorisation électrique

- Idée ancienne ; les premiers camions électriques ont été développés par les constructeurs PL dès le début du XX<sup>ème</sup> siècle : en 1904, la Poste parisienne utilisait 15 fourgons électriques Mildé pour transférer le courrier entre ses différents centres de tri. Les camions faisaient 70 km tous les jours. En échangeant leurs batteries à mi service. Dans les années 1920 des constructeurs (Sovel...) ont développé des camions électriques pour le ramassage des ordures ménagères. La construction a augmenté dans les années -40 à la faveur de la pénurie de pétrole.
- Le camion électrique n'émet aucun gaz à effet de serre, mais la production d'électricité peut entraîner une émission de CO2 (et de déchets dans le cas d'énergie nucléaire).
- Les batteries pèsent 400 kg sur un véhicule de 4,5 t.
- L'autonomie est améliorée par des systèmes de récupération d'énergie au freinage.
- Inconvénient de coût : un camion électrique coûte environ deux fois plus cher qu'un camion version thermique. Le coût de la production des batteries est encore élevé par rapport au coût actuel du diesel.
- Autres contraintes au développement des véhicules électriques : le besoin d'importantes quantités de métaux rares (lithium et cobalt) pour les batteries. Or, les gisements de métaux rares sont en quantité limitée (et qui plus est source de pollutions dans les pays producteurs, Chine, Congo...). Le recyclage est également très coûteux. De plus, la recharge des batteries est très consommatrice d'énergie (dilemme à concilier avec la transition énergétique et l'abandon du nucléaire). Enfin, le transport d'électricité en grande quantité vers les bornes de recharge va imposer d'importants travaux sur les réseaux.
- Principaux marchés : services postaux, messagerie, express, commerce de proximité ou services aéroportuaires (ADP a fait l'acquisition pour approvisionner les avions en plateaux-repas).
- La motorisation électrique est adaptée à la logistique urbaine avec de nombreux véhicules en circulation, de différents gabarits. Les vélos cargos à assistance électrique, triporteurs, cargo cycles... offrent des charges utiles jusqu'à 350 kg pour un volume de 2,5 m<sup>3</sup>.
- Tous les constructeurs français ont développé leurs gammes : le véhicule utilitaire le plus immatriculé serait le Kangoo ZE de Renault avec près de 60% du marché (dont une grande partie achetée par La Poste).
- La Poste posséderait la plus grande flotte de véhicules électriques au monde : environ 7 000 camionnettes (10 000 en 2020,) 18 500 vélos électriques, 2 500 Quadeo (quads urbains). En 2017, La Poste renouvelle son parc de Kangoo ZE après 5 ans d'utilisation.
- Des livraisons urbaines avec des véhicules plus importants de 16 t de charge sont également opérationnelles : STEF pour livrer les supermarchés Carrefour Market à Lyon (tournée de 90 km /j), livraison de boutiques Guerlain à Paris par Speed Distribution Logistique, ...
- Le silence est également un argument écologique, mais il pose un problème sécuritaire pour les piétons (pas d'identification sonore). Les constructeurs et équipementiers (Faurecia...) travaillent à identifier les véhicules. 2019, la législation européenne obligera les véhicules électriques et hybrides à signaler leur présence de façon sonore en dessous de 20 km/h.
- L'autonomie d'un camion électrique, principal frein à son développement avec le prix d'acquisition, est d'environ 100 km. Certains constructeurs (Tesla, Daimler...) annoncent des PL de 350-400 voire 600 km d'autonomie, ce qui reste tout de même trop peu pour une flotte de transporteurs internationaux ou nationaux.
- Aux USA, DHL a été l'un des premiers à se positionner sur le camion électrique Tesla. L'expressiste a commandé 10 camions en février 2018 pour pouvoir les tester en 2019. Le défaut reste les capacités de recharge, « DHL se demande en effet comment passer d'une organisation avec des pompes de carburant aux dépôts à une infrastructure avec des « mégachargeurs », capables de redonner une autonomie de 600 km en 30 minutes » dans le cadre d'un maillage à travers les Etats-Unis.



Sources : <https://www.europe-camions.com/actu-pl/a43744/camions-bus-electriques-hybrides-avenir-applications-urbaines>,  
<http://www.cluster-paca-logistique.com/logistique-urbaine/technologies-et-vehicules/vehicules-electriques-et-livraisons-urbaines/>,  
<https://www.usinenouvelle.com/article/la-poste-a-la-tete-de-la-plus-grande-flotte-electrique-au-monde.N329135>,  
<http://www.20minutes.fr/societe/2108391-20170723-enfant-4-ans-tue-vehicule-electrique-poste>, <http://www.avem.fr/tag-renault-trucks-1.html>,  
<http://www.actuautofrance.fr/camion-electrique-grandes-avancees-avenir-trouble-20475/>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/routier/dhl-des-camions-tesla-ijuges-rentables-mais-quid-des-recharges-456629.php>

## 1.5. Camion hybride thermique – électrique (dont hydrogène)

- Camion a double système de motorisation thermique et électrique / ou gaz. A noter que l'énergie électrique peut être fournie soit par un accumulateur soit par une pile à combustible alimentée à l'hydrogène.
- A noter concernant la production et l'utilisation de l'hydrogène :
  - L'hydrogène est le plus petit des atomes et l'élément le plus abondant de l'univers (le soleil), sur terre il est toujours lié à d'autres atomes comme l'eau ou les hydrocarbures (gaz naturel ou pétrole),
  - Pour l'obtenir de l'hydrogène on utilise des procédés chimiques qui le séparent des autres atomes. On obtient alors du H<sub>2</sub> (dihydrogène, que l'on appelle de manière plus commode l'hydrogène)
  - On produit de l'hydrogène avec une matière première (hydrocarbures ou eau) + une source d'électricité + un électrolyseur (qui sépare les atomes d'hydrogène avec les autres atomes).
  - 2 problèmes : la grande majorité de l'hydrogène est aujourd'hui produit avec des hydrocarbures (ou énergie fossile) et que la source d'électricité est généralement issue d'énergie fossile ou nucléaire. L'enjeu d'avenir est donc de produire l'hydrogène à partir de l'eau (H<sub>2</sub>O) et d'utiliser comme source d'électricité des énergies vertes, le solaire ou l'éolien. On parle d'hydrogène décarboné.
  - Cet hydrogène produit est ensuite utilisé dans une pile à combustible (présent dans un véhicule, VL ou PL) qui le transforme en énergie électrique. Il ne sort du pot d'échappement que de l'eau.
  - L'utilisation de l'hydrogène pour le transport de marchandise reste très rare ; elle est réservée aux réseaux de bus urbains en France ou à quelques pays (Toyota au Japon et en Californie, Scania en Norvège).
- En exploitation, un véhicule hybride consomme en moyenne 20% de gazole en moins.
- La propulsion hybride est particulièrement adaptée pour les parcours urbains qui se caractérisent par une répétition de freinages et démarrages. C'est pourquoi les camions hybrides sont essentiellement des porteurs de 12 à 26 t pour la collecte d'ordures ménagères et la desserte de magasins de la grande distribution.
- L'argument du silence en circulation urbaine est aussi un avantage, mais il pose un problème de sécurité pour les piétons.
- Principaux marchés des véhicules hybrides : les ordures ménagères qui circulent tôt le matin, la grande distribution avec des véhicules frigo, certains groupes du BTP (Colas livrant les chantiers en granulats).
- Chez les constructeurs, Volvo et Renault apparaissent comme les plus actifs : Renault en 19 t pour ID Logistics livrant Carrefour du Sud Ouest, Renault pour Jacky Perrenot livrant Casino à Lyon...
- A noter que Volvo a annoncé en juillet 2017 que toutes ses voitures produites à partir de 2019 seront équipées d'un moteur électrique (véhicules hybrides thermiques et électriques).





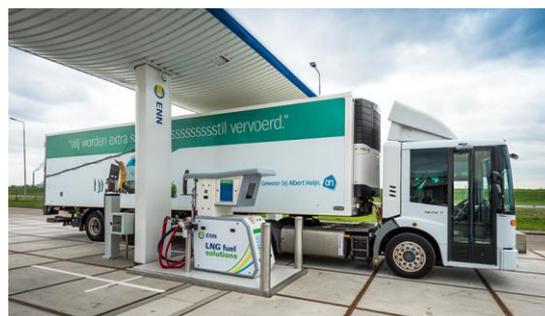
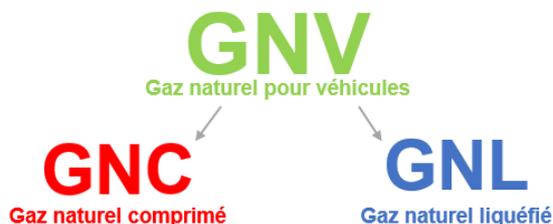
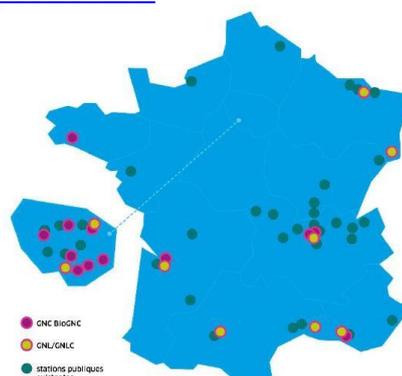
Sources : <http://www.lignesdevi.fr/innovation/innovation-camion-hybride.html>, <https://www.europe-camions.com/actu-pl/a43744/camions-bus-electriques-hybrides-avenir-applications-urbaines>, <http://www.avem.fr/actualite-id-logistics-inaugure-le-premier-camion-hybride-en-region-paca-2943.html>, <http://www.avem.fr/actualite-un-camion-hybride-pour-le-groupe-casino-2894.html>, <http://www.avem.fr/actualite-camion-hybride-renault-trucks-dresse-un-premier-bilan-positif-de-son-experimentation-avec-colas-2053.html>, <http://www.automobile-propre.com/volvo-ne-fabriquera-plus-voitures-thermiques-2019/>, <https://www.lespritsorcier.org/dossier-semaine/hydrogene/>

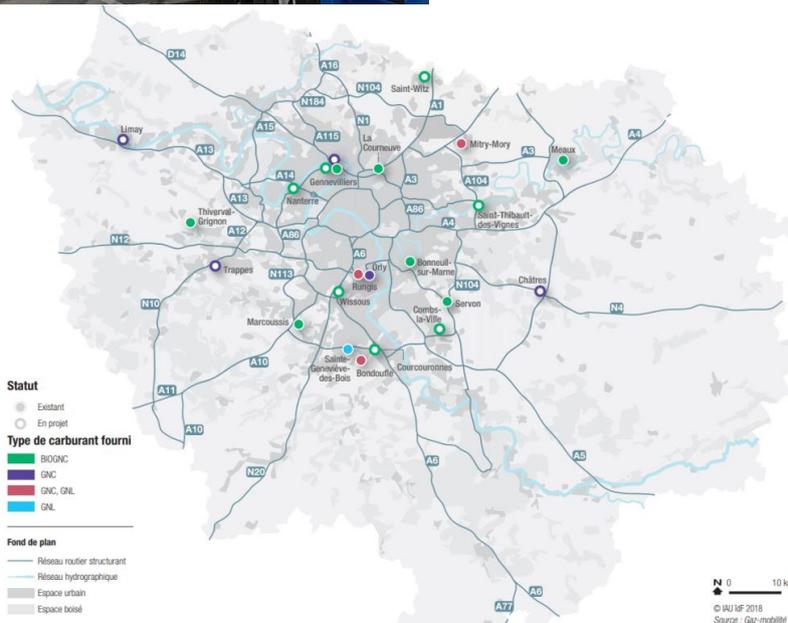
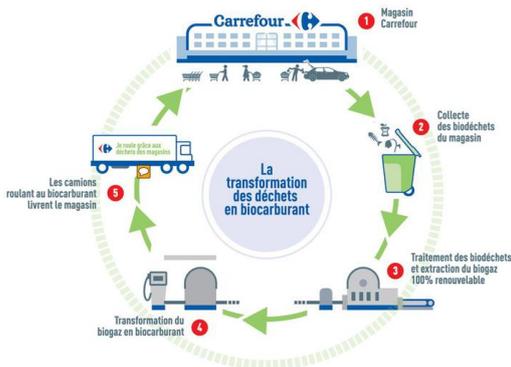
## 1.6. Motorisation au gaz GNV

- Motorisation de substitution à la technologie diesel à base d'hydrocarbures, réputée plus performante et plus propre.
- Le GNV (Gaz Naturel Véhicule) se décline en 3 sous types : GNC (Gaz Naturel Comprimé, capté sur le réseau du gaz de ville), GNL (Gaz Naturel Liquéfié) et le biogaz (biométhane, ou BioGNV).
- Le GNC (Gaz Naturel Comprimé) est du gaz naturel sous forme comprimée. Il s'agit du même gaz utilisé pour les applications domestiques. C'est le Gaz le plus communément utilisé. Son autonomie est inférieure au GNL.
- Le GNL (Gaz Naturel Liquéfié) désigne du méthane transformé à l'état liquide dans une usine de liquéfaction. Son historique en France est beaucoup plus récent. Son utilisation plus contraignante : précaution lors du ravitaillement (protection du visage et des mains).
- Le biométhane est produit à partir de déchets organiques issus de l'IAA, d'ordures ménagères ou de boues de stations d'épuration, dans des usines de méthanisation.
- Les avancées technologiques récentes ont permis d'améliorer la puissance des PL et l'autonomie (400-600 km pour les GNC, 600-1 000 km pour les GNL et plus pour ceux ayant un double réservoir). Le GNC est adapté au régional, le GNL à la longue distance.
- Surcoût de 40% au prix d'achat par rapport à un PL diesel (le réservoir cryogénique d'un véhicule GNL est très onéreux), compensé en partie par le prix du gaz moins élevé. Le gaz est réputé plus moins coûteux que l'électrique ou l'hybride dont l'offre est limitée.
- Avantage écologique, même par rapport au camion euro 6 : diminution NOX de 70%, des particules fines de 96%.
- Le camion au gaz est aussi trois fois plus silencieux qu'un diesel.
- Inconvénient principal : une infrastructure de recharge (stations d'avitaillement) encore très insuffisante sur le territoire, même si le réseau se développe.
- En France, Iveco et Scania sont les principaux constructeurs de véhicules.
- Le principal investisseur national de bornes de recharge est GNVert (filiale d'ENGIE) : 140 stations en France (presque toutes au GNC), dont 40 stations publiques. En 2014, seules 2 stations GNL, à Castet et St Quentin Fallavier, opérées par des exploitants locaux pour Intermarché et Casino.
- En Seine-et-Marne, GNVert ouvre en 2017 une station GNC (gaz de ville) à Combs-la-Ville. Au port de Gennevilliers, Total annonce en mars 2018 la construction de la plus grande station GNV à ce jour, disposant de 4 pompes ouvertes 7/7j, 24/24h.
- Peu de transporteurs peuvent aujourd'hui ouvrir leur propre station GNV compte tenu du coût : 1 M€ pour une petite station, 2 M€ pour une station à charge rapide de 4 pistes comme à Gennevilliers.

- Marché : le secteur des camions au gaz se développe avec le durcissement des mesures de livraison en centre-ville. Parmi les groupes ayant acquis des véhicules au gaz : Jacky Perrenot, Auchan, Intermarché, Carrefour (choix du biométhane), St Gobain (pour livrer les chantiers parisiens)...
- Les camions qui roulent au gaz ont représenté 2-3% des ventes françaises neuves en 2017 (1 300 véhicules sur 40 000 camions vendus chaque année).
- Carrefour communique fin 2017 sur l'acquisition d'une flotte de 200 camions biométhane pour livrer 250 magasins urbains de grandes villes.
- Début 2018, le gouvernement annonce la liste des 8 lauréats de l'appel à projets « Solutions intégrées de mobilité GNV », lancé par l'État et l'ADEME en juillet 2016. À la clé : la création de 100 nouvelles stations et la mise en service de 2 100 véhicules équivalent poids lourds. 3 des projets retenus concernent toute la France (Engie GNVERT, Total Pitpoint et Innov Air Liquide), et les 5 autres sont des programmes régionaux (en Bretagne, Vendée, Occitanie...).
- 20 millions de véhicules (bus, camion et voitures) roulent au GNV dans le monde, soit 2% du parc mondial. La croissance est de 20% par an depuis 10 ans. L'Europe compte 1,2 millions de véhicules. L'Italie est de très loin le premier pays équipé avec 0,9 million de véhicules en circulation. En janvier 2017, la France comptait 16 500 véhicules dont 10 600 VUL, 3 500 PL et 2 400 bus et autocars.

Sources : <http://www.sudouest.fr/2011/11/21/du-gaz-liquefie-pour-bouger-un-40-tonnes-558979-706.php>, [https://www.lesechos.fr/15/03/2017/LesEchos/22404-150-ECH\\_le-transport-routier-fait-sa-revolution-au-gaz.htm](https://www.lesechos.fr/15/03/2017/LesEchos/22404-150-ECH_le-transport-routier-fait-sa-revolution-au-gaz.htm), <http://www.gaz-mobilite.fr/actus/gnvert-engie-deploiement-stations-gnv-france-fin-2017-1532.html>, <https://www.engie.com/journalistes/communiqués-de-presse/installation-stations-gaz-naturel-vehicules-gnv/>, <https://www.connaissancedesenergies.org/gpl-gnl-gnv-quelles-differences-130722>, [https://gnv-mobilite.total.com/fr\\_FR/web/gnv-fr/gnv-biog-nv-gnc-gnl](https://gnv-mobilite.total.com/fr_FR/web/gnv-fr/gnv-biog-nv-gnc-gnl), <http://www.gaz-mobilite.fr/dossiers/camions-gnv-gnl-presentation/#-quelle-est-l-rsquo-autonomie-d-rsquo-un-camion-gnv-nbsp>, <http://www.carrefour.fr/articles/200-camions-biomethane-d-ici-2017>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/routier/appel-a-projets-100-nouvelles-stations-gnv-mailleront-l-hexagone-dici-2022-454283.php>, <https://www.usinenouvelle.com/article/total-va-exploiter-la-plus-grande-station-francaise-de-gaz-naturel-pour-vehicule.N665679>, <https://www.grtgaz.com/fileadmin/medias/communiqués/2017/FR/CP-AFGNV-SITL-14032017.pdf>, <https://www.iau-idf.fr/nos-travaux/publications/le-gaz-un-carburant-d-avenir-pour-le-transport-de-marchandises.html>





## 1.7. Biocarburants

- Biocarburant ou agroc carburant désignent un carburant (liquide ou gazeux) produit à partir de matériaux organiques non fossiles provenant de la biomasse et qui vient en complément ou en substitution du combustible fossile.
- Fin 2017, les biocarburants sont en test en complément du kérosène par certaines compagnies aériennes (Qantas, Singapore Airlines...). Air France a testé en 2015 le farnésane, biocarburant issu de la fermentation du sucre de canne. Le biocarburant permettrait de réduire de 80% les émissions de gaz à effet de serre par rapport au kérosène d'origine fossile. Il n'est toutefois incorporé qu'à hauteur de 10% dans le carburant aviation, en complément du carburant traditionnel.
- Il existe 2 types de biocarburants dits « de première génération » : le bioéthanol, produit à partir de canne à sucre, de céréales et de betterave, utilisé dans les moteurs essence, et le biodiesel, produit à partir de soja, colza ou huile de palme et utilisé dans les moteurs diesels.
- Des biocarburants de deuxième génération sont mis en point à partir de déchets de bois, feuilles, déchets verts. On parle de biocarburants cellulosiques. Ils ne sont pas encore développés au stade industriel.
- Une troisième génération est à l'étude à partir d'algues.
- Pour certains organismes, les biocarburants sont énergivores car l'énergie utilisée depuis sa récolte jusqu'à sa fabrication est tout sauf neutre et source de surexploitation et de déforestation.



Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Biocarburant>, <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/biocarburant>,  
<https://fret21.eu/initiative/carrefour-developpement-du-biocarburant/>, <http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-biocarburant-1998/>,  
<http://www.air-journal.fr/tag/biocarburant>, <http://www.enr.fr/les-biocarburants>,

## 1.8. E-Way et autoroutes électriques

- Projet d'infrastructure, autoroutes électriques utilisées par des camions bi alimentation, diesel sur les sections non équipée (sections d'approche ou de sorties des autoroutes) et électrique (batteries) sur autoroute.
- 2 modes d'alimentation de l'infrastructure possible, par la chaussée (par induction, des câbles souterrains enterrés à 20 cm sous la chaussée et génèrent un champ magnétique qui interagit avec des bobines qui rechargent les batteries du camion) ou par caténaires.
- En France (Normandie), portage du projet « E-Way » par la SANEF entre Le Havre et Mantes-la-Jolie, section sous concession SANEF. Financement des études de faisabilité par l'ADEME. Les porteurs du projet travaillent à horizon 2033.
- Le système d'induction sous la voirie a été développé en Corée du Sud.
- Les constructeurs comme Volvo et Scania (en Suède) travaillent actuellement sur les camions hybrides (équipés de moteurs diesel et électriques). Les camions sont équipés de pantographes.
- Avantages : « zéro émission » carbone, pas de lourde batterie puisqu'une seule petite batterie suffit.
- Inconvénients : surcoût important d'investissement sur les routes pour l'implantation des caténaires et du système d'induction dans la chaussée, pollution visuelle.
- La Suède a inauguré en 2016 son « autoroute électrique » à caténaire en test pour 2 ans.
- En Allemagne un test d'autoroute électrique a été lancé en mai 2019 sur un tronçon de 10 km (5 km dans chaque sens) sur l'A5 près de Francfort. Cette voie, baptisée eHighway, sera testée jusqu'à la fin 2022 par 5 entreprises de transport en collaboration avec les constructeurs Siemens, Scania et Volkswagen. Ce programme est financé par le ministère de l'environnement allemand (projet « Elisa »). L'autoroute a coûté 15 millions d'euros.
- Une autoroute électrique est en test depuis 2017 en Californie près de Los Angeles.
- L'alimentation par induction est aussi développée pour les VL. C'est une solution développée par Renault pour prolonger l'autonomie des voitures électriques



Sources : <https://www.ouest-france.fr/normandie/l-a13-premiere-autoroute-electrique-de-france-4888071>,  
[http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/91/9/OIE\\_E-Way\\_W\\_PIZZAFERRI\\_24.02.2015\\_396919.pdf](http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/91/9/OIE_E-Way_W_PIZZAFERRI_24.02.2015_396919.pdf),  
<https://www.usinenouvelle.com/article/la-suede-inaugure-la-premiere-route-pour-faire-rouler-les-camions-a-l-electricite.N400382>,  
[https://www.lesechos.fr/20/05/2017/lesechos.fr/030344188838\\_quand-la-route-rechargera-les-vehicules-electriques.htm](https://www.lesechos.fr/20/05/2017/lesechos.fr/030344188838_quand-la-route-rechargera-les-vehicules-electriques.htm),  
<https://www.ouest-france.fr/leditiondusoir/data/15540/reader/reader.html#!preferred/1/package/15540/pub/22521/page/4>,  
<https://www.actu-transport-logistique.fr/routier/lallemagne-inaugure-son-premier-troncon-dautoroute-electrifiee-519318.php>

## 1.9. Méga Truck

- Ensemble routier faisant jusqu'à 25,25 mètres de long (soit 30% plus long qu'un camion articulé standard de 18,5 m) et dont la charge utile peut aller jusqu'à 60 t (contre 44 t) sur 8 essieux. On parle aussi de camion 25-25 (relatif à sa longueur), Mégalinier ou EMS (European Modular System).
- Un camion de ce type offre un volume utile max de 150 m<sup>3</sup> (100 m<sup>3</sup> dans un camion articulé standard) et transporter jusqu'à 50 palettes (contre 33 dans un camion standard).
- En test en 2009 en France mais a rencontré de nombreuses opposition : dangerosité, « esprit contraire au Grenelle de l'environnement » et implique des travaux d'adaptation des routes (échangeurs), aires de stationnement, plates-formes logistique (aires de manœuvre) et stations services. En outre, ces camions ne sont pas autorisés à passer les frontières. Le risque d'accidentologie supérieure n'est en revanche pas prouvé par les tests. Il existe de fortes oppositions d'associations environnementales et de sécurité routière contre les méga trucks.
- En Espagne en décembre 2017, ID Logistics a mis en service 2 « magacamions » réservés à son client Nestlé. Tractant deux remorques, ces camions offrent une charge maximale de 60 t ou 104 palettes, soit 54% de plus qu'un véhicule standard. Ils circuleront entre Guadalajara, au Nord de Madrid, et Gérone, au Nord de Barcelone, sur 650 km qu'ils effectueront environ 500 fois par an. Ce chiffre représente une réduction de 280 trajets à l'année, soit une baisse anticipée d'environ 14%, des émissions de CO<sub>2</sub>.
- Soutenu par la DGITM car permettant de réduire le nombre de PL sur les routes et dégraderait moins qu'un camion de 40 t car la charge est répartie sur plus d'essieux. L'économie de carburant serait de 15-20%.
- Ce type de camion circule dans certains pays d'Europe comme la Suède ou la Finlande. D'autres pays l'envisagent (2 expérimentations menées aux Pays-Bas en 2000 et en 2004, et en Wallonie). La France

l'a expérimenté en Auvergne en 2010, sans suite. L'Allemagne l'a expérimenté en 2012 (sur certaines portions d'autoroutes) et les autorise depuis 2017.

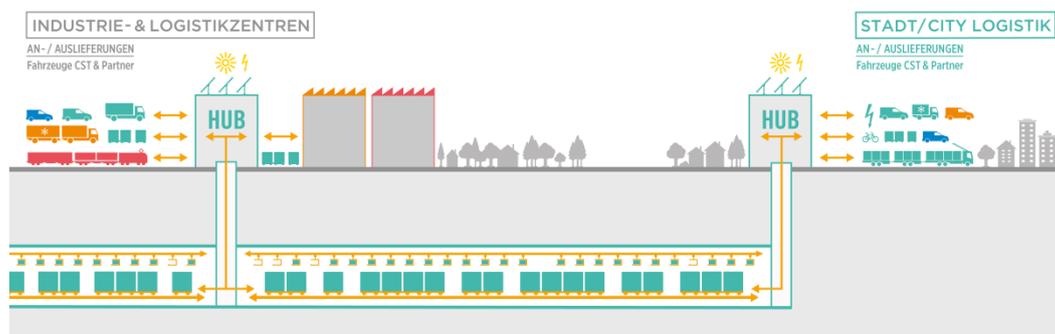
- Néanmoins, certains gros industriels sont très intéressés par cette innovation. Ainsi Michelin car les pneumatiques sont des produits volumineux et à faible poids (utilisation des EMS dans les deux sens, et car cette solution permet de pallier les tensions du métier de chauffeur routier).
- A noter : en France la réglementation limite le tonnage des véhicules à 44 t depuis 2014 (pour un camion tirant une semi-remorque articulé à 5 essieux (Poids Total Autorisé en Charge, PTAC)). Cette limite a été augmentée sous la pression des syndicats de transporteurs (optimisation de charges) et avec des arguments de réduction du nombre de véhicules en circulation (limitation de l'engorgement routier). Elle était initialement de 38 t, puis 40 t en 1989.
- Aujourd'hui, des logisticiens internationaux feraient pression au niveau européen pour déréguler encore davantage cette limitation.



Sources : <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9ga-camion>, [https://www.lexpress.fr/actualite/societe/environnement/qui-a-peur-des-mega-camions\\_772680.html](https://www.lexpress.fr/actualite/societe/environnement/qui-a-peur-des-mega-camions_772680.html), <http://www.lignesdevi.fr/innovation/innovation-ems.html>, <https://www.nomegatrucks.eu/mega-poids-lourds-en-5-minutes/>, <http://www.nomegatrucks.eu/fra/faits/ou-des-mega-poids-lourds-circulent-ils/>, <http://www.leparisien.fr/societe/ces-mega-camions-bientot-sur-nos-routes-06-07-2009-571140.php>, <https://www.rts.ch/play/radio/vues-deurope/audio/vues-deurope-les-mega-trucks-vont-bientot-faire-partie-du-paysage-allemand-malgre-les-oppositions?id=8383534&station=a9e7621504c6959e35c3ecbe7f6bed0446cdf8da>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/routier/espagne-id-logistics-deploie-deux-mega-camions-pour-nestle-498837.php>

## 1.10. Cargo Sous-Terrain (CST)

- Ce n'est pas à proprement parler une innovation dans la sphère du transport routier, mais comme elle ne se classe dans aucune catégorie retenue, elle est traitée ici.
- Initiative d'entreprises privées suisses et investissement d'assureurs et de grands distributeurs suisses (Coop, Migros...).
- Transport automatisé de marchandises dans des tunnels souterrains dédiés entre les grandes villes Suisses.
- Programme devant permettre à toutes les grandes villes suisses d'être desservies en 2045.
- Infrastructure dédiée, tunnels creusés à 50m sous terre reliant d'un côté site de production et logistique, et de l'autre les agglomérations. Un premier tronçon de 70 km de tunnel pour desservir Zurich en 2030 est prévu.
- Objectif de délestage des réseaux routiers et ferroviaires dans un pays contraint en outre par sa topographie.
- Système automatisé de transport 7/7j, 24/24h. Tunnels de 6m de large, déplacement des véhicules à vitesse constante 30 km/h. Des véhicules à roues, électriques, se déplaçant par un système d'induction au sol. Au plafond, un convoyeur permettant de transporter petits paquets à 60 km/h.
- Il existe également un projet en Allemagne, le Cargo Cap, pour relier Dortmund à Duisbourg sur 60 km.
- Utilisation en logistique urbaine ou sur courte ou moyenne distance.
- Ce projet se rapproche, à une échelle plus grande, des réseaux de pneumatique.



Sources : <http://www.cargosoustrrain.ch/fr/principe.html>, <https://www.usinenouvelle.com/article/un-metro-automatique-pour-le-fret-N121751>, [http://www.agora-erasmus.be/Le-transport-souterrain-de-marchandises-une-idee-qui-fait-son-chemin\\_06370](http://www.agora-erasmus.be/Le-transport-souterrain-de-marchandises-une-idee-qui-fait-son-chemin_06370),

## 1.11. Ecotaxe

- Principales dates de l'histoire de l'écotaxe en France. En 2007, le « Grenelle de l'environnement » acte le principe d'une écotaxe à horizon 2010. 2009, vote du Parlement à la quasi-unanimité (l'écotaxe est censée rapporter 800 M€ à l'Etat. 2010, premier report du projet pour raison techniques. 2014, suspension suite aux manifestations des « bonnets rouges » en Bretagne (l'écotaxe est censée rapporter de 1,2 à 1,7 milliards d'€). 2017, abandon définitif.
- Le coût de cet abandon a été estimé à 1 milliard d'€ (indemnité à verser pour l'exploitant Ecomouv' pour 950 millions et démantèlement des portiques et des bornes).
- En 2017, le principe d'une écotaxe est réaffirmé dans certaines Régions (Ile-de-France, Nouvelle-Aquitaine, Grand Est) et suite aux assises de la mobilité. Les organisations de routiers FNTR et TLF réaffirment leurs oppositions.
- En Europe, l'Eurovignette poids-lourds est en vigueur depuis 1999 aujourd'hui dans 4 pays (Suède, Pays-Bas, Luxembourg et Danemark). Le tarif est fonction du kilométrage, du type de véhicule et de la norme Euro notamment.
- En Allemagne, la « LKW-Maut » (taxation allemande sur les PL de + 12t) est en vigueur depuis 2005 en remplacement de l'Eurovignette. Elle rapporte près de 4,4 milliard d'€ par an. Conséquence : report de trafic sur les autoroutes alsaciennes. En 2015 la LKW-Maut est étendu au PL de +7,5 t et s'applique à 1 000 km de routes supplémentaires.
- La Belgique a abandonné l'Eurovignette en 2016 pour un système de redevance applicable à davantage de routes et pour les PL de +3,5 t. L'argent récolté est prévu pour l'infrastructure routière. Système avec des portiques de contrôle reliés à des mouchards embarqués dans le PL taxant proportionnellement à la distance parcourue, à la catégorie du véhicule et au type de route.
- La Suisse et le Liechtenstein appliquent depuis 2001 la RPLP (redevance poids lourds liée aux prestations) taxe sur les PL de +3,5 t circulant sur tout le réseau routier public (et non sur certaines routes seulement). Principe du « pollueur payeur ». Taxation en fonction de la norme Euro. Elle rapporterait 1,2 milliard d'€ à l'Etat fédéral. Le 1/3 de cette manne est reversée aux cantons pour l'entretien des routes, les 2/3 consacrés aux infrastructures ferroviaires.
- D'autres pays appliquent des écotaxes : Autriche depuis 2004 péages « GO-Maut » pour les 3,5 t sur les autoroutes, République Tchèque pour les +12 t sur les autoroutes.
- En Espagne, une province du Pays Basque souhaite lancer en janvier 2018 une écotaxe sur une RN jusqu'alors gratuite pour les PL de +3,5 t. Les portiques sont déjà installés. Des oppositions de la part des syndicats routiers espagnols et coté français.

### Quels pays utilisent l'Eurovignette ?

Pays imposant l'Eurovignette aux poids lourds et prix annuel constaté

L'Eurovignette concerne les poids lourds à partir de 12 tonnes utilisant les autoroutes et voies rapides à péages.

<b>Eurovignette</b>	Danemark	
	Luxembourg	
	Pays-Bas	
	Suède	
<b>Abandon de l'Eurovignette</b>	Allemagne	2003
	Belgique	2016

**Tarif annuel de 750 à 1 550 €**  
en fonction de la classe d'émissions et du nombre d'essieux



Sources : eurovignettes.eu, recherches Statista

LesEchos statista





Sources : [https://www.lesechos.fr/05/07/2017/lesechos.fr/030429824491\\_infrastructures--vers-une-ecotaxe-au-format-regional-.htm](https://www.lesechos.fr/05/07/2017/lesechos.fr/030429824491_infrastructures--vers-une-ecotaxe-au-format-regional-.htm),  
[https://www.lesechos.fr/14/05/2014/lesechos.fr/0203497042020\\_les-principales-dates-de-l-histoire-de-l-ecotaxe.htm](https://www.lesechos.fr/14/05/2014/lesechos.fr/0203497042020_les-principales-dates-de-l-histoire-de-l-ecotaxe.htm),  
<http://www.sudouest.fr/2017/02/08/ecotaxe-le-long-feuilleton-d-un-enorme-fiasco-politique-3179643-4755.php>,  
<http://www.sudinfo.be/1308289/article/2015-06-11/voici-les-autoroutes-et-routes-ou-la-redevance-kilometrique-sera-appliquee-en-20>,  
[http://www.amisroutiers.com/lkv/lkw\\_maut.htm](http://www.amisroutiers.com/lkv/lkw_maut.htm), <http://bfmbusiness.bfmtv.com/france/l-abandon-de-l-ecotaxe-un-cout-d-un-milliard-d-euros-pour-l-etat-1098649.html>,  
<https://www.eurotoll.eu/fr/notre-offre/pays-bas-luxembourg-danemark-suede/>,  
[https://www.challenges.fr/automobile/actu-auto/taxation-des-poids-lourds-comment-ca-se-passe-chez-nos-voisins-europeens\\_12366](https://www.challenges.fr/automobile/actu-auto/taxation-des-poids-lourds-comment-ca-se-passe-chez-nos-voisins-europeens_12366),  
<http://www.transportmedia.be/la-lkw-maut-setend-aux-7-5-tonnes/?lang=fr>,  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Redevance\\_poids\\_lourds\\_li%C3%A9\\_aux\\_prestations](https://fr.wikipedia.org/wiki/Redevance_poids_lourds_li%C3%A9_aux_prestations), <http://www.actu-transport-logistique.fr/routier/ecotaxe-espagnole-les-transporteurs-annoncent-des-manifestations-debut-janvier-426435.php>,

## **2. Innovations dans le transport ferroviaire et intermodal**

## 2.1. Digitalisation ferroviaire

- Innovations digitales touchant le matériel et l'infrastructure : capteurs pour chaque wagon (permet de surveiller les trains fret « intelligent »), capteurs pour les infrastructures (mesures sur l'état des aiguilles, comptage des trains, conditions météo...). On parle aussi de « train fret digital ».
- Début 2017, SNCF Logistics annonce un programme d'équipement des trains en boîtiers connectés baptisé « Digital Freight Train », en collaboration avec la start-up Traxens, basée à Marseille travaillant également pour les armateurs maritimes. Elle teste à Pont-à-Mousson en 2017 un « train connecté » de l'usine Saint-Gobain PAM : chaque wagon équipé au niveau des freins d'un boîtier connecté à une tablette détenue par le conducteur ; information sur l'état du wagon par exemple un frein défectueux.
- L'opérateur combiné T3M utilise également des capteurs conçus par la start-up lilloise Everysens. Le pétrolier Total dispose également de ses propres balises depuis 2013 (sur un parc de 6 000 wagons, 20% en sont équipés).
- Les Chemins de fer allemands (DB) ont décidé en 2017 de numériser tout leur parc de wagons de fret dans les trois ans qui viennent.
- En Suisse, programme identique : capteurs collectant des informations sur la position du train, l'état du chargement, la température des wagons, les vibrations... ces informations sont transmises automatiquement à l'opérateur ferroviaire.
- Rattrapage d'un retard par rapport au monde du fret routier et maritime.
- Avantages : mise en adéquation entre l'offre transport et les besoins clients, rentabilité et moindre pénibilité (avant le départ d'un train, la vérification des freins de chaque wagon est obligatoire et immobilise le train pendant ¾ d'heure. Avec ce système elle est automatique), réduction du risque de perte de wagons, anticipation de la maintenance wagons, optimisation de l'utilisation du matériel roulant.
- Dans le ferroviaire, cela fait seulement quelques années que la digitalisation a réellement pris de l'essor, contrairement au transport maritime ou routier.



Innovations digitales	Usages associés
Capteur pour matériel roulant 	Ils permettent de surveiller l'état du matériel roulant (utilisation des sièges, taux de remplissage...) mais aussi de tracker les conditions d'utilisation (ouverture des portes, vitesses, température des roulements), les conditions extérieures (météo) ainsi que de localiser le wagon.
Capteur pour les infrastructures 	Ils sont en mesure de transmettre des informations d'une grande précision sur l'usage et l'état du matériel (aiguilles, nombre de trains ayant passé un point) ainsi que sur les conditions extérieures (météo).
Surveillance embarquée et au sol 	Elle permet de sécuriser à la fois le train et la marchandise mais aussi les installations extérieures et les infrastructures.
Impression 3D pour les pièces de rechange 	Elle permet d'internaliser la fabrication des pièces de rechange, de réduire les coûts des pièces ainsi que les délais de maintenance.
Système informatique de réservation de wagon 	Différents logiciels ont été développés afin de permettre aux opérateurs d'optimiser la gestion des wagons disponibles avec un système prédictif.



Sources : <http://www.actu-transport-logistique.fr/ferroviaire/sncf-logistics-equipe-ses-trains-de-fret-de-boitiers-connectes-342939.php>,  
<http://www.actu-transport-logistique.fr/ferroviaire/7e-journee-ofp-une-rupture-encore-attendue-dans-le-fret-ferroviaire-423759.php>,  
<http://bfmbusiness.bfmbtv.com/entreprise/comment-la-sncf-veut-sauver-le-fret-ferroviaire-grace-au-numerique-1160333.html>,  
[http://www.sncf.com/ressources/sncf\\_logistics\\_et\\_trax3ns\\_creent\\_le\\_train\\_fret\\_digital.pdf](http://www.sncf.com/ressources/sncf_logistics_et_trax3ns_creent_le_train_fret_digital.pdf),  
<http://transport.sia-partners.com/20161017/fret-ferroviaire-iiot-au-service-de-linnovation-digitale>,  
<https://www.usinenouvelle.com/article/la-sncf-lance-le-train-de-fret-connecte.N547538>,  
<http://www.supplychainmagazine.fr/NL-Fret/2017/0085/>,  
<http://www.dbschenker-france.fr/bloglobal/actualite/infos-societe/en-route-vers-la-digitalisation-db-schenker-signe-accord-avec-uship/>,  
<http://www.actu-transport-logistique.fr/ferroviaire/fret-ferroviaire-la-suisse-passe-aux-wagons-connectes-174897.php>,  
[https://www.lesechos.fr/09/05/2017/LesEchos/22441-082-ECH\\_la-sncf-veut-aider-le-fret-ferroviaire-par-le-numerique.htm](https://www.lesechos.fr/09/05/2017/LesEchos/22441-082-ECH_la-sncf-veut-aider-le-fret-ferroviaire-par-le-numerique.htm),  
[https://www.lantenne.com/Le-rail-fait-sa-revolution-numerique\\_a42031.html](https://www.lantenne.com/Le-rail-fait-sa-revolution-numerique_a42031.html)

## 2.2. Locomotive hydrogène ou gaz naturel

- Innovations visant à remplacer la traction diesel par de nouvelles sources d'énergie non électrique, hydrogène ou GNC (Gaz Naturel Compressé). En France, 20% des circulations ferroviaires fonctionnent au diesel. Cette innovation est principalement développée pour le transport de voyageurs.
- L'objectif est de réduire l'empreinte environnementale des opérateurs ferroviaires.
- Il existe en fait 4 types de motorisation alternative au diesel : l'hydrogène / le gaz naturel (méthane) / les biocarburants (à la place du gazole ou en remplacement total au gazole) / le 100% batteries électriques.
- En octobre 2018, un rapport intitulé « le verdissement des matériels roulant du transport ferroviaire en France » a été publié par l'Assemblée Nationale.
- La SNCF s'est engagée à l'élimination des tractions diesel à horizon 2035, dans une logique de « verdissement du parc » en misant sur des trains hybrides bimodes diesel-électrique (batterie). Les trains à hydrogène ne sont pas la priorité de la SNCF. Bombardier mise davantage sur des trains 100% électrique (trains à batteries).
- Le GNC fait l'objet d'expérimentations dans plusieurs pays : en Lettonie depuis 2018, une nouvelle locomotive est testée, équipée d'un réservoir de GNC de 2 100 litres, soit l'équivalent de 500 litres diesel. La locomotive émet 30% de Nox en moins et 60% de particules en moins d'un engin diesel.
- En Lettonie la société Digas, en partenariat avec la compagnie ferroviaire nationale lettone (LDZ), transforme les locomotives diesel en locomotive bi-carburant diesel – gaz naturel.
- En France, une société nordiste, Arterail, commercialise la technologie Digas en France, au Bénélux et en Italie. Le coût de transformation d'une locomotive est de l'ordre de 250 à 300 000 euros.
- Les premiers engins à double carburant diesel/gaz naturel pourraient circuler à partir de 2020 sur les réseaux industriels et à partir de 2021 sur le RFN (contraintes d'homologation).
- Une centaine de locomotive au gaz naturel circulent dans le monde actuellement (2018), soit totalement soit associé à du gazole.
- Avantages : objectif de neutralité carbone, diminution des émissions de Nox et particules fines, l'électrification de voie ferrée est très coûteuse, bon nombre de locomotives gazole en circulation sont anciennes (logique d'opportunité).
- Difficultés : la question de l'avitaillement et du coût de la station-service est centrale (devant être mutualisée pour être rentable, l'électrolyseur devant être proche de la station-service), coûts des piles

à combustible et du kilogramme d'hydrogène devant être concurrentiels, retard du « déploiement industriel » de la filière hydrogène, réel vertu écologique des batteries utilisées et de l'hydrogène ?



Solutions de verdissement de la propulsion ferroviaire – principaux avantages / inconvénients					
Technologies à base de carburants liquides ou gazeux			Technologies avec propulsion électrique		
Technologie	Avantages	Inconvénients	Technologie	Avantages	Inconvénients
Biocarburants de première génération	Disponibilité de la technologie / Coût	Mobilisation de la biomasse (et donc bilan environnemental sujet à caution) / Pollution locale	100 % batteries	Technologie arrivant à maturité (tirée par le secteur automobile)	Autonomie encore limitée / Long temps de recharge des batteries
Biocarburants de seconde génération	Pollution locale faible / Pas de nécessité de modifier les systèmes de propulsion	Solution non éprouvée industriellement / Bilan énergétique et économique non convaincant	Hybrides	Solution disponible	Gains plus ou moins importants en émission de CO <sub>2</sub> , selon les profils d'usage, mais ne permettant pas d'atteindre le zéro émission
Gaz naturel	Disponibilité de la solution technique	Gains marginaux en pollution locale et en CO <sub>2</sub> / Dépend de la filière d'approvisionnement en biogaz non encore mature	H <sub>2</sub>	Emport massif intéressant par rapport aux batteries, et autonomie plus importante / Durée de charge réduite (compatible avec des usages fréquents)	Coût d'approvisionnement de l'hydrogène décarboné encore trop élevé, mais devant diminuer en mettant en place une filière française de l'hydrogène



Sources : <https://www.actu-transport-logistique.fr/ferroviaire/le-gaz-naturel-comprime-une-voie-possible-pour-les-operateurs-fret-521833.php>, <https://www.gaz-mobilite.fr/actus/france-interesse-projet-letton-locomotive-gnv-2284.html>, <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-32186-Rapport.pdf>, <https://www.usinenouvelle.com/article/aux-etats-unis-des-trains-qui-roulent-au-gaz-de-schiste.N192908>, <https://dgsc.ca/fr/applications/ferroviaire/>

### 2.3. Trafics longue distance

- Ensemble de lignes ferroviaires (corridor) mises en place entre la Chine et l'Europe dites « Nouvelles routes de la soie ». Initiative lancée en 2013 par le gouvernement chinois. Depuis son lancement, les trains ayant circulé se comptent en milliers.
- Lignes commerciales dans le cadre d'un projet « One belt one road » (OBOR) sur environ 12 000 kms, comprenant aussi des nouvelles routes de cabotage maritime.
- Avantages ; trajet 2 fois plus rapide que par la voie maritime (15 jours au lieu d'un mois) même s'il est plus cher que le bateau, trajet beaucoup moins cher que par la voie aérienne.
- Permet le développement en Chine de provinces éloignée des ports maritimes (comme Chongqing, à 2 000 km de la mer). En 2009, le groupe informatique américain Hewlett-Packard a installé sa base de production à Chongqing.
- Bénéfiques pour les pays traversés : des conteneurs sont laissés en route, en Biélorussie, Kazakhstan...
- Difficultés : équilibre des trafics, contraintes techniques de changement d'essieu au passage de certaines frontières, insécurité dans certains pays traversés, difficultés de dédouanement, différences de températures pour certains produits.
- Marchés : depuis la Chine des textiles, articles de sport, matériels électroniques, pièces auto... Depuis l'Europe des produits de luxe, vin, ...
- Depuis 2011, ligne « Yuxinou » entre Chongqing et Duisbourg (Allemagne), donc avant le lancement officiel par le gouvernement chinois, opéré par une coentreprise comprenant notamment la Deutsche

Bahn, China Railway et la Compagnie des chemins de fer russes. Marchandises : ordinateurs HP, produits Apple,...

- En 2014, trains de 40 conteneurs entre la Chine et Madrid. A noter, déchargement de 10 conteneurs en Biélorussie.
- En 2016, trains entre la Chine (Wuhan) et Vénissieux de produits chimiques, matériel électronique, pièces auto... Présence à Wuhan de sociétés comme Alstom, Citroën, Schneider Electric...
- En 2017, Décathlon a testé un train d'articles de sports entre Wuhan (Chine) et Dourges. Le train de 600 m de long et composé de 41 conteneurs à mis 20 jours. L'objectif est de mettre en place une relation mensuelle en 2018 et hebdomadaire en 2019.
- En 2017, train de 40 conteneurs de pièces auto pour GEFCO arrivé à Dourges pour la Française de mécanique à Douvrin.



Sources : <https://www.lemondeentrain.fr/records.html>, <http://www.lavoixdunord.fr/269738/article/2017-11-21/decathlon-teste-le-train-entre-la-chine-et-dourges>, [https://www.rtb.be/info/economie/detail\\_deutsche-bahn-hausse-du-fret-jusqu-en-chine-sur-la-plus-longue-ligne-de-train-au-monde?id=9491386](https://www.rtb.be/info/economie/detail_deutsche-bahn-hausse-du-fret-jusqu-en-chine-sur-la-plus-longue-ligne-de-train-au-monde?id=9491386), [http://bap-europe.typepad.com/baprevue\\_de\\_presse\\_espagn/2014/11/la-plus-longue-ligne-de-train-du-monde-relie-la-chine-%C3%A0-madrid.html](http://bap-europe.typepad.com/baprevue_de_presse_espagn/2014/11/la-plus-longue-ligne-de-train-du-monde-relie-la-chine-%C3%A0-madrid.html), [http://french.xinhuanet.com/2017-05/31/c\\_136329012.htm](http://french.xinhuanet.com/2017-05/31/c_136329012.htm), <http://www.lavoixdunord.fr/274447/article/2017-11-27/delta-3-gefco-affrete-son-tour-un-train-depuis-la-chine>, [http://www.eurocargorail.com/rail-fr-fr/actualites\\_medias/l\\_actu/9075088/world\\_cup.html](http://www.eurocargorail.com/rail-fr-fr/actualites_medias/l_actu/9075088/world_cup.html), <http://www.slate.fr/story/94967/chine-nouvelle-route-soie>, [http://abonnes.lemonde.fr/idees/article/2017/11/23/avec-les-nouvelles-routes-de-la-soie-la-chine-se-projette-a-l-exterieur\\_5219109\\_3232.html](http://abonnes.lemonde.fr/idees/article/2017/11/23/avec-les-nouvelles-routes-de-la-soie-la-chine-se-projette-a-l-exterieur_5219109_3232.html), <http://geopolis.francetvinfo.fr/liaison-europe-asie-la-nouvelle-route-de-la-soie-est-sur-les-rails-118151>,

## 2.4. Les OFP

- Opérateurs Ferroviaires de Proximité, petite ou moyenne entreprise assurant un trafic de fret local, notamment dans les ports.
- Le premier OFP portuaire est celui du Port de La Rochelle en 2009. Il existe une douzaine d'OFP en 2017, sur des périmètres locaux ou nationaux (Ferrovergne à Clermont-Ferrand est considéré comme un OFP alors qu'il opère sur des trafics longue distance vers Le Havre et Marseille) : CFR Morvan, Régiorail Lorraine, RDT 13,...
- Selon l'Association Française du Rail (AFRA), les OFP assurent 10% des tonnages tractés 5% des tk.
- Solution de relance du fret ferroviaire en France, transport mis à mal notamment depuis l'abandon du lotissement par Fret SNCF et l'ouverture du marché de la traction en 2006. Solution de pérennisation de certaines lignes dédiées fret.
- Plafonnement du nombre d'OFP : en 2016 et 2017, aucune création de nouvel OFP.

Pour une RER multimodal Fret – les innovations dans le transport de marchandises et la logistique – oct. 2019



- Opérateur ferroviaire de proximité territorial existant / Opérateur ferroviaire de proximité territoriale exclusivement PGI
- Opérateur ferroviaire de proximité portuaire existant / Opérateur ferroviaire de proximité portuaire exclusivement PGI
- Opérateur ferroviaire de proximité territoriale en projet
- Opérateur ferroviaire de proximité portuaire en projet
- Initiatives diverses



Sources : <http://www.supplychainmagazine.fr/NL/2013/1722/>, [https://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/32b\\_DGITM\\_Operateurs\\_ferroviaires\\_de\\_proximite\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/32b_DGITM_Operateurs_ferroviaires_de_proximite_DEF_Web.pdf), [http://www.lantenne.com/Les-OPF-tirent-leur-epingle-du-jeu\\_a40121.html](http://www.lantenne.com/Les-OPF-tirent-leur-epingle-du-jeu_a40121.html), [http://www.ouest.cerema.fr/IMG/pdf/131005\\_Focus-sur-les-Operateurs-Ferroviaires-de-Proximite-AM\\_cle7de622.pdf](http://www.ouest.cerema.fr/IMG/pdf/131005_Focus-sur-les-Operateurs-Ferroviaires-de-Proximite-AM_cle7de622.pdf), <http://www.rdt13.fr/pole-ferroviaire-327.html>.

## 2.5. Autoroutes ferroviaires

- Egalement appelée « route roulante », type de transport consistant à transporter des poids lourds (avec ou sans le tracteur) sur des wagons spéciaux, sur de longues distances (800 km) entre deux terminaux spéciaux permettant le chargement rechargement.
- Il existe 3 autoroutes ferroviaires aujourd'hui en France : AFA (Autoroute Ferroviaire Alpine) depuis 2003 entre Aiton (Chambéry) et Orbassano sur 175 km sous les Alpes par le tunnel du Mont Cenis, Bettembourg - Le Boulou sur 1 400 km prolongée en 2016 entre Bettembourg et le port de Calais (train de 20 wagons, soit 40 semi remorques), et la navette « Shuttle » entre Calais et Douvres sur 50 km depuis 1994 par le Tunnel sous la Manche (plusieurs navettes par heure).
- Nécessite un matériel et une infrastructure adaptés : wagons spéciaux à planchers surbaissés et à gabarits spéciaux, terminaux de transbordement adaptés. La technique française Modalohr est généralement utilisée.
- Projet de prolongement de l'AFA jusqu'en région lyonnaise.
- Sur Bettembourg – Le Boulou, circulation de trains mixtes (wagons semi remorque et wagon caisse mobile) depuis 2009.
- Permet le franchissement d'obstacles naturels (mer, montagne) et le transport de bout en bout sur longue distance. Permet le report modal : 300 000 PL transportés sur l'AFA depuis sa création,

- Difficultés : transport non rentables, devant être subventionné, abandon de certains projets (Autoroute ferroviaire Atlantique).



Sources : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Autoroute\\_ferroviaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Autoroute_ferroviaire), <http://www.ifrap.org/les-autoroutes-ferroviaires-et-le-transport-combine-sauveront-ils-le-fret-ferroviaire>, <http://www.melchior.fr/etude-de-cas/eurotunnel-et-le-modele-economique-de-lautoroute-ferroviaire>, <http://transportrail.canalblog.com/pages/autoroute-ferroviaire-combine-circuits-logistiques/30346597.html>, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/autoroutes-ferroviaires>, <http://rail.lu/lorryrail.html>, <http://www.20minutes.fr/economie/1362557-20140428-20140428-eurotunnel-baisse-tarifs-fret-bruxelles-applaudit>.

## 2.6. Trains longs

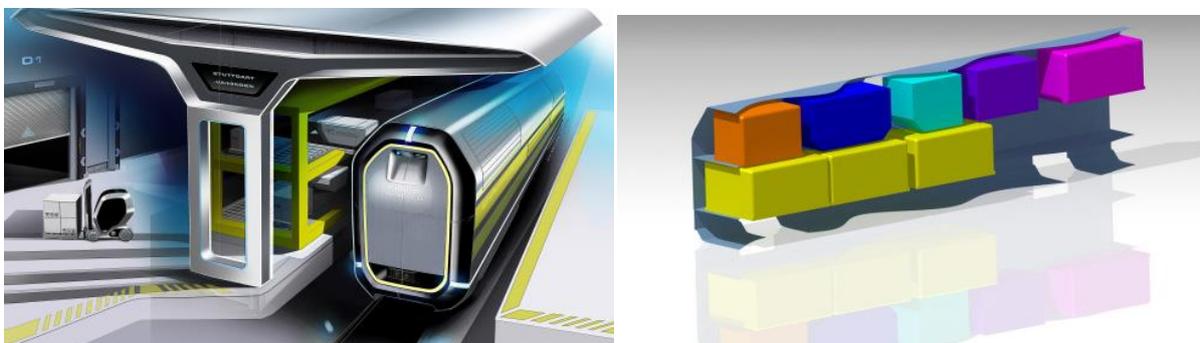
- En 2014, Fret SNCF a fait circuler un train long de 1 500 m entre Lyon et Nîmes, et en 2015 12 rames longues de 1 000 m entre Somain (Nord) et Woippy (Moselle). Il s'agissait de test en vue de l'exploitation commerciale envisagée en 2018-2019. Il fallait notamment valider la faisabilité du couplage de 2 trains de 500 m.
- Avantage : capter du trafic sans commander de sillons supplémentaires. Un double train représente en effet deux fois la masse d'un train classique avec seulement 20 % d'utilisation de la capacité réseau en plus.
- Hormis la Suisse, la France serait le seul pays d'Europe à s'intéresser à un double train de fret.
- Le marché : les ports maritimes, les trafics massifiés longue distance d'acier, de voitures neuves,...
- Le record serait détenu par un train de 7 350 m en Australie.



Sources : [http://www.retail-chain.fr/actualites/-trains-de-1-000-a-1-500-m\\_870612#.WiA2A1XiaUk](http://www.retail-chain.fr/actualites/-trains-de-1-000-a-1-500-m_870612#.WiA2A1XiaUk),  
<http://www.lavoixdunord.fr/archive/recup%3A%252Fregion%252Fsmain-le-train-de-fret-le-plus-long-d-europe-1-500-m-ia16b0n3060437>,  
<http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/636966/reglementation-trains-longs-canada>,  
<http://www.nationalpost.com/long+trains/4348592/story.html>

## 2.7. Train autonome

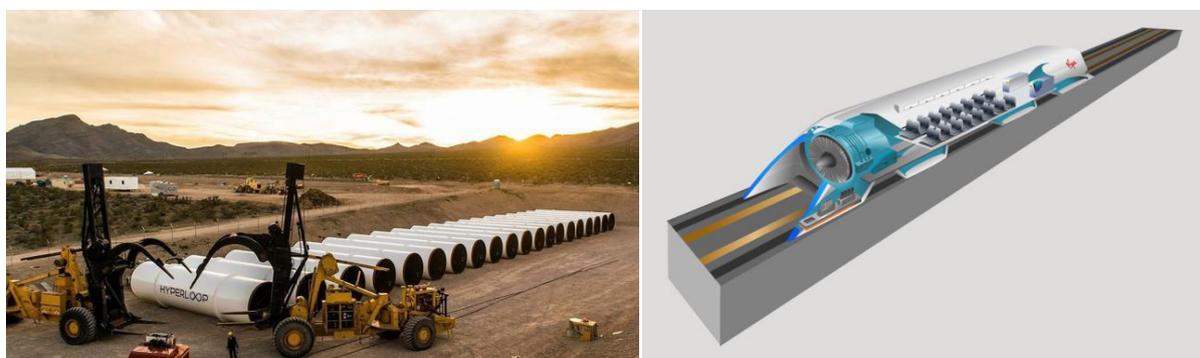
- L'Institut de recherche allemand DLR développe des solutions pour un nouveau train de marchandises avec un degré élevé d'automatisation, des vitesses élevées et une manutention « intelligente ». Il s'agit du NGT Cargo, train complet constitué de wagons « intelligents », autonomes puisqu'avec leurs propres batteries ils pourraient parcourir les derniers km vers leurs destinataires sur les ports par exemple.
- Le NGT Cargo pourrait circuler à grande vitesse lui permettant d'utiliser le réseau LGV voyageurs et s'insérer dans des sillons très étroits.
- La SNCF travaille à des TGV autonomes pour 2023, pour le trafic voyageur. Des tests sont prévus en 2019 avec des « trains drones » pour les marchandises.
- L'objectif est d'améliorer le cadencement jusqu'à 25% de plus sur les lignes autonomes (optimisation des freinages et accélérations).



Sources : <https://mediarail.wordpress.com/2017/04/19/fret-du-futur-wagon-autonome-et-grande-vitesse/>,  
<http://bfmbusiness.bfmbtv.com/entreprise/sncf-et-si-les-conducteurs-etaient-replaces-par-des-robots-1186597.html>,  
[https://www.francetvinfo.fr/economie/transports/sncf/sncf-le-train-sans-conducteur-bientot-sur-les-rails-en-france\\_2236131.html](https://www.francetvinfo.fr/economie/transports/sncf/sncf-le-train-sans-conducteur-bientot-sur-les-rails-en-france_2236131.html)

## 2.8. Hyperloop

- Transport supersonique circulant à 1 000 - 1 200 km/h dans un tube sous vide couverts de panneau photovoltaïques. Permet de s'affranchir des frottements de l'air, Hyperloop pourrait relier Paris à Marseille en 40 minutes. Les tubes sont montés sur des pylônes.
- Projet lancé en 2013 par Tesla (Elon Musk). Des tests qui ont eu lieu en 2017 ont permis de passer le cap des 310 km/h. Plusieurs start ups ont été créées et investissent depuis 2016 pour travailler sur Hyperloop. La SNCF a financé en partie ce projet très futuriste et énergivore.
- Même si le projet est destiné aux voyageurs, certaines capsules de ce train seraient destinées au fret.





Sources : <http://www.lefigaro.fr/sciences/2015/10/23/01008-20151023ARTFIG00370-hyperloop-le-train-du-futur-en-gestation.php>,  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Hyperloop>, <https://nomdezeus.fr/urbanisme/hyperloop-le-transport-du-futur-sera-en-marche-des-2020/>,  
[https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/elon-musk-annonce-l-hyperloop-un-moyen-de-transport-revolutionnaire\\_28215](https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/elon-musk-annonce-l-hyperloop-un-moyen-de-transport-revolutionnaire_28215),  
[https://lexpansion.lexpress.fr/high-tech/hyperloop-le-train-du-futur\\_1791277.html](https://lexpansion.lexpress.fr/high-tech/hyperloop-le-train-du-futur_1791277.html)

## 2.9. TGV Fret

- Tenant compte de l'expérience du TGV postal, la SNCF aurait pour projet la création d'un TGV dédié aux marchandises. Le fret serait transporté dans des conteneurs 40' aux dimensions adaptées, chargés d'un côté et déchargés de l'autre.
- Le TGV fret emprunterait les LGV en heure creuse, pendant la nuit.
- Les marchés : e-commerce, marchandises conteneurisable dans des conteneurs adaptés.
- Avantages : trafics inter-urbains longue distance, massifiés et moins cher que l'avion. Solution aux limitations des vols de nuits sur la plupart des aéroports européens, moindre empreinte écologique.
- Difficultés : circulations entre les plages travaux des LGV, potentiel à identifier, infrastructures des gares à adapter (ou gares spécifiques à réaliser).
- Le TGV postal a commencé à circuler en 1984 entre Paris Charolais (Gare de Lyon) et Lyon, puis entre Paris et Macon et Caennan. 5 demi-rames (chaque rame avec 2 motrices et 8 wagons) ont été construites. Il a cessé son activité en 2015 en raison de la forte baisse des trafics postaux, de l'essor du e-commerce et du succès de la « lettre verte » livrée en 2 jours.
- A noter que C-Discount utiliserait des TGV entre Paris et Bordeaux en partenariat avec une filiale de la SNCF qui transporte des pièces détachées ferroviaires de réparation à l'intérieur des motrices. Il reste des capacités dans ces motrices, qui sont utilisées par C-Discount.
- Lancé en 2006, le projet Carex est un réseau de fret ferroviaire à grande vitesse devant relier notamment Roissy-CDG, Lyon, Londres, Amsterdam. En 2012, un train test a circulé entre Lyon et Londres (900 km, 120 tonnes transportées, 9 heures de temps de trajet). Il est actuellement à l'arrêt.
- Le train le plus rapide actuellement est le Maglev, trains à sustentation magnétique qui a circulé en 2015 à 603 km/h. Il est prévu d'entrer en service en 2027 entre Tokyo et Nagoya à 500 km/h vitesse commerciale. Mais il ne semble pas avoir d'application prévue pour le fret.

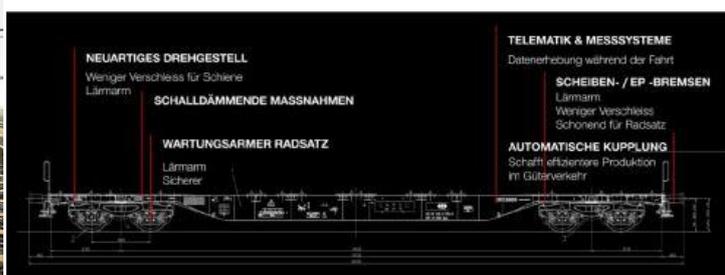




Sources : <https://www.goeuro.fr/trains/grande-vitesse>, [http://fourga.free.fr/tgv/tgv\\_bilan.htm](http://fourga.free.fr/tgv/tgv_bilan.htm),  
[https://www.lesechos.fr/21/03/2012/lesechos.fr/0201962774438\\_le-premier-tgv-fret-a-relie-lyon-a-londres.htm](https://www.lesechos.fr/21/03/2012/lesechos.fr/0201962774438_le-premier-tgv-fret-a-relie-lyon-a-londres.htm),  
<http://forums.lrpresse.fr/trains/viewtopic.php?f=46&t=83971>, <https://www.capital.fr/economie-politique/transférer-le-transport-routier-sur-des-tgv-la-solution-enfin-trouvée-1103008>,  
<http://www.eurocarex.com/?setlang=fr>, <https://www.connaissance-du-rail.com/reportages-et-photos/la-fin-des-tgv-postaux/>.

## 2.10. Nouveaux wagons fret

- Projet européen du consortium SUSTRAIL et de l'UIC (Union International des Chemins de Fer) lancé en 2011 et se terminant en 2015, projet R&D co-financé par l'UE pour soutenir le fret ferroviaire. Le programme avait plusieurs axes de travail portés par des universités européenne (Milan, Huddersfield, Leeds) et entreprises d'ingénierie parmi lesquels « le train fret du futur » (autonome et à grande vitesse), des systèmes de freinage améliorés, des solutions légères de boggie et de wagons,...
- En janvier 2017, CFF Cargo (Chemins de fer suisses) présente un wagon porte-conteneurs « technologique » dit « wagon du futur » ou « 5L », comportant 5 innovations : silencieux, léger, performant, adapté aux exigences logistiques, orienté sur le coût du cycle de vie.
- Recherches sur les bruits émis : le bruit des wagons provient essentiellement des freins et de la conception des boggies. Sur les voitures passagers, les freins sont à disque ce qui fait la différence. Les nouveaux wagons fret en Europe doivent depuis 2006 être équipés de freins composites moins bruyants. L'Allemagne, la Suisse, les Pays-Bas et l'Angleterre sont les plus en pointe.
- Recherches sur des freins plus performants : freins électronique permettant que tous les wagons ralentissent de concert.



Sources : <http://fr.euronews.com/2015/07/13/europe-le-fret-ferroviaire-revu-et-corrige>,  
<https://www.bav.admin.ch/bav/fr/home/actualites/rapports/points-divers/sustrail.html>,  
[https://uic.org/com/IMG/pdf/sustrail\\_final\\_conference\\_fr.pdf](https://uic.org/com/IMG/pdf/sustrail_final_conference_fr.pdf), <https://mediarail.wordpress.com/2017/01/10/cff-cargo-presente-un-wagon-technologique/>,  
<https://mediarail.wordpress.com/2017/03/29/trains-de-fret-a-30kmh-pour-faire-moins-de-bruit/>,  
<https://www.usinenouvelle.com/article/transportsde-nouvelles-solutions-pour-le-fret-ferroviairepour-ameliorer-sa-competitivite-face-a-la-route-le-fret-ferroviaire-europeen-fourmille-de-projets-au-nombre-des-priorites-allonger-les-trains-d.N86964>,

## 2.11. R-Shift-R et automatisation des chantiers rail-route

- Projet d'automatisation des opérations de tri des wagons, chargement – déchargement des UTI sur des terminaux intermodaux informatisés. Système rendu possible par l'utilisation d'un wagon pourvu d'un plateau amovible susceptible d'embarquer tous les conditionnements du mode routier.
- R-Shift-R est un programme PREDIT avec la participation de l'ADEME.
- Nécessite des chantiers nouvelle génération, composés en 3 zones : une zone routière, une zone d'embarquement / débarquement des UTI sur les châssis routiers, et une zone de chargement déchargement des trains.
- Avantages : transferts camions – wagons plus rapides, rentabilité, minimisation des surfaces au sol grâce à l'automatisation des manutentions et des temps d'arrêt des trains faibles,
- Freins ; investissements importants.
- Marchés : longue distance, franchissement d'obstacles naturels transmanche ou transalpin transpyrénéen.
- R-Shift-R s'appuie sur la R&D dans le domaine du rail-route en Europe et des solutions de transfert opérationnelles ou non : Cargo-Beamer à Leipzig, Commutor, Arbel Fauvet Rail, Flexiwagon...
- Ancien projet Commutor datant de 1987 qui consistait à automatiser le traitement des conteneurs et caisses mobiles. Il a été abandonné en 1995 devant l'importance des investissements et la chute des trafics ferroviaires.
- D'autres solutions de performance de traitement des UTI sur les chantiers TC sont possibles comme le passage d'une « gestion statique » à une « gestion dynamique ».

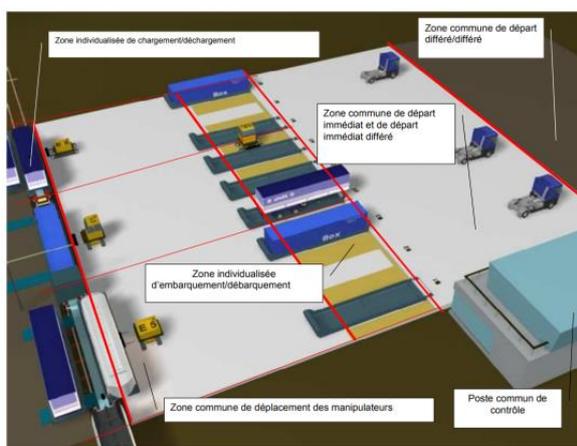
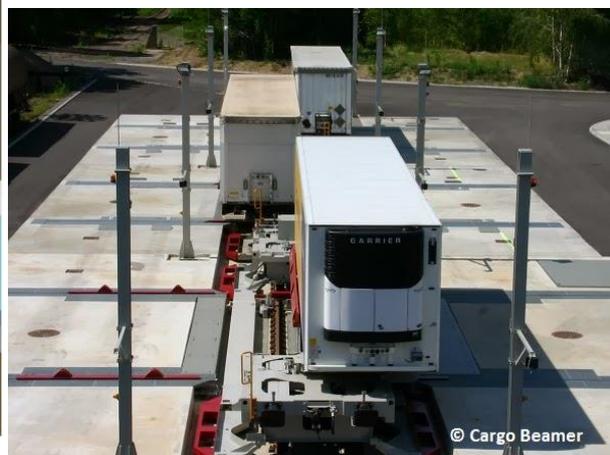


Figure 1 : Vue d'ensemble du concept R-shift-R



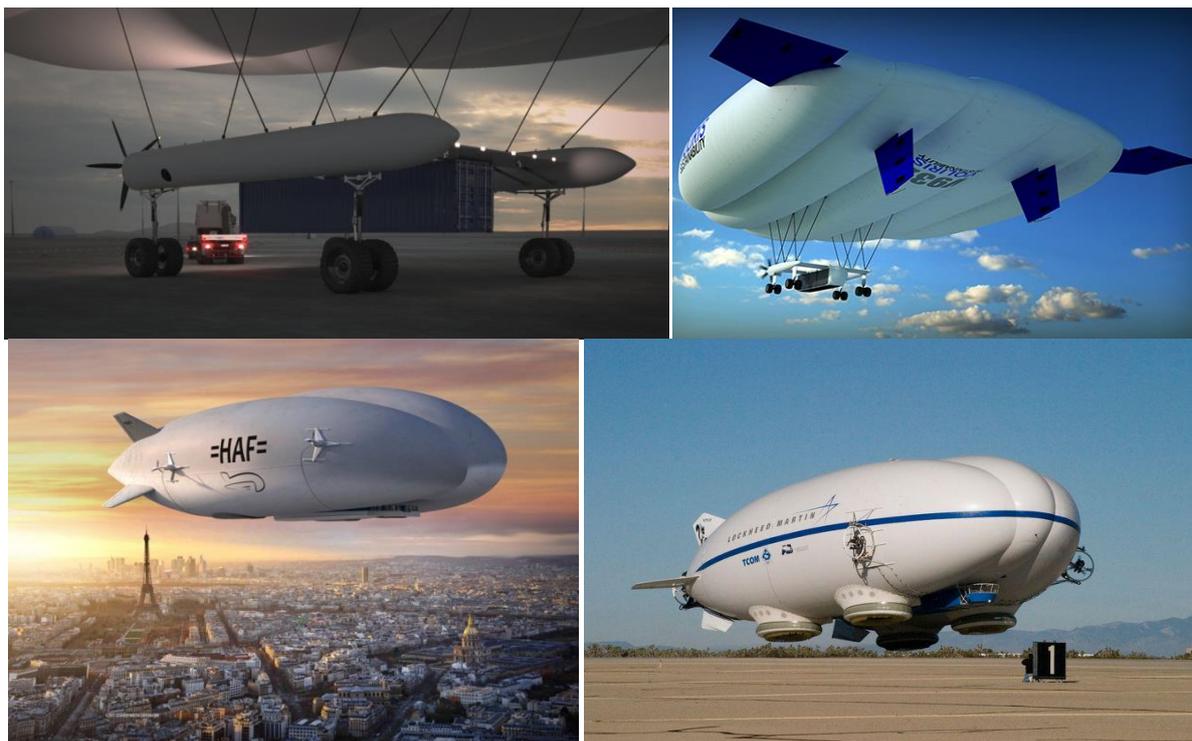
Sources : <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/resultats.html?sujet=%22COMMUTOR%22>,  
<https://www.lesechos.fr/20/01/1997/LesEchos/17317-113-ECH --commutor-----echec-ou-demi-reussite--.htm>,  
[http://isidoredd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.xsp?id=Temis-0080520&n=45&q=%28%2B%28question\\_word%3Acontraintes+question%3A%7Ccontraintes%7C%29%29&](http://isidoredd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.xsp?id=Temis-0080520&n=45&q=%28%2B%28question_word%3Acontraintes+question%3A%7Ccontraintes%7C%29%29&), [http://www.innovations-transport.fr/IMG/pdf/R\\_shiftr\\_rentabilite\\_fret\\_rail-partie\\_1.pdf](http://www.innovations-transport.fr/IMG/pdf/R_shiftr_rentabilite_fret_rail-partie_1.pdf),

### 3. Innovations dans le transport aérien

### 3.1. Dirigeables

- Ancien mode de transport, né à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, exploité notamment en Allemagne, mort en 1937 (accident du Hindenburg gonflé à l'hydrogène à New York).
- A l'international plusieurs projets : aux USA, Lockheed Martin développe l'Hybrid Airship, d'une capacité de portage de 21 t, opérationnel en 2018. Hybrid Air Vehicles, constructeur anglais, développe l'Airlander 10, plus grand dirigeable du monde à ce jour : 92m de long (20 de plus qu'un Airbus A380). Le cofondateur de Google, Sergey Brin, travaille sur un aéronef de 200 m de long, 2 fois plus long que le Airlander 10, mais plus petit que le Hindenburg de Zeppelin (246 m) dans les années 30.
- En France, Voliris, une entreprise de l'Allier développe la Natic (navette aérienne de transport automatique de conteneurs), capable de transporter à terme un conteneur 40' de 30 t à 200 km/h jusqu'à 500 km de façon autonome (« version lourde des drones d'Amazon »). Son originalité tient à sa forme en aile qui le rend moins sensible au vent et moins volumineux au sol. Prix à payer : nécessité d'une piste de décollage / atterrissage (une piste « courte » de 800 m suffit).
- Airstar, entreprise de Grenoble développe l'Airlifter, mi dirigeable mi téléphérique transportant 4 t sur des chantiers difficiles d'accès. C'est un dirigeable filoguidé.
- A Istres, la CA Ouest-Provence a racheté en 2016 à Dassault un terrain et un hangar pour y développer « l'AirShip Village », site devant accueillir les constructeurs de dirigeables. 3 000 emplois prévus.
- En 2017, Thalès Alenia Space développe le projet Stratobus, dirigeable de communication et surveillance en haute altitude.
- Flying Whales, start up française née en 2012 réunissant un consortium de 20 industriels internationaux, estime pouvoir faire voler en 2021 un gros porteur de 140 mètres de long, capable de lever ou déposer 60 t de fret grâce à 12 treuils, et destiné aux convois aériens exceptionnels et à l'exploitation forestière. Le projet a le soutien de BPIFrance (Banque Publique d'Investissement).
- Depuis 2015, le Pôle de compétitivité Safe Pégase à Nice travaille sur la R&D avec les constructeurs français (Flying Whales, Thalès Alenia, Airstar notamment).
  - Avantage écologique : gonflé à l'hélium avec des moteurs au kérosène, un dirigeable consomme 10 fois moins qu'un avion à charge égale.
  - Principales difficultés : l'enveloppe textile doit être solide et étanche (capable de résister à l'hélium comprimé), l'hélium (gaz inerte non inflammable) est plus sûr que l'hydrogène mais coûteux à produire (production dans des usines de distillation de gaz naturel, les USA représentent 60% de la production mondiale, l'hélium est principalement utilisé dans le domaine médical), la sensibilité aux conditions météo extrêmes (notamment de vent supérieur à 80 km/h),
- Marchés : transport dans des territoires difficiles d'accès, désertiques au Moyen Orient. Les forêts pour l'exploitation du bois (évacuation de grumes) au Brésil, en Inde. Chantiers difficiles d'accès. Ravitaillement de refuges en montagne. Exploitation militaire également (société Aeros Corp aux USA d'un aéronef pouvant transporter 500 tonnes de matériel à 220 km/h dans un rayon d'action de 22 000 km).
- La charge utile des dirigeables peut aller jusqu'à 100 tonnes et leurs vitesses moyennes sont de l'ordre de 150-200 km/h.
- Le marché peine un peu à décoller néanmoins : plusieurs sociétés ont abandonné en France, (Aérospatiale Adour Technologie), Allemagne (projet CargoLifter porté par ABB et Siemens), Canada (Skyhook, associé à Boeing), Russie (programme Atlant).





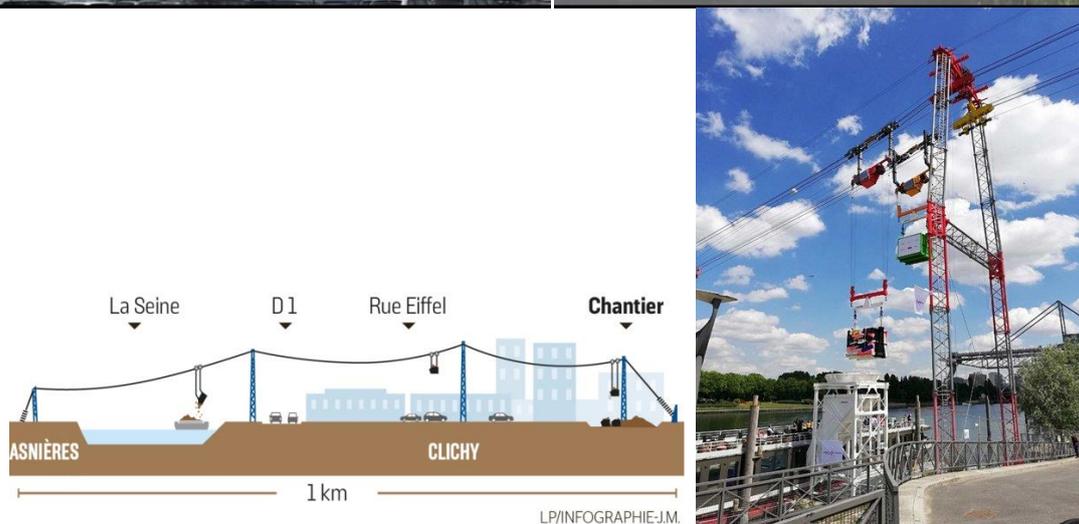
Sources ; [https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/transports/un-dirigeable-futuriste-pour-transporter-des-marchandises\\_36685](https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/transports/un-dirigeable-futuriste-pour-transporter-des-marchandises_36685), <http://bfmbusiness.bfmtv.com/entreprise/au-bourget-les-dirigeables-sont-prets-a-revolutionner-le-fret-aerien-1191436.html>, <http://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/aeronautique-natac-dirigeable-francais-revolutionnaire-signe-voliris-66426/>, <http://www.voliris.com/fr/natac-navette-aerienne-de-transport-automatique-de-containers/>, <https://www.ouest-france.fr/leditiondusoir/data/617/reader/reader.html#!preferred/1/package/617/pub/618/page/10>, [https://www.lesechos.fr/21/01/2016/lesechos.fr/021637496272\\_les-francais-repris-par-la-folie-du-dirigeable.htm](https://www.lesechos.fr/21/01/2016/lesechos.fr/021637496272_les-francais-repris-par-la-folie-du-dirigeable.htm), [https://www.lesechos.fr/21/04/2016/LesEchos/22176-140-ECH\\_le-dirigeable-renait-de-ses-cendres-en-provence.htm?texte=airship](https://www.lesechos.fr/21/04/2016/LesEchos/22176-140-ECH_le-dirigeable-renait-de-ses-cendres-en-provence.htm?texte=airship), <https://www.modeintextile.fr/transport-et-structures-gonflables-un-duo-gagnant-sur-tous-les-plans/>, <http://www.portail-aviation.com/2017/06/bourget-2017-un-bilan-positif-pour-la-filiere-dirigeable.html>, <https://www.usinenouvelle.com/editorial/pourquoi-le-dirigeable-va-realiser-un-retour-gagnant.N382259>, <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/matieres-premieres-la-penurie-dhelium-naura-pas-lieu-35420/>, [https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/l-helium-un-gaz-crucial-pour-le-medical-et-l-electronique\\_36676](https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/l-helium-un-gaz-crucial-pour-le-medical-et-l-electronique_36676), <https://www.3af.fr/article/opinion/le-renouveau-des-dirigeables>, <https://motherboard.vice.com/fr/article/kzajnz/le-ballon-dirigeable-a-t-il-encore-un-avenir>, <http://www.lefigaro.fr/societes/2013/01/23/20005-20130123ARTFIG00524-aeroscraft-dirigeable-du-futur-prend-son-envol.php>, <http://www.aeroexpo.online/fr/fabricant-aeronautique/dirigeable-gaz-779.html>, <http://branchez-vous.com/2014/03/12/le-grand-retour-des-dirigeables/>.

### 3.2. Téléphériques

- Mode de transport privilégié en zone touristique pour les voyageurs (sport d'hiver). Quelques téléphériques urbains (New-York, Rio, Grenoble, Brest...) et plusieurs projets (Val-de-Marne, Toulouse, St-Pierre-des-Corps...), toujours pour les passagers.
- A Bratislava (Slovaquie), transport d'automobiles par téléphérique depuis 2002 du centre de production jusqu'au parc de stockage de l'usine Volkswagen sur 450 m. 67 voitures/h par sens. C'est un cas unique dans le monde.
- Sur l'île de la Réunion, le Conseil Régional a réalisé en 2015 une étude pour un téléphérique pour les cirques de Salazie et Cilaos (sites très enclavés) à vocation touristique voyageurs et marchandises sur 22 km.
- Eiffage développe depuis 2011 le Modul'air, cabine qui circulent sur une ligne de transport urbain par câble puis ; arrivé en bout de ligne il est libéré du câble pour se connecter au réseau de tramway où il se comporte comme une remorque non motorisée. Il peut transporter des passagers, des marchandises ou des déchets. Brest est intéressé par ce projet.
- Juin 2019 à Clichy (Hauts-de-Seine), les gravats d'un chantier de construction d'un immeuble de bureau sont évacués par des bennes vers des barges fluviales à quai sur la Seine. 140 000 m<sup>3</sup>, 260 000 tonnes de terres et gravats, l'équivalent de 80 camions / jour, 4 pilonnes construits, 400 m de long, bennes d'une capacité de 20 tonnes, livraison du bâtiment prévue en 2022. Coût : 6 M€, 3-4 M€ plus cher que le camion. 2 mois d'installation de la structure, structure démontable, mise en œuvre Vinci et

Mécamont Hydro (Lannemezan, spécialiste téléphérique de chantier en montagne). Après l'évacuation des déblais possible réutilisation pour approvisionner en bois une chaufferie biomasse à proximité.

- Depuis 2017, un projet baptisé Supraways est présenté par une start-up lyonnaise. il s'agit d'un transport de navettes supportées par le haut par des rails. Les piliers sont espacés tous les 35 m. l'infrastructure est alimenté grâce à des panneaux solaires. Les navettes peuvent embarquer 6-8 passagers et sont aussi envisagées pour les marchandises. Ce projet est envisagé à Lille (Lille – aéroport de Lesquin et Douai – Lens), à St-Quentin-en-Yvelines et entre Lyon et St-Etienne. Le Grand Lille et la CCI de Lille seraient favorables à sa réalisation. Son coût serait de 10-12 M€ le kilomètre, contre 200 M€/km pour un métro et 25 M€/km pour un tramway. Il permettrait de passer outre les problèmes de circulation routière.
- Les projets de transport de marchandises par câbles sont rares, ou associés en complément à peine évoqué, de projets voyageurs. Utilisée pour la construction ces équipements sont toujours provisoires.



Sources : <http://www.remontees-mecaniques-tv.fr/le-funitel-de-bratislava-le-transport-de-vehicules-par-le-cable/>,  
<https://www.remontees-mecaniques.net/forums/index.php?showtopic=3616>,  
<http://www.ipreunion.com/panorama/reportage/2015/05/11/cirque-de-cilaos-et-de-salazie-telepherique-deux-nouveaux-projets-a-l-etude,30659.html>,  
<http://www.lemoniteur.fr/article/eiffage-pose-ses-droits-d-auteur-sur-la-ville-de-2030-20704079?20704078=20704075#20704078>,  
<https://tiseo-collectivites.fr/projets/telepherique-urbain-sud>,  
<http://www.leparisien.fr/hauts-de-seine-92/a-clichy-on-va-construire-un-telepherique-pour-evacuer-des-gravats-de-chantier-11-12-2018-7966176.php>,  
<https://www.lemoniteur.fr/article/des-deblais-evacues-par-telepherique.2012159>,

<https://www.mecamont.com/mecamont-hydro-installe-un-telepherique-de-chantier-pour-evacuer-des-terres-polluees-en-region-parisienne/>, <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/dechet-du-btp-une-premiere-benne-atteint-la-seine-par-telepherique-820708.html>, <http://www.leparisien.fr/economie/business/a-lille-un-projet-de-navettes-suspendues-pour-les-voyageurs-et-les-marchandises-07-10-2019-8167578.php>, <https://www.lyonplus.com/actualite/2017/08/17/supraways-un-transport-du-futur-made-in-rhone>

### 3.3. Drones de livraison

- Livraison aérienne de colis à partir d'un centre de tri, développée en premier par Amazon dans son projet Prime Air en 2013.
- Mai 2017, Amazon annonce la création à Clichy (92) d'un centre R&D pour les logiciels de gestion du trafic des drones (12 ingénieurs).
- Fin 2016, DPD (GéoPost groupe La Poste) ouvre une ligne commerciale expérimentale de livraison par drones sur 15 km dans le Var. Autorisation par la DGAC. Une fois par semaine, livraison d'une pépinière d'entreprise isolée (12 start-ups dans le domaine de la technologie) par drone à partir du relais Pickup de St-Maximin via une sorte de PF d'embarquement (identique à l'arrivée). Le drone est piloté par un opérateur agréé DGAC. Charge utile 30 kg. Vitesse 30 km/h. Parachute autonome qui détecte les anomalies en cours de vol et se déclenche automatiquement en cas de chute.
- Google développe son propre projet (Projet Wing) depuis 2014. Il s'agit d'appareils volants à décollage vertical capables de se délester de leur livraison par un système de descente du paquet via un filin alors que l'appareil est en vol stationnaire. Charge utile 2,3 kg.
- Alibaba en Chine développe également son projet drone.
- Pour se rapprocher du lieu de livraison, il est prévu de lancer les drones à partir de camions qui se rapprochent du destinataire. UPS a testé cette solution en zone rurale. Le drone est autonome, a une autonomie de 30 mn, une charge utile de 4,5 kg et il retourne automatiquement sur le camion (le livreur n'a pas besoin d'attendre le retour du drone pour poursuivre sa route). Avantages présentés : réduction des kilométrages parcourus par le camion, économies de carburant.
- Le point faible technique reste la livraison chez le client : sécurisation de l'atterrissage du drone, accident, malveillance. Amazon réfléchit à une autre façon de déposer le colis, par parachute.
- L'utilisation de drone impose des pré-requis : déclaration obligatoire à la DGAC qui doit être renouvelée tous les 2 ans ou à chaque changement d'activité, obligation de tenir un manuel d'activité. L'usage du drone est encadré selon 4 critères : poids du drone, distance avec le télépilote, l'altitude et la population de la zone survolée. Hors de ces limites des autorisations spéciales doivent être accordées, notamment au-delà d'une certaine altitude (150m) et hors de la vue du télépilote. Les vols de nuit ne peuvent être autorisés que sur dérogation des préfets.
- Aux USA, l'expressiste UPS a reçu en mars 2019 la première autorisation pour effectuer des vols de drones commerciaux pour des échantillons médicaux. Lieu : la Caroline du Nord. Autorisation donnée par la FAA (Federal Aviation Administration). Transport entre plusieurs sites hospitaliers du même campus hospitalier (le campus WakeMed à Raleigh) Plusieurs vols quotidiens prévus d'échantillons médicaux et sanguins. Utilisation du quadrotère M2 de la société Matternet pouvant transporter 2,2 kg sur 20 kms.
- Marchés : le e-commerce, la messagerie, la grande distribution (WalMart aux USA), le transport sanitaire (livraison de médicaments par DHL en Allemagne par drone en 2014 ou UPS aux USA), l'urgence en catastrophe naturelle, les zones isolées ou rurales.
- La technologie est là (améliorations nécessaires néanmoins sur l'autonomie). Il ne reste qu'à légiférer et à rentabiliser le procédé. Principal défi ensuite : la fiabilité.





Sources :

<https://marketingclient.lesechos.fr/decryptage/la-livraison-par-drone-decolle-loin-des-villes/>,  
<http://www.commentcamarche.net/faq/47721-drones-professionnels-reglementation-et-usages>,  
<http://www.voliris.com/fr/natac-navette-aerienne-de-transport-automatique-de-containers/>,  
<http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2016/12/30/32001-20161230ARTFIG00204-amazon-a-depose-un-brevet-pour-des-entrepots-volants.php>,  
<http://www.numerama.com/tech/234877-ups-sessaye-a-la-livraison-par-drone-lance-depuis-un-camion.html>,  
<https://www.usatoday.com/story/tech/news/2016/09/23/ups-cyphy-works-drone-delivery-drone-childrens-island/90874032/?prclt=zE99AACD>,  
<https://www.usatoday.com/story/tech/news/2016/09/23/ups-cyphy-works-drone-delivery-drone-childrens-island/90874032/?prclt=zE99AACD>,  
<https://www.lesechos.fr/19/05/2017/LesEchos/22449-070-ECH-amazon-va-investir-en-france-dans-la-livraison-par-drone.htm>,  
<https://www.lesnumeriques.com/drone/drones-livraison-amazon-prime-air-en-approche-n60455.html>,  
<http://legroupe.laposte.fr/espace-presse/liste-des-communiques/pour-la-premiere-fois-au-monde-une-ligne-commerciale-reguliere-permet-de-livrer-des-colis-par-drone>,  
<http://www.konbini.com/fr/tendances-2/amazon-la-poste-premiere-ligne-livraison-drone-var-monde/>,  
[http://www.itespresso.fr/project-wing-de-google-livraison-drones-decollera-2017-112281.html?inf\\_by=5a1ed784681db83c598b4705](http://www.itespresso.fr/project-wing-de-google-livraison-drones-decollera-2017-112281.html?inf_by=5a1ed784681db83c598b4705),  
<http://www.viedoc.fr/fr/project-wings-le-drone-google-de-livraison/>,  
<https://www.actu-transport-logistique.fr/aerien/ups-demarre-ses-premiers-vols-de-drones-medicaux-aux-usa-516325.php>,  
<https://www.infohightech.com/ups-commence-les-livraisons-routinieres-dechantillons-medicaux-par-drone-pour-un-hopital-americain/>

### 3.4. Avion électrique

- Le carburant est un poste clé de la compétitivité dans le transport aérien. La majeure partie du fret aérien passe par les soutes des avions de ligne. L'avion électrique est un saut technologique.
- Plusieurs start ups notamment américaines et Européennes portent des projets d'engins volants électriques : Lilium, Volocopter, Zunum Aero, Aurora Flight, Joby Aviation...
- Lilium Aviation est une start up allemande qui a accompli en 2017 le vol inaugural téléguidé de son prototype d'avion biplace à décollage et atterrissage verticaux (le Lilium Jet), avec le soutien de l'ESA (Agence Spatiale Européenne). Son autonomie serait de 300 km et sa vitesse de 300 km/h. Sa vocation est d'être un taxi volant.
- Le Volocopter 2X est plutôt un hélicoptère électrique. Il a effectué son 1<sup>er</sup> vol avec pilote en 2016. Son usage est plutôt d'être un taxi volant.
- Zunum Aero, start up américaine de Seattle, développe un avion hybride électrique et essence pour 12 passagers permettant une portée de 1 200 à 1 600 km. Le premier vol est prévu pour 2022. Un modèle pour 50 passagers est prévu.
- Un moteur d'avion électrique a été dévoilé aux USA par Wright Electric en association avec EasyJet pour un premier vol en 2027. Rayon d'action limité de 540 km pour les courts courriers (Londres – Amsterdam ayant un intérêt car obstacle naturel).
- Début 2017, Airbus a renoncé à son projet E-Fan lancé en 2011. Mais Boeing a acquis en 2017 Aurora Flight qui développe un avion hybride turboélectrique.
- En 2014-2015, Solar Impulse 2 de Bertrand Picard alimenté par panneaux solaires réussit un tour du monde avec 16 escales. Sa dimension reste incompatible avec le transport de marchandises.
- Les projets et expérimentations sont nombreux mais l'usage pour le fret encore lointain.



Sources : <https://www.lesechos.fr/industrie-services/tourisme-transport/030623401196-easyjet-devoile-son-projet-davion-a-motorisation-electrique-2117517.php>, <http://www.lefigaro.fr/societes/2017/09/27/20005-20170927ARTFIG00138-paris-londres-en-avion-electrique-d-ici-2027.php>, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Solar\\_Impulse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse), [https://fr.wikipedia.org/wiki/Avion\\_%C3%A9lectrique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Avion_%C3%A9lectrique), <http://www.lefigaro.fr/societes/2017/12/26/20005-20171226ARTFIG00187-la-bataille-pour-l-avion-electrique-a-commence.php>, <https://www.futura-sciences.com/tech/actualites/tech-lilium-jet-premier-avion-electrique-decollage-vertical-fait-son-bapteme-air-67092/>, <http://www.aernewstv.com/fr/industrie/recherche-innovation-aeronautiques/3875-voici-lavion-electrique-a-decollage-vertical-lilium-jet.html>, <http://www.aernewstv.com/fr/industrie/recherche-innovation-aeronautiques/3862-volocopter-2x-commercialisation-confirmee-pour-2018.html>, <https://www.breezcar.com/actualites/article/taxis-volants-volocopter-tests-conditions-reelles-dubai-0917>, <https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/transports/la-start-up-zunum-aero-veut-lancer-des-avions-de-ligne-hybrides-electriques-des-2022-117168>, <https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/transports/easyjet-veut-passer-a-l-electrique-sur-les-petits-trajets-116862>,

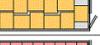
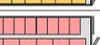
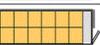
## 4. Innovations dans le transport fluvial

#### 4.1. Conteneur PW45'

- Depuis 15-20 ans, développement du conteneur 45 pieds Pallet Wide, ou PW45'. Les caractéristiques de cette unité de transport sont quasi identiques à celles d'une semi-remorque, avec un emport similaire (33 palettes). Recherche d'une UTI utilisable par tous les modes de transport.
- Le PW45' est issu du programme de recherche européen Utile.
- Avantages : une capacité d'emport supérieure à celle des autres UTI 20' ou 40' (33 palettes au lieu de 27 dans un conteneur maritime classique), permet de faire rentrer 2 rangées de palettes, une interopérabilité (il est utilisable en mode maritime et en modes terrestres routiers, fluvial et ferroviaire, avec des contraintes néanmoins), la possibilité d'un chargement latéral et la possibilité de gerber sur 6 hauteurs (contrairement à la caisse mobile plus fragile). Son gabarit peut néanmoins poser quelques problèmes ou d'adaptations pour les modes terrestres.
- En France, une seule ligne utilisant le PW45' (dit « conteneur 45 pieds Pallet Wide Curtain Side ») aujourd'hui, opéré depuis 2008 par Marfret sur la Seine entre le port maritime de Rouen et Gennevilliers (transport de bobines de papiers pour UPM Kymmene à l'aller et de papier à recycler au retour). Ce service assure aussi les pré et post acheminements routiers dans un rayon de 100 km.
- Depuis 2015, d'autres marchandises sur cette ligne Marfret Rouen Gennevilliers utilisant les PW45 : des D3E (Déchets Equipement Electrique Electronique) collectés en Normandie, empotés chez Véolia Petit Quevilly. Une fois arrivés à Gennevilliers, ces D3E partent par route vers un centre de recyclage à Bruyères/Oise. Cette boucle fluviale réduirait de 36% les émissions de CO<sub>2</sub>, et supprimerait 600 camions sur l'axe Rouen-Paris.
- Conditions d'accès au mode fluvial : les cales existantes en France sont adaptées au transport de vrac et de conteneurs classiques, mais ne sont généralement pas optimisées pour les PW45'. Actuellement, des transporteurs fluviaux réfléchissent à la conception de barges dédiées au chargement de PW45' qui offriraient un emport de 60 conteneurs PW45' rangés en 4 rangs de front.
- Conditions d'accès au mode routier : étant plus long qu'une semi-remorque (ou caisse mobile) de 13,6m (il fait 13,716 m), le PW45' est trop long pour circuler librement sur les routes, à cause de la distance maximale des débords. Il nécessite une dérogation. Pour pallier cette difficulté, certains fabricants ont développé un PW45' dont les coins biseautés permettent au conteneur de s'inscrire dans le rayon des 2,04 mètres et de respecter la réglementation en vigueur (mais il est plus cher).
- Conditions d'accès au mode ferroviaires : le PW45' est adapté à certains gabarits et davantage en cas de wagons surbaissés.
- Autres défauts : une tare (poids à vide) de 4,45 tonnes contre 3,50 pour le 40', ce qui impacte l'emport en transport routier, bien qu'il charge jusqu'à 29,5 tonnes de fret.
- En outre, une limitation du marché au short-sea et au transport continental, car peu de grands porte-conteneurs deep-sea disposent de cellules de 45'. C'est pour cela que le Pallet Wide au niveau mondial doit donc être de préférence un 40'.
- Le PW45' est une réalité en Europe du Nord (ou le short sea s'est développé) car il permet au chargeur de maîtriser son transport avec un contact unique, l'opérateur maritime. Il peine à se développer en France.



© CHS Container Group

20' STANDARD	10 standard pallets 1,2 x 1,0m	
	11 europallets 1,2 x 0,8m	
40' STANDARD	21 standard pallets 1,2 x 1,0m	
	25 europallets 1,2 x 0,8m	
40' PALLETWIDE	24 standard pallets 1,2 x 1,0m	
	30 europallets 1,2 x 0,8m	
45' STANDARD	24 standard pallets 1,2 x 1,0m	
	27 europallets 1,2 x 0,8m	
45' PALLETWIDE	26 standard pallets 1,2 x 1,0m	
	33 europallets 1,2 x 0,8m	



Sources : <http://www.themavision.fr/upload/docs/application/pdf/2011-07/palletwide.pdf>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/bibliotheque-numerique/lm/258/les-pages/le-conteneur-45-pieds-transport-combine-de-la-mer-215098.php>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/bibliotheque-numerique/ot/2540/france/un-nouveau-projet-194941.php>, [http://www.mediaraill.be/Fret/Intermodal/Conteneur%20maritime/Conteneur\\_08-06\\_PW.htm](http://www.mediaraill.be/Fret/Intermodal/Conteneur%20maritime/Conteneur_08-06_PW.htm), [http://www.vnf.fr/vnf/img/cms/Tourisme\\_et\\_domainehidden/guide\\_utile\\_pdf\\_201201111055.pdf](http://www.vnf.fr/vnf/img/cms/Tourisme_et_domainehidden/guide_utile_pdf_201201111055.pdf), [https://www.lanterne.com/Des-defis-pour-le-45-pieds-Pallet-Wide\\_a1178.html](https://www.lanterne.com/Des-defis-pour-le-45-pieds-Pallet-Wide_a1178.html), [https://www.lanterne.com/Rouen-Gennevilliers-nouvelle-mutualisation-fluviale-sur-la-Seine\\_a22625.html](https://www.lanterne.com/Rouen-Gennevilliers-nouvelle-mutualisation-fluviale-sur-la-Seine_a22625.html)

## 4.2. Automoteur GNL

- Mise au point d'automoteurs à propulsion GNL (Gaz Naturel Liquéfié) plus écologique que le fioul lourd. Elle nécessite néanmoins des investissements importants à bord des navires et sur l'infrastructure d'avitaillement à terre ou sur l'eau (barge de soutage à développer). Aucun bateau français en service ou en construction n'utilisait le GNL en 2016.
- Le transport fluvial au GNL est autorisé en Europe depuis 2015 pour certaines citernes pressurisées.
- Contrairement au transport maritime, où le GNL se développe, le transport fluvial présente plus d'obstacles : des volumes plus faibles et sur plusieurs bassins, des marchandises composées de vrac secs (granulats, céréales...) qui limitent les capacités d'investissement des armements fluviaux, un secteur très « artisanale » (batellerie). Les 2/3 du trafic sur le réseau fluvial français sont réalisés sur les deux bassins « fermés » de la Seine et du Rhône, quasi-exclusivement tournés vers le trafic national. En Allemagne, Belgique, Pays-Bas les réseaux sont interconnectés.
- Le port de Rotterdam devrait voir opérer son premier avitailleur en 2019 (automoteur très maniable de 100m de long avec 4 citernes sous le pont).
- Le Port de Strasbourg projette une station terrestre d'avitaillement GNL et l'aménagement d'un emplacement pour barge d'avitaillement.
- Sur le bassin Rhône-Saône, le consortium LNG Logistic vise à étudier le développement du GNL de Marseille-Fos à Pagny (21), via Lyon. Fos dispose de 2 terminaux méthanier (ressource en GNL) et les trafics sont plus diversifiés que sur la Seine (chimie, engrais...).
- Sur le bassin de la Seine il n'y a pas de ressource en GNL (pas de terminal méthanier ; la France a 4 terminaux méthanier, 2 à Fos, 1 à Dunkerque, 1 à Saint-Nazaire Montoir). Le trafic est moins diversifié. Il n'y a pas de projet concret GNL fluvial. Le Canal SNE pourrait changer la donne en ouvrant la ressource du terminal méthanier de Dunkerque.
- A Dunkerque, une station d'avitaillement GNL est projetée en 2019.



Sources : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/164000766/index.shtml>, <http://www.shortsea.fr/blog/cef-transport-2015-liste-projets-retenus>, [http://www.lantenne.com/Damen-presente-un-automoteur-a-propulsion-GNL\\_a6440.html](http://www.lantenne.com/Damen-presente-un-automoteur-a-propulsion-GNL_a6440.html), [http://www.normandiexl.com/article\\_print.php?id=2404&PHPSESSID=qv6lsolcvbt24shl9sraobh714](http://www.normandiexl.com/article_print.php?id=2404&PHPSESSID=qv6lsolcvbt24shl9sraobh714), <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/164000766.pdf>

### 4.3. R&D motorisation fluviale

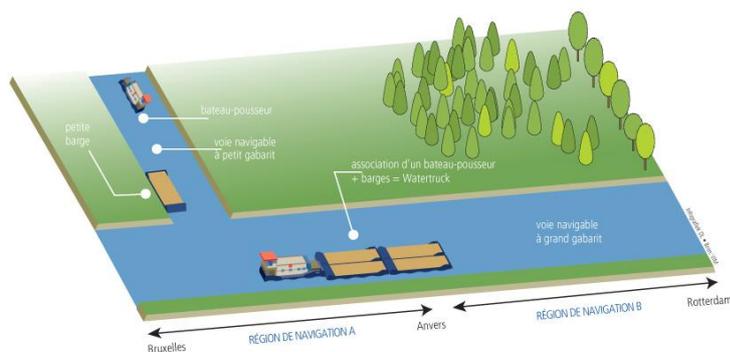
- Segula Technologies et l'ex Communauté d'agglomération de Mantes en Yvelines (CAMY) portent le projet Green Deliriver, de navire fluvial hybride doté d'une motorisation à la fois gaz et électrique, équipé de panneaux photovoltaïques. Il aurait une longueur de 40 m (type Freycinet) pour pouvoir s'amarrer sur tous les quais de Paris. Des modules semi autonomes doivent permettre d'acheminer la marchandise vers les lieux de livraison en mode électrique. Ce projet n'est pas à ce jour opérationnel. Segula s'inscrit dans l'espace axe Seine entre Le Havre et Paris.
- Le centre d'innovation Batelia a été créé en 2016 par VNF à Béthune. Son but est de partager les priorités en matière d'innovation dans le transport fluvial et d'apporter une assistance aux porteurs de projets.
- Parmi les axes de recherche : mise au point d'une pompe-hélice à meilleur rendement, unité fluviale à moteur diesel de type Euro6 (routier), conversion de pousseur à un moteur hybride (diesel / électrique) alimenté par un pack comprenant pile à combustible (hydrogène)...
- Objectif : améliorer la compétitivité du mode fluvial pour de nouveaux marchés.



Sources : <http://www.strategieslogistique.com/Batelia-fete-son-premier,6862>,  
[http://www.vnf.fr/vnf/img/cms/VNFhidden/CP\\_Batelia\\_20160321171433.pdf](http://www.vnf.fr/vnf/img/cms/VNFhidden/CP_Batelia_20160321171433.pdf), <http://www.wk-transport-logistique.fr/actualites/detail/92720/actualites-detail-journal-marine-marchande/vnf-lance-un-centre-d-innovation-fluviale.html>,  
<https://batelia.eu/>

#### 4.4. Watertruck

- Modèle de navigation fluviale dissociant un pousseur non habitable et des barges standardisées, le tout circulant sur du petit gabarit dit « capillaire » (classe I à IV, c'est-à-dire pour des chargements inférieurs à 1 500 t).
- Le moteur initial du projet vient d'un constat : la baisse du transport fluvial sur les petites voies navigables, et le manque d'attractivité du métier de batelier. Watertruck est donc un projet de promotion et de redéploiement du transport fluvial.
- Le système dissocie la navigation du chargement, ce qui permet au personnel naviguant de ne pas habiter à bord et de créer un travail attrayant sur l'eau associé à un style de vie sédentaire sur terre (puisque les pousseurs n'ont pas de logement).
- Son autre avantage est d'être « modulable » : « Il est possible de pousser quatre ou cinq barges, de les laisser à différents endroits le temps qu'elles soient déchargées, et d'en prendre d'autres, comme on décroche et raccroche les remorques d'un camion ». Watertruck s'inspire du modèle journalier du transport routier, performant et flexible.
- Les petites barges sont standardisées et adaptées au transport de différentes cargaisons.
- Les marchés : déchets ménagers, débris de démolition, matériaux de recyclage, vieux papiers,...
- Des opérations test ont eu lieu en Belgique et aux Pays-Bas en 2014 dans des territoires confrontés à la congestion routière (Brabant du Nord au Sud des Pays-Bas).
- Watertruck a été financé par le programme européen Interreg North-West Europe entre 2010 et 2014, instrument de financement de la politique de cohésion de l'Union européenne qui soutient les projets de coopération transnationale. VIM (l'Institut flamand pour la mobilité), le port de Bruxelles, plusieurs provinces belges et hollandaises et VNF sont également associés.
- Un second modèle Watertruck+ devrait être lancé en 2018, qui est une analyse de marché et de rentabilité pour l'adaptation à une grande flotte européenne de navires dans différentes régions d'Europe.



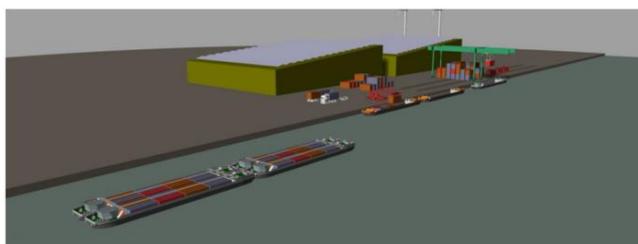
Sources : <http://www.watertruck.be/eform.aspx>, [http://www.watertruckplus.eu/wp-content/uploads/2017/12/Call-III-Watertruck\\_FR.pdf](http://www.watertruckplus.eu/wp-content/uploads/2017/12/Call-III-Watertruck_FR.pdf),  
[https://www.lantenne.com/Le-concept-Watertruck-avance-au-Benelux\\_a19390.html](https://www.lantenne.com/Le-concept-Watertruck-avance-au-Benelux_a19390.html), <http://www.wk-transport-logistique.fr/actualites/detail/71225/actualites-detail-logistiques-magazine/watertruck-veut-sauver-le-petit-gabarit-.html?onglet=317&selectionnes=0&deplis=0>,  
<http://www.fluvialnet.com/murmures-actualites-le-watertruck-experimente-sur-la-sambre/9678>

#### 4.5. Multirégio

- Projet double, à la fois organisationnel (logistique fluviale) et infrastructurelle (investissements sur les quais et en équipement). Il propose notamment la possibilité de faire fonctionner des barges en convois. Ces peuvent transporter différents types de marchandises et de contenants : des palettes, des véhicules de livraison, des caisses voire du vrac... Certaines barges peuvent être autodéchargeantes. Ce système doit pouvoir circuler sur le grand et le petit gabarit.
- Projet lancé en 2017 à l'initiative de VNF avec le financement Commission Européenne, et ce sur plusieurs bassins fluviaux, en particulier le bassin Seine-Escaut.

- Multirégio « vise à maximiser l'utilisation du fluvial grâce à une solution économique et en continuité à la fois sur le gabarit intermédiaire (canaux de la Ville de Paris, Marne, Aisne, canal du Nord, etc.) et sur le grand gabarit (Seine-Amont, Seine-Aval, Oise, réseau Dunkerque-Escaut) grâce à des convois de 90 m x 5,80 m (barge automotrice + barge non motorisée) pouvant transporter à la fois des produits en vrac (jusqu'à 1 000 tonnes) et des conteneurs » (source : VNF)
- Le projet-pilote porte sur la construction de 20 nouvelles unités fluviales sur le périmètre du « grand Bassin parisien » et concerne les industriels ainsi que les ports intérieurs en Normandie, Ile-de-France, Grand-Est et Hauts-de-France.
- Les premiers bateaux sont attendus pour 2021.

#### FONCTIONNEMENT MULTIRÉGIO

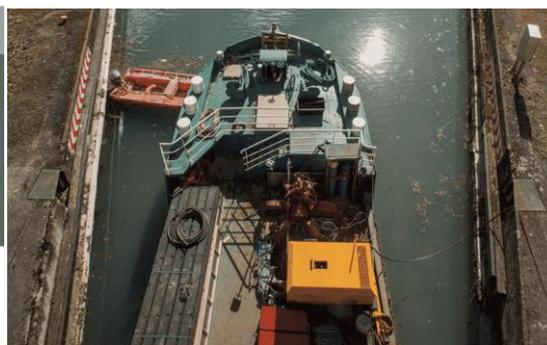


##### Petit gabarit :

1 barge autopropulsée ou avec un pousseur  
L : 38,5 m \* l : 5,05 / 5,70 m  
Emport : 450 tonnes  
8 à 16 EVP (1 à 2 c)

##### Grand gabarit :

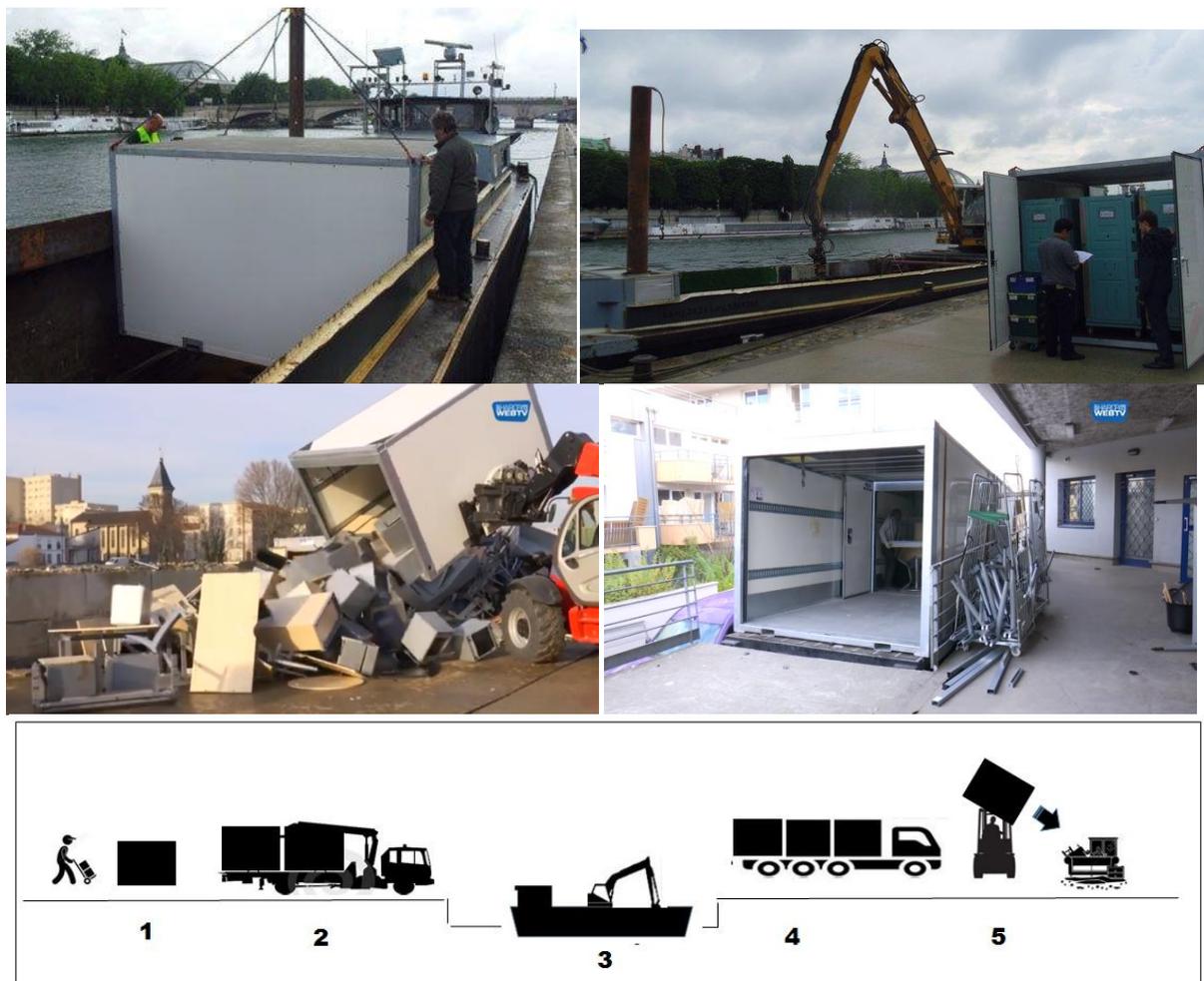
4 à 6 barges avec un pousseur  
L : 80 à 140 m \* l : 11,40 m  
Emport : 1.800 à 2.700 tonnes / 32 à 96 EVP



Sources : [http://www.bassindelaseine.vnf.fr/IMG/pdf/170704-pr\\_sentation\\_multiregio\\_dlei.pdf](http://www.bassindelaseine.vnf.fr/IMG/pdf/170704-pr_sentation_multiregio_dlei.pdf), <https://npi-magazine.com/featured/projet-multiregio-des-premiers-bateaux-a-partir-de-2021/>

#### 4.6. LUDAP LUDEB

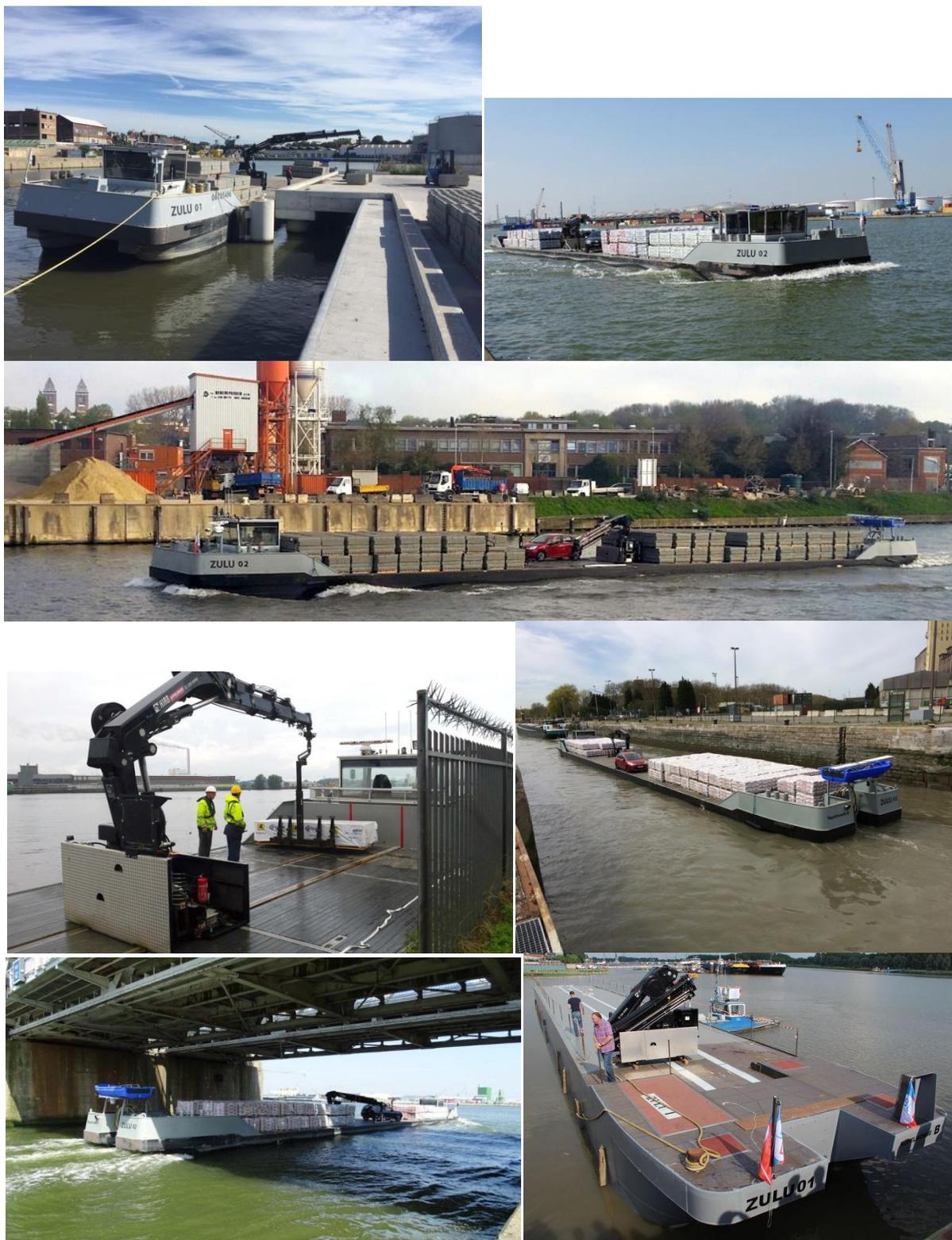
- Développé dans le cadre du cluster Logistique Urbaine Durable, le projet LUDEB (Livraison Urbaine Durable pour les Equipements de Bureau) repose sur la conception d'une caisse légère (20 m<sup>3</sup>, 4,5T) permettant un déchargement portuaire optimisé et plus rapide par tout type d'engins à quai ou embarqué. Les caisses sont en outre gerbables et démontables.
- La caisse peut à l'arrivée être reprise par un 7,5 T électrique ou être posée à terre et devenir un ELU. Elle est compatible avec les camions plateaux à motorisation propre. Elle peut être propriété du client ou du transporteur.
- Le projet LUDAP (Livraison Urbaine Durable pour l'Alimentaire de Proximité) est similaire au projet LUDEB et vise la livraison alimentaire de frais, surgelés, chaud en caisses isothermes de 10m<sup>3</sup>, disposant de 24 heures d'inertie thermique.
- Le projet est porté par le Cluster Logistique urbaine Ile-de-France, créé en 2015 à la suite de l'ancien cluster de la CCI 92.
- Les caisses sont fabriquées par Steelcase (solution de mobilier de bureau), société américaine basée à Gondreville (Lorraine) et ayant une plate-forme logistique à Gennevilliers.
- Une campagne de test à lieu entre mai et décembre 2018 au départ de Gennevilliers ou de Bonneuil-sur-Marne à destination de ports urbains au centre, à l'Est et à l'Ouest parisien.
- D'autres tests ont eu lieu précédemment : par exemple en 2016 par Valdelia (VALorisation des DEchets LIés à l'Ameublement, éco-organisme de recyclage agréé par l'Etat) pour la collecte de mobilier usager des bureaux parisiens en vrac entre des ports Cemex de Paris et Oissel (Rouen). Ce transport se fait habituellement par camion.



Sources : <http://www.wk-transport-logistique.fr/actualites/detail/83325/actualites-detail-logistiques-magazine/le-cluster-logistique-urbaine-idf-veut-offrir-des-prestations-techniques-de-report-modal.html>, <http://www.wk-transport-logistique.fr/actualites/detail/83137/actualites-detail-logistiques-magazine/steelcase-pret-a-livrer-ses-bureaux-via-la-seine.html#titreActu>, <https://www.cluster-logistique-urbaine-idf.fr/>

#### 4.7. Barge « ZULU »

- Barge développée par Blue Line Logistics, start-up créée en 2015 et filiale de l'armateur français Sogestran. Il s'agit d'une barge baptisée Pallet Shuttle Barge (ou « ZULU »), de petit gabarit (50 x 6,6m), autodéchargeante (équipée d'une grue de 12m de portée) capable de manutentionner des palettes jusqu'à 1,8 tonne.
- Cette barge peut charger-décharger à la fois sur des quais existants, mais aussi sur des berges non aménagées, ce qui présente un avantage en matière de distribution urbaine. En effet, elle est équipée d'un système de stabilisation particulier (pied de stabilisation) et d'un pont plat de 210 m<sup>2</sup> qui constitue un plateau de chargement bord à quai et permet d'entreposer palettes, box ou conteneurs.
- La capacité maximale de chargement de cette barge est de 320 tonnes, soit près de 200 palettes (environ 15 camions).
- Elle peut être utilisée en mode ro-ro du fait de son pont plat.
- Cette barge a été développée dans le cadre du CMDU (Centre Multimodal de Distribution Urbaine) du Port de Lille.
- 4 barges sont opérationnelles en Belgique et aux Pays-Bas en janvier 2019, notamment pour le transport de matériaux de construction, de boissons et de déchets ménagers.



Sources : <http://strategieslogistique.com/Une-berge-catamaran-pour-le-nouvelle-generation-zulu/>, <https://www.portsdelille.com/event/demonstration-berge-nouvelle-generation-zulu/>, <https://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain-magazine-actualite/blue-line-logistics-presente-sa-pallet-shuttle-berge-513015.php>, <http://www.bluelinelogistics.eu/news>, <https://www.binnenvaart.eu/pallet-shuttle-berge/37889-zulu-02.html>

## 5. Innovations dans le transport maritime

## 5.1. Méga porte-conteneurs

- Porte-conteneurs de 18 000 EVP et plus. 20 sont en flotte, 50 sont en commande en 2016. Les porte-conteneurs les plus grands portent pavillon de Hong Kong, 4 navires de 21 400 EVP de capacité de la compagnie OOCL livrés en 2017. On parle aussi de méga ships. Des navires de 24 000 EVP seraient envisagés.
- En 2001, la capacité moyenne était de 3 400 EVP. En 2009 de 5 800 EVP. En 2015, elle est de 8 000 EVP (source : meretmarine.com)
- Cette tendance au gigantisme touche aussi d'autres marchés comme les navires de croisière.
- Les marges de rentabilité des méga porte-conteneur auraient tendance à baisser : effet de la crise de 2008 qui perdure, tassement de la mondialisation des échanges (« dé mondialisation » ?), surcapacité.
- Le porte-conteneur a fortement réduit le coût du transport maritime et a stimulé la mondialisation. Les méga porte-conteneurs sont la poursuite de cette tendance. Avantage de l'économie d'échelle. Le conteneur maritime a divisé par 10 les coûts de manutention sur les ports.
- Les méga-navires imposent l'agrandissement des parcs à conteneurs et posent plusieurs questions : exploitation de davantage de terrains (ressource parfois rare dans les villes portuaires), risque d'intensification de batailles foncières entre ville et port, risques concentrés sur une grande quantité de fret.
- Question sociale : les méga navires génèrent des points d'activité qui deviennent inutiles lorsque le méga-navire a quitté le port.



Sources : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste\\_des\\_plus\\_grands\\_porte-conteneurs](https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_plus_grands_porte-conteneurs), <http://www.aivp.org/malaga/2016/05/30/mega-navires-quel-impact-pour-les-villes-portuaires/>, <https://www.meretmarine.com/fr/content/les-mega-porte-conteneurs-sont-ils-vraiment-rentables>, <http://www.gatewaycontainersales.com.au/will-container-ships-keep-growing-in-size-forever/>, <https://fairplay.ihs.com/commerce/article/4289621/oocl-reveals-latest-box-ship-behemoth>, [http://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2014\\_fr.pdf](http://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2014_fr.pdf), <https://www.youtube.com/watch?v=RQVUJ6CbnRg>.

## 5.2. Mega ports

- Phénomène de concentration des trafics maritimes sur quelques grandes places portuaires, en particulier conteneurs. Enjeu de modernisation des installations portuaires pour pouvoir accueillir des navires plus grands : domaine portuaire étendu, portiques de plus grande capacité, nécessité d'évacuer plus massivement les marchandises.

- Les ports les plus importants en 2015 (toutes marchandises) sont Ningbo (889 Mt), Shanghai (700 Mt) et Singapour (575 Mt). Le premier port non asiatique est Rotterdam (9<sup>me</sup> rang, 470 Mt). Marseille est 53<sup>ème</sup> (82 Mt) et Le Havre 68<sup>ème</sup> (68 Mt).
- Les plus grands ports à conteneurs sont Shanghai (37,1 M d'EVP), Singapour (30,9 M), Shenzhen (24 M), Ningbo (21,6 M), et Hong Kong (19,8 M). Le premier port non asiatique est Los Angeles (15,6 M, 9<sup>ème</sup> rang) et le 1<sup>er</sup> européen est Rotterdam (12,4 M, 13<sup>ème</sup> rang).
- A noter : 90% du commerce mondial en volume est transporté par voie de mer, 70% en valeur. En 2015, les vraquiers représentent 43% du tonnage total maritime, suivi des pétroliers (28,5%) et des porte-conteneurs (13%).
- La centralisation du réseau des échanges mondiaux autour de grands hubs est contemporaine, tout comme la mise en place d'une logistique de transit autour de grands hubs portuaires.
- Bouleversement spécial des relations entre la ville portuaire et son port par le rejet en périphérie des terminaux (besoins de place).
- Un phénomène de déconcentration est souvent évoqué également du fait de capacités limitées d'extension, coûts de congestion, stratégie de diversification des ports d'escale par les compagnies maritimes, le tout contribuant à l'émergence de ports secondaires. Ceci favorise « le développement de « gateways », à savoir des stratégies régionales permettant de favoriser un lieu central (métropole, centre de distribution, etc.), un grand port et également plusieurs ports secondaires qui seront connectés à cette stratégie et dont le développement sera favorisé (ex : Axe Seine, Flanders Gateway, London Gateway...).



Fig. 1 – Routes maritimes principales conteneurisées en 2015. EVP = Équivalent Vingt Pieds. Réalisation à partir des données Lloyd's List Intelligence.

Fig. 2 – Hiérarchie portuaire et principaux corridors maritimes en Europe en 2015. EVP = Équivalent Vingt Pieds. Réalisation à partir des données Lloyd's List Intelligence.

Sources : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01614368/document>, [http://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2014\\_fr.pdf](http://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2014_fr.pdf),  
<http://www.seanews.com.tr/single-weekly-mega-ship-call-can-make-or-break-euro-port-belgian-study/146711/>,  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste\\_des\\_plus\\_grands\\_ports](https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_plus_grands_ports),  
<http://www.scio.gov.cn/31773/35507/35520/Document/1536700/1536700.htm>, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01473935/document>, [https://www.lantenne.com/Classements-des-ports-mondiaux\\_a26954.html](https://www.lantenne.com/Classements-des-ports-mondiaux_a26954.html)

### 5.3. Bateau au GNL

- Navire utilisant le Gaz Naturel Liquéfié comme carburant, parfois associé à un carburant classique (pour les croisiéristes). Le GNL est un dérivé du gaz naturel, un mélange d'hydrocarbures à l'état gazeux.

- Les premiers convaincus sont les exploitants de méthaniers, navires spécialisés dans le transport de gaz qui en consomment une partie pour avancer. Les compagnies de ferries s'équipent également (Brittany Ferries) ainsi que les croisiéristes (Costa...).
- CMA-CGM s'équipe d'une flotte de 9 porte-conteneurs « géants » (22 000 conteneurs) au GNL. Livraison à partir de 2020, fabrication chinoise. Des réflexions sont en cours chez MSC. Jusqu'alors moins de 10 porte-conteneurs utilisaient le GNL, essentiellement des petites unités de 1 – 2 000 boîtes.
- Une centaine de navire au GNL serait en navigation en 2017.
- Le GNL est moins sale que le fioul (CO2 et NOX notamment) et les réserves mondiales plus importantes, surtout avec l'exploitation du gaz de schiste.
- Cout à l'achat plus élevé (surcote de 15%) car pour rester à l'état liquide, le gaz doit être maintenu à -163°C, ce qui implique une technologie plus complexe, une cuve réfrigérée en acier inoxydable, des tuyaux avec une double paroi,...
- Obstacle : quasi absence de « navire de soutage » (navire d'approvisionnement) au GNL pour les navires en escale. Seul navire existant à Zeebrugge (le « Engie Zeebrugge »). Exception : les méthaniers puisent directement dans leurs soutes. Total va travailler avec plusieurs chantiers naval pour concevoir une barge pour approvisionner les navires GNL de CMA-CGM. A l'heure actuelle, les navires GNL sont principalement réapprovisionnés au niveau de sites de soutage fixes ou via des camions-citernes aux capacités bien plus limitées qu'un navire de soutage.
- Marché : méthaniers, cargos, porte-conteneurs, ferries, navires de croisière.



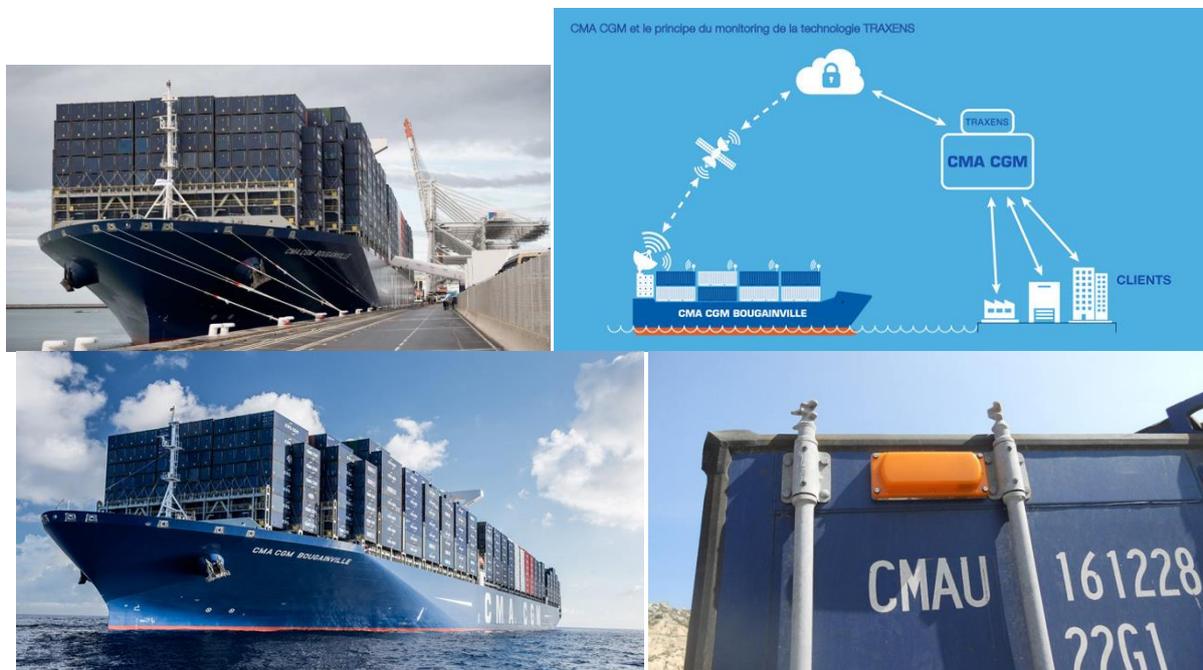
Sources : [http://www.lemonde.fr/economie/article/2017/11/07/cma-cgm-lance-la-revolution-des-navires-geants-au-gaz\\_5211205\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2017/11/07/cma-cgm-lance-la-revolution-des-navires-geants-au-gaz_5211205_3234.html), [https://www.lesechos.fr/02/09/2015/LesEchos/22014-088-ECH\\_navires-de-croisiere---du-gnl-contre-la-pollution-maritime.htm](https://www.lesechos.fr/02/09/2015/LesEchos/22014-088-ECH_navires-de-croisiere---du-gnl-contre-la-pollution-maritime.htm), <https://www.usinenouvelle.com/article/engie-prend-livraison-du-premier-navire-mondial-pour-le-soutage-de-gnl.N502214>, <https://www.connaissancedesenergies.org/le-premier-navire-concu-pour-le-soutage-de-gnl-bientot-en-activite-170307>, <https://www.meretmarine.com/fr/content/meyer-werft-lance-la-construction-du-premier-paquebot-dote-dune-propulsion-au-gnl>.

#### 5.4. Conteneur connecté

- Equipement de boîtiers électroniques de géolocalisation et de communication par satellite sur chaque conteneur maritime. « Faire en sorte que le conteneur raconte sa vie ».
- En 2015, le Bougainville de CMA CGM (3<sup>me</sup> armateur mondial de porte-conteneurs) devient le 1<sup>er</sup> porte conteneur (18 000 EVP) doté de conteneurs connectés (technologie Traxens). Ere du « Big Data » et du « Smart conteneur ». Chaque conteneur est équipé d'un boîtier qui communique avec le navire et avec le siège du groupe à Marseille.
- Traxens est une start-up basée à Marseille née en 2012. CMA CGM et MSC sont entrés au capital de la société qui équipe également SNCF Logistics.
- Le boîtier Traxens (Trax-Box) coûte en location 0,50 centimes d'€ par jour pour un conteneur classique et 3 € par jour pour un reefer. La durée de vie d'un boîtier est de 3 ans.
- Depuis 2016, l'armateur danois Maersk développe un système équivalent baptisé « Remote Container Management ».
- Avantages : transmission d'informations aux acteurs de la chaîne logistique, suivi de l'état du conteneur et accélération des procédures douanières (prouve par exemple qu'un conteneur n'a pas subi de coup, ou le dommage est intervenu pendant le transport routier), suivi de la chaîne du froid

pour les conteneurs reefer, suivi des conditions météo (mesure température, humidité, intérêt pour un conteneur textile), sécurité logistique (permet de prouver que les scellés n'ont pas été violés).

- Marché : 35 millions de conteneurs maritimes circulants dans le monde. En équipant la totalité du parc CMA CGM et MSC, Traxens couvre 20% de part de marché. Traxens ambitionne d'équiper 60% du marché en 2022. Intérêt particulier pour les conteneurs reefer (transport réfrigéré de produits périssables comme des bananes).



Sources : <http://www.actu-transport-logistique.fr/ferroviaire/sncf-logistics-equipe-ses-trains-de-fret-de-boitiers-connectes-342939.php>, <https://www.tertiium-invest.com/%E2%80%A2-trax%C7%9Dns-la-start-up-specialiste-du-smart-container-ouvre-son-capital-a-tertiium/>, <https://www.cma-cgm.fr/detail-news/962/innovation-mondiale-le-cma-cgm-bougainville-devient-le-premier-navire-au-monde-dote-de-conteneurs-connectes-grace-a-la-technologie-traxens>, <https://www.lesechos.fr/thema/030410426527-les-conteneurs-connectes-de-traxens-creent-le-smart-fret-2098233.php>, <https://www.usine-digitale.fr/article/le-conteneur-connecte-bientot-sur-toutes-les-mers-du-globe-grace-aux-francais-cma-cgm-et-traxens.N326831>, <http://www.laprovence.com/article/edition-marseille/4421883/la-start-up-marseillaise-traxens-veut-imposer-un-standard-mondial-pour-tracer-les-conteneurs.h>, <https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/financer-sa-croissance/0211155621605-traxens-la-jeune-pousse-marseillaise-qui-s-impose-dans-les-conteneurs-connectes-212942.php>, <https://www.transportshaker-wavestone.com/le-smart-au-coeur-du-transport-maritime-avec-le-smart-container/>.

## 5.5. Conteneur pliable

- Conteneurs « 4FOLD », concept déposé par une société néerlandaise (HCI, Holland Container Innovations) en 2014 de conteneur 40 'pouvant être repliés lorsqu'il est transporté à vide. Le conteneur se replie en 10 mn selon le constructeur.
- Permet des gains de place et des économies. Dans le cas de trafics déséquilibrés. 1 conteneur sur 5 serait chargé vide sur les navires. 4 conteneurs empilés prennent autant de place qu'un conteneur traditionnel.
- Inconvénients : nécessité d'un appareil de levage pour le plier, conteneur 2 fois plus cher à l'achat.
- Marché : les compagnies CMA CGM et Hanjin se seraient déclarés intéressées par ces nouveaux conteneurs.

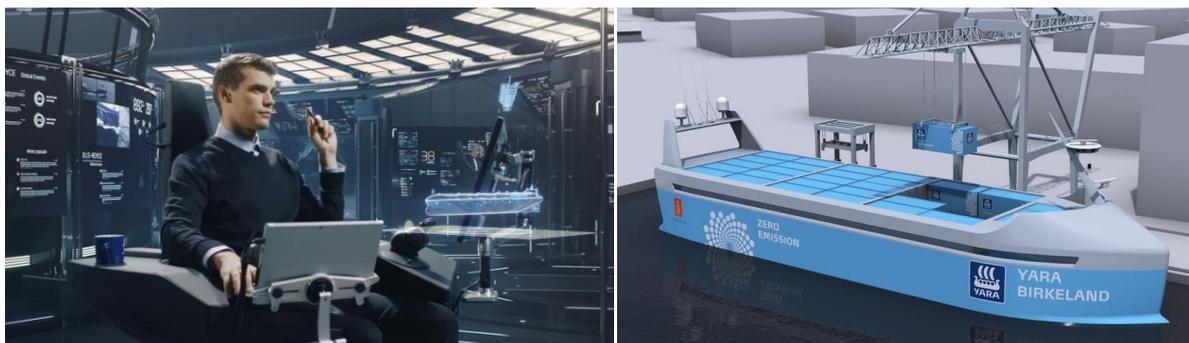


Sources : <http://www.logtrans-services.fr/la-societe/blog-logtrans/des-nerlandais-inventent-le-conteneur-plierable.html#.WiGLZVXiaUk>,  
[http://www.wk-transport-logistique.fr/actualites/detail/73322/actualites\\_detail-videos/image-un-conteneur-pliant-bientot-sur-le-marche.html](http://www.wk-transport-logistique.fr/actualites/detail/73322/actualites_detail-videos/image-un-conteneur-pliant-bientot-sur-le-marche.html),  
[https://www.acte-international.com/upload/depotWeb/ai/pri12\\_04\\_14\\_DC.htm](https://www.acte-international.com/upload/depotWeb/ai/pri12_04_14_DC.htm),  
<http://www.cleantechrepublic.com/2014/05/20/conteneur-plierable-hci-prix-2014-innovation-avenir-transport/>.

## 5.6. Navire autonome

- Navires contrôlés à distance sans équipage, ou avec un équipage minimum. Il utilisera des technologies telles que le GPS, des radars, des caméras ainsi que de nombreux capteurs, à l'instar des voitures sans conducteurs.
- Mise en point en 2017 en Norvège par la société Kongsberg et par Yara d'un cargo prototype, porte-conteneur totalement électrique, qui sera testé en 2018. Ce navire (le « Yara Birkeland ») permettra d'expédier des conteneurs d'engrais aujourd'hui acheminés par la route vers 2 ports norvégiens d'exportation. Coût : 3 fois plus cher qu'un porte-conteneur classique.
- Rolls-Royce développe également ce concept pour des porte-conteneurs, des ferries et des navires militaires (navires de patrouille). Projet « Blue Ocean » en association avec Google.
- Avantage : meilleurs taux de chargement car par d'installations humaines sur le navire, report modal, réduction de risques d'accident pour cause humaine, réduction des coûts liés aux équipages (menace sur le personnel maritime).
- L'Organisation Maritime Internationale (OMI) prévoit que la législation à ce sujet ne soit pas en place avant 2020. Problème identique à celui des voitures autonomes.





Sources : <https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/030571116498-les-promesses-des-navires-sans-equipage-2115123.php>, <https://www.usinenouvelle.com/editorial/video-le-navire-yara-birkeland-sera-le-premier-porte-conteneur-electrique-et-autonome.N539019>, <https://dailygeekshow.com/le-transport-maritime-va-connaître-une-veritable-revolution-avec-l'apparition-de-navires-autonomes-sans-equipage/>, <https://siecldigital.fr/2017/07/25/un-constructeur-norvegien-construct-un-navire-fret-autonome/>, [http://www.lemonde.fr/economie/article/2017/11/23/le-navire-autonome-painte-sa-coque\\_5218929\\_3234.html](http://www.lemonde.fr/economie/article/2017/11/23/le-navire-autonome-painte-sa-coque_5218929_3234.html), <http://www.actunautique.com/2017/10/la-folle-epopee-de-rolls-royce-dans-les-navires-autonomes.html>, <https://www.usinenouvelle.com/article/rolls-royce-imagine-un-navire-cargo-commande-a-distance.N244108>, <https://www.objetconnecte.com/navire-autonome-norvege/>, <https://www.objetconnecte.com/navires-autonomes-rolls-royce-1602/>.

## 5.7. Voile de traction

- Principe du kite-surf appliqué aux navires ou de cerf-volant comme assistance de traction. Plusieurs projets.
- Projet AirSeas depuis 2016, aile de 1 000 m<sup>2</sup> reliée à la proue d'un navire par un câble de 400 m pour abaisser la consommation de carburant. Mise au point par l'entreprise AirSeas, filiale d'Airbus, par un bureau d'étude norvégien (LMG Marin) et avec l'Ecole Nationale Supérieure Maritime (ENSM) de Nantes. Démarrage du projet en 2016, accompagnement de l'ADEME (dans le cadre du programme « navires du futur »). Premiers test envisagés sur des navires de la compagnie Louis Dreyfus qui transporte des morceaux d'avion depuis le port de Saint Nazaire.
- Projet Beyond the Sea, porté depuis 2007 par le navigateur Yves Parlier, soutien de l'ADEME, Région Nouvelle-Aquitaine, CMA-CGM parmi les partenaires. Voile de 320 m<sup>2</sup> pour les navires de plaisance ou de pêche, de 800 m<sup>2</sup> pour les cargos.
- Projet identique plus ancien de la société allemande SkySails née en 2001. Le premier cargo utilisant un cerf-volant comme assistance de traction était le Beluga SkySails lancé en 2007 de Brême vers le Venezuela et les USA. Durant le voyage inaugural, le cerf-volant a été hissé pour des périodes allant de quelques minutes à 8 heures. Le système SkySails coûte 500 000 €.
- Le marché du fret : porte-conteneurs, cargos, vraquiers ou tankers. Navires de passagers envisagés également. SkySails estime que 60 000 des 100 000 cargos pourraient être équipés d'une voile.
- Economie de 20% à 30% en carburant et en émission de CO<sub>2</sub> d'après les différents concepteurs.





Sources : <http://www.letelegramme.fr/economie/transport-maritime-en-mode-kite-surf-31-10-2017-11722418.php>, <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/seawing-2017-09-20.pdf>, <http://seme.cer.free.fr/plaisance/voiles-cerf-volant-pour-bateaux-a-moteur.php>, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Beluga\\_SkySails](https://fr.wikipedia.org/wiki/Beluga_SkySails), <https://www.ddmagazine.com/2008033158/transports/Les-cargos-se-mettent-au-kite-surf.html>, <https://la1ere.francetvinfo.fr/2015/07/02/ecologie-des-cargos-tractes-par-cerf-volant-le-pari-fou-d-yves-parlier-268612.html>, <http://www.beyond-the-sea.com/>, <http://www.theriderpost.com/disciplines/water/le-projet-beyond-the-sea-un-cargo-tracte-par-une-aile-de-kite/>.

## 6. Innovations dans les organisations logistiques

## 6.1. Regroupement de plates-formes

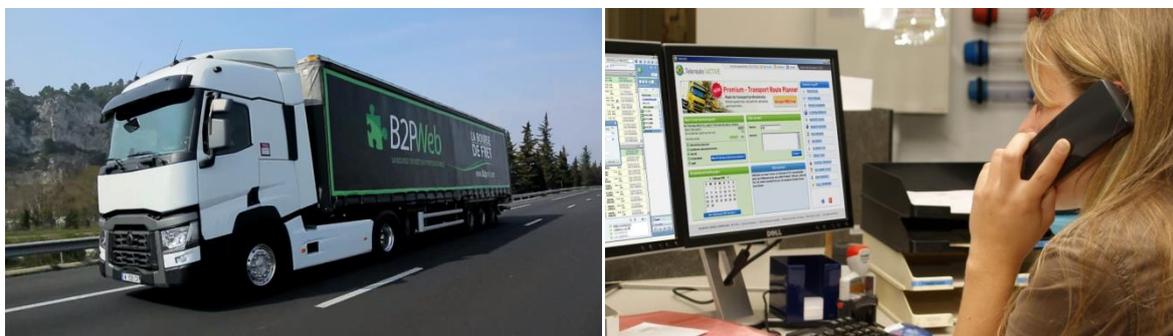
- Logique d'optimisation des schémas logistiques des grands distributeurs sur des plates-formes « multi formats » (multi formats de magasins, c'est-à-dire alimentant hypermarchés, supermarchés et magasins de proximité).
- Auparavant la plupart des distributeurs avaient deux chaînes logistiques. Par exemple chez Auchan, une première chaîne de 35 entrepôts en France qui alimentent les plus grandes surfaces (hypermarchés) + une deuxième chaîne de 14 PF qui alimentent les 313 Simply Market et autres magasins de proximité. Désormais, les deux chaînes n'en font plus qu'une seule.
- Objectifs de cette remise à plat lancée par tous les grands distributeurs en France : optimisation logistique, réduction des coûts, économies de km parcourus, mutualisation des achats, préparation de commandes et expéditions, optimisation des taux de remplissage des camions, unification de la gestion informatique.
- Principale conséquence en termes d'aménagement : fermetures de sites, regroupement sur de très grandes PF. Construction de nouveaux méga-hubs généralement très automatisés.
- Cette stratégie va à contresens de la politique actuelle de cross-docking et de flux tendus qui vise à réduire les stocks. On reviendrait alors davantage sur une logistique de stock.
- Exemple de Carrefour (projet Caravelle, plan de modernisation logistique) : réduction du parc de 67 à 55 entrepôts et conversion de 34 sites au multiformat. Plan débuté en 2014 et devant s'achever fin 2018. Aujourd'hui encore, « un entrepôt dessert soit les hypers, soit les supers, soit la proximité. Désormais, il mettra son stock à disposition de tous les formats. Cela permettra à nos 4 800 magasins français de disposer de l'ensemble de nos assortiments et à un Carrefour City qui en a besoin, du fait de sa typologie de clientèle, de commander un article jusqu'ici destiné aux seuls hypers. Ce système va offrir au groupe une flexibilité comme jamais on en a eu en distribution : on va pouvoir travailler l'assortiment au quartier près et proposer les produits qui « cartonnent » au bon endroit, dans le bon point de vente. »
- Exemple en Ile-de-France : nouvel entrepôt Carrefour sous température dirigée ouvert en juillet 2017 de 18 700 m<sup>2</sup> à Brie-Comte-Robert (77), presté par ID Logistics. Traite produits alimentaires pour 440 magasins de proximité Carrefour (City, Bio, Contact, Express, 8 à huit, Proxi...). 200 salariés. Entrepôt identique à La Courneuve couvrant le Nord de Paris.
- Exemple Auchan qui a construit son premier entrepôt multiformat à Trappes en 2013 sur 48 000 m<sup>2</sup> qui remplace 2 anciens sites spécialisés à Trappes et Epône (Yvelines).
- Limites de cette stratégie : « casse sociale » et conséquences en termes d'emplois (mais difficile à mesurer), questions sécuritaires en cas d'incendies.



Sources : <http://www.actu-transport-logistique.fr/bibliotheque-numerique/lm/269/dossier/grande-distribution-une-supply-chain-multiformat-216068.php>, <https://www.lsa-conso.fr/caravelle-les-cles-de-la-revoluti-on-logistique-de-carrefour,188032>, <http://www.distripedie.com/distripedie/spip.php?article1918>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/bibliotheque-numerique/lm/283/dossier/auchan-tend-vers-des-entrepots-multiformats-de-magasins-219898.php>, [https://www.lesechos.fr/13/02/2013/LesEchos/21375-085-ECH\\_leclerc-affirme-sa-strategie-multicanale.htm](https://www.lesechos.fr/13/02/2013/LesEchos/21375-085-ECH_leclerc-affirme-sa-strategie-multicanale.htm), <http://www.actu-transport-logistique.fr/bibliotheque-numerique/lm/283/dossier/la-grande-distribution-en-rupture-logistique-219899.php>, <https://www.lsa-conso.fr/auchan-devoile-son-entrepot-modele-a-trappes,144618>, <http://www.lemansdeveloppement.fr/actualites/excellence-logistique-carrefour-supply-chain-emmenage-a-allonnes/>, <http://supplychainmagazine.fr/NL/2017/2529/index.html>

## 6.2. Mutualisation bourse de fret

- « Une bourse de fret permet à divers acteurs du transport routier de marchandises de trouver et / ou de fournir des missions d'acheminement de biens pour le compte d'autrui ».
- Le but recherché est de maximiser les taux de remplissage, minimiser les trajets à vide.
- Les avancées technologiques de communication ont permis le développement des premières bourses de fret (minitel...). L'émergence d'internet démultiplie les possibilités.
- Des bourses de fret au niveau européen, existent : TimoCom, Wtransnet, B2PWeb (qui a mis en place une bourse de fret sur le MIN de Rungis en 2016), Téléroute qui existe depuis 1986 (TéléFret à l'époque, sur internet).
- En France, d'après WK-transport, 23 plateformes d'intermédiation dans le secteur du transport existeraient, captant entre 8 et 12% des volumes transportés dans l'hexagone.
- A l'échelle européenne il y aurait près de 200 places de marché.
- Le principal frein est la complexité organisationnelle et les freins psychologiques de partage d'informations auprès d'autres acteurs du transport ou d'autres chargeurs (potentiellement concurrents).

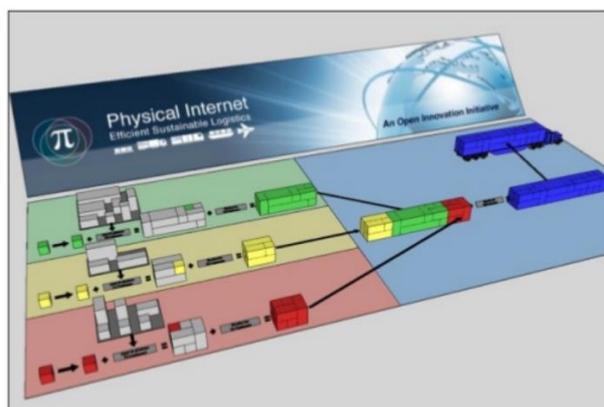


Sources : <https://www.lesechos-etudes.fr/news/2017/03/09/luberisation-du-transport-de-marchandises/>, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport\\_de\\_marchandises](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_de_marchandises), <http://www.actu-transport-logistique.fr/bibliotheque-numerique/ot/2667/grand-angle/la-strategie-inouvee-des-bourses-de-fret-197160.php>, <http://www.voxlog.fr/actualite/626/teleroute-la-bourse-de-fret-fete-ses-30-ans>, [https://www.lesechos.fr/22/11/2004/LesEchos/19290-147-ECH\\_les-bourses-de-fret--un-marche-de-niche-pour-les-contrats--spot--.htm](https://www.lesechos.fr/22/11/2004/LesEchos/19290-147-ECH_les-bourses-de-fret--un-marche-de-niche-pour-les-contrats--spot--.htm), <http://www.transportinfo.fr/bourse-fret-services-augmenter-frequentation/>, <http://www.wk-transport-logistique.fr/actualites/detail/97280/actualites-detail-officiel-transporteurs/le-marche-des-bourses-de-fret-prend-de-l-ampleur.html>, <https://www.reussir.fr/fruits-legumes/fruits-legumes/fruits-legumes/rungis-lance-sa-bourse-privée-de-transport-routier>,

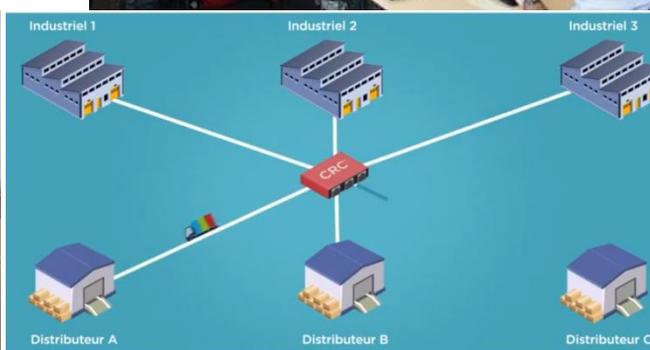
## 6.3. Internet Physique

- « L'Internet physique est un système logistique global tirant profit de l'interconnexion des réseaux d'approvisionnement par un ensemble standardisé de protocoles de collaboration, de conteneurs modulaires et d'interfaces intelligentes pour une efficacité et une durabilité accrues. ». Concept développé par le Français Éric Ballot, le Canadien Benoit Montreuil et l'Américain Russell D. Meller.
- L'idée est appliquer les principes d'Internet à la logistique. Avant, les réseaux informatiques étaient hétérogènes, privés. Puis la norme TCP/IP (ensemble de protocoles utilisés pour le transfert de données) s'est imposé et a permis la création du « World Wide Web » ou toile mondiale.
- C'est un concept de partage des entrepôts et des moyens de transport. Faire en sorte qu'un envoi physique (de marchandises) puisse utiliser différents réseaux, l'un après l'autre, pour arriver à destination. Aujourd'hui il y a différents réseaux (réseaux de La Poste, des transporteurs, des compagnies maritimes...) qui « ne fonctionnent pas très bien ensemble ». Pour qu'ils fonctionnent ensemble il faut 3 ingrédients : 1. un conteneur modulaire (pour constituer un espace privé dans un réseau modulaire, protéger les marchandises et favoriser la manutention. Dans l'histoire des transports, le conteneur maritime a réduit par 10 les coûts de manutention). 2. des codifications de l'information partagées par tous (un langage commun). 3. Des outils en ligne de capacités disponibles en moyens de transport et en moyens de stockage.
- Objectif : une mutualisation à grande échelle afin d'augmenter le taux de remplissage des PL, baisse des coûts logistiques, réduction des émissions de GES.

- Quelques expérimentations ont eu lieu sur des principes de base de l'Internet physique : Ideo (filiale d'ID Logistics) a interconnecté la gestion de 2 chargeurs clients Danone Waters et Européenne d'Embouteillage. Située à Saint-Priest (Lyon), la plate-forme de pilotage d'Ideo est une sorte de « tour de contrôle » qui mutualise les flux routiers de ses clients, travaille sur les temps d'attente, les kilomètres à vide, les taux de remplissage et mutualise les systèmes d'information.
- Autres expérimentation : CRC (Centre de Routage Collaboratif). Un industriel, au lieu de faire un camion pour un client, fait un camion pour plusieurs clients dans la même région. Arrivées sur le centre de routage, les palettes (aujourd'hui, contenant à l'avenir) sont triées, regroupées par enseignes venant de plusieurs fournisseurs. Ceci permet de saturer les camions en amont et en aval du CRC, faisant passer les taux de remplissage de 60% à 87% dans la première année de fonctionnement. Les étapes suivantes sont la généralisation du contenant standardisé et le transfert modal vers le train. FM Logistics a rejoint le projet CRC en 2014 sur son site de St-Martin-de-Crau.
- Pour aller au bout de la démarche, moyens technologiques nécessaires, surtout s'attaquer à la standardisation des contenants. La création du conteneur a été une révolution totale, mais la standardisation est imparfaite. Ces contenants doivent être de taille standard, utilisable par tous les moyens de transport, dotés de systèmes de connectivité et de géolocalisation.
- Les conditions de la mise en place de l'Internet physique : évolution des mentalités, partage des informations, sous-traitance à des partenaires logistique de confiance, conception d'UTI standard multimodes...
- Marché : l'internet physique ne concerne aujourd'hui que la grande distribution.



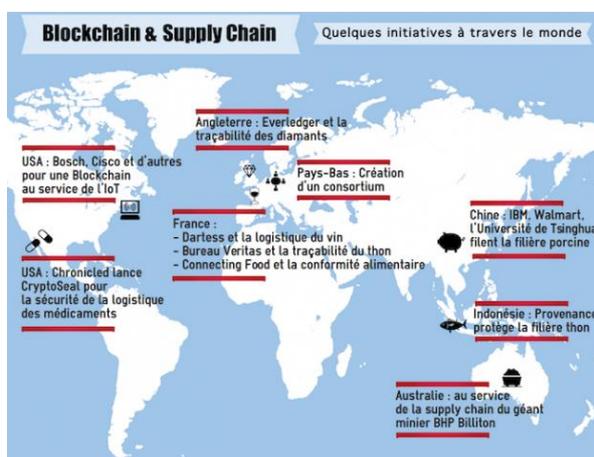
Consolidation transparente de conteneurs modulaire dans l'Internet Physique  
B. Montreuil & C. Thivierge, 2011



Sources : <https://www.usinenouvelle.com/article/l-internet-physique-atout-de-la-supply-chain.N383723>, <https://www.usine-digitale.fr/logistique/4/>, <https://fr.slideshare.net/physical-internet/manifeste-pour-linternet-physique-fr-version-1111-20121128>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/quottout-lenjeu-de-linternet-physique-est-de-travailler-a-la-productivite-de-la-rupture-de-chargequot-180158.php>, <https://www.usinenouvelle.com/article/partager-le-pilotage-c-est-payant.N331487>, <http://www.supplychainmagazine.fr/NL/2015/2016/index.html>, <https://www.usinenouvelle.com/article/quand-l-internet-physique-bouscule-la-supply-chain.N383996>, <https://www.youtube.com/watch?v=RQVUJ6CbnRg>, [http://www.voxlog.fr/dossier/16\\_1/linternet-physique-en-ordre-de-marche](http://www.voxlog.fr/dossier/16_1/linternet-physique-en-ordre-de-marche),

## 6.4. La blockchain dans la logistique

- La blockchain, appliquée à la logistique, est une technologie de stockage et de transmission des données dans une chaîne logistique allant du producteur ou du fabricant ou consommateur ou acheteur final. La particularité de la blockchain est la sécurisation, l'automatisation, et la traçabilité. Les données sont directement intégrés dans le système et automatiquement suivies et transmises. Les transactions se font en bitcoin. Plusieurs entreprises ont témoigné de leur adhésion à la blockchain et à sa mise en place dans leur supply chain.
- Exemple : pour la logistique du vin, la blockchain est adaptée car il s'agit de produit coûteux, parfois très coûteux (1 semi de vin peut valoir jusqu'à 25 millions d'euros), avec des enjeux de traçabilité importants (surtout à l'international). Et pourtant, la logistique dans le monde du vin est encore considérée comme accessoire ; la logistique du vin a 20 ans de retard.
- Pour la logistique du thon, témoignage du bureau de certification Veritas : la blockchain supprime la fraude, permet une meilleure traçabilité... mais tout cela à un coût. Qui Paye ? Veritas fait le pari que le consommateur final sera prêt à payer 1 à 2% de plus sur son prix d'achat.
- Pour l'IAA, témoignage de Fleury Michon et de Connecting Food : Fleury Michon fait appel à des organismes de certification de type Veritas, pour contrôler les fournisseurs de porcs par exemple, mais aussi les fournisseurs des fournisseurs, et les fournisseurs de rang 3 ou 4.... Ce travail de certification, très long et complexe, ne peut être fait que de temps en temps, pas régulièrement. Avec la blockchain, cette vérification est immédiate et permanente, elle ne souffre pas de rupture, ce qui est un gage de qualité.
- La blockchain concerne surtout les marchés internationaux et les grandes entreprises, capables d'intégrer cette nouvelle technologie dans leur fonctionnement. Mais à l'avenir, la blockchain pourra aussi, d'après les participants, s'intégrer à de plus petites structures.
- La blockchain est particulièrement développé aux USA ou les entreprises de la Silicon Valley l'intègrent de plus en plus. La France ne fait que découvrir la blockchain avec retard. Elle risque, comme cela s'est passé pour Internet dans les années 90, de perdre la maîtrise des protocoles et se faire imposer des normes américaines.
- Il existe des blockchains publiques et des blockchains privées. Les 2/3 sont aujourd'hui privées. La blockchain est administré par des entreprises par des « mineurs », qui sont des personnes à forte compétence scientifique, mathématiciens, informaticiens, probabilistes, qui créent la blockchain et la contrôlent. Ces mineurs sont à la base du cryptage des données. En effet, les données ne sont pas transmises et suivies de façon intelligible, mais cryptées.
- « Il faut bien distinguer la donnée de la preuve de données ». Les intervenant suivants dans la chaîne de la blockchain n'ont accès qu'à la preuve de la donnée (et que cette données est conforme aux normes...) et pas à la donnée elle-même.
- Nuances à apporter : pour certains la blockchain ne serait finalement qu'un ERP. De plus, la blockchain est aussi très dépendante des données qui sont introduites (par exemple, qu'est-ce que va empêcher un pêcheur de thon du Pacifique Sud de rentrer des informations erronées sur la quantité de prise, le type de thon pêché, le lieu de pêche... l'humain reste faillible). Des systèmes de « réputation » sont mis en place néanmoins.



Sources : Conférence Supply Chain Event novembre 2016, <https://blockchainfrance.net/2017/08/23/blockchain-logistique-et-supply-chain-panorama-des-possibilites/>, <https://www.usinenouvelle.com/article/la-blockchain-sur-les-traces-de-la-supply-chain.N510414>, [http://www.voxlog.fr/dossier/47\\_1/la-blockchain-facteur-de-disruption](http://www.voxlog.fr/dossier/47_1/la-blockchain-facteur-de-disruption), <http://www.actu-transport-logistique.fr/dossiers/supply-chain/quand-la-blockchain-chasse-sur-les-terres-logistiques-343681.php>.

## 6.5. Imprimantes 3D

- Nouvelle technologie émergente de production à distance par superposition de très fines couches de matières pour fabriquer des objets. On parle aussi de fabrication additive.
- Chez les logisticiens (et notamment les messagers) elle permet de produire une pièce à la demande, plutôt que la stocker ou l'acheminer sur des milliers de km. Par exemple des pièces de rechange pour machines-outils. La mise à disposition d'imprimantes 3D pourrait également faire partie des futurs services offerts par les entreprises de messagerie express à leurs clients.
- D'après une étude d'un cabinet américain (Gartner) en 2016, « 65% des acteurs de la logistique (dans le monde) utilisent déjà ou comptent investir prochainement dans l'impression 3D ».
- Avantage : gains de transport, moindres déchets, optimisation logistique sur le stockage de pièces industrielles,...
- Marché : les messagers sont particulièrement intéressés par l'impression 3D. DHL et UPS s'y préparent déjà. UPS considère que ces « mini usines » implantées à proximité des clients finaux impactent la maîtrise des derniers km et si ces mini usines sont chez le client, impactent l'approvisionnement en matières premières. Depuis 2015, UPS a installé plusieurs centaines d'imprimantes 3D aux USA pour les petites entreprises.
- Application grand public par le « Fab Lab », ateliers ouverts à tout public mettant à disposition des outils, machines et matériels digitaux pour permettre la conception et la réalisation d'objets. Cibles ; artistes, bricoleurs, designers... des conseillers sur place sont présents pour donner des conseils. Il existe une centaine de Fab Lab en France en 2017.
- Application par les « Techshop » chez Leroy Merlin, atelier collaboratif accueillant artisans, modélistes textile, particuliers... pour la fabrication d'objets 2 Techshops en France en 2017, à Ivry/Seine (2 000 m<sup>2</sup>) et à Lille, avec des espaces thématiques pour la découpe du bois, du métal, du plastique, du textile et l'impression 3D.
- Exemple La Poste avec une société française Sculpteo en 2013 : imprimantes 3D installées dans 3 bureaux de poste parisiens (Boulogne, Hôtel-de-Ville et Paris Bonne Nouvelle) pour la fabrication de coques de smartphone personnalisées, ou de tasse, de bijoux... en plastique, céramique ou résine. Délai fabrication : de 4 h pour une coque à plusieurs jours pour un objet plus complexe. Expérimentation sur 6 mois. Au final, bilan mitigé car produits finaux de qualité moindre. Sculpteo se repositionne aujourd'hui sur le BtoB.





Sources : <https://www.3dnatives.com/impression-3d-chaine-logistique-18042016/>, <https://www.lesechos.fr/07/08/2013/LesEchos/21495-070-ECH-I-impression-3d-bouscule-la-logistique.htm>, <https://www.eol.fr/article-914-l-imprimante-3d-des-enjeux-commerciaux-logistiques-et-environnementaux.html>, <http://www.farinia.com/fr/fabrication-additive/techniques-fabrication-additive/qu-est-ce-que-la-fabrication-additive>, <https://humanoides.fr/leroy-merlin-signe-partenariat-techshop/>, <https://www.usinenouvelle.com/editorial/avec-son-nouveau-techshop-a-lille-leroy-merlin-continue-de-surfer-sur-la-culture-maker.N531224>, <https://www.usine-digitale.fr/editorial/techshop-a-ivry-sur-seine-leroy-merlin-ouvre-a-ses-clients-des-ateliers-partages.N358526>, <https://www.yeswegreen.org/fablabs-temple-doityourself-diy/>, <https://3dprint.com/wp-content/uploads/2015/02/f2.jpeg>, <http://www.zesmallfactory.com/news/458-impression-3d-une-opportunit-e-pour-la-poste-americaine/>, [http://www.lemonde.fr/societe/article/2013/11/27/la-poste-se-lance-dans-l-impression-3d\\_3520839\\_3224.html](http://www.lemonde.fr/societe/article/2013/11/27/la-poste-se-lance-dans-l-impression-3d_3520839_3224.html), <http://www.futura-sciences.com/tech/actualites/technologie-poste-teste-service-impression-3d-50577/>, <http://www.primante3d.com/postal/>,

## 6.6. Circuits courts

- Le circuit court alimentaire est en plein essor sous l'impulsion de la demande en produits locaux valorisant les productions agricoles locales.
- Exemple : dans la lignée de la vente à la ferme, développement des drives alimentaires sous forme de marchés itinérants de proximité (type La Ruche qui dit Oui, réseau, regroupant plusieurs producteurs ou maraichers, ou sous la forme de consignes automatiques (commandes et paiement en ligne de fruits et légumes, dépôt le matin par l'agriculteur, retrait par le client dans la journée dans des consignes automatiques). Modèle plus ancien de l'AMAP (Association pour le Maintien de l'Agriculture Paysanne), moins souple car le client s'engage à venir chercher périodiquement un panier des produits de saison qu'il ne choisit pas.
- Nombreux projets d'approvisionnement de cantines scolaires en produits locaux à partir de locaux logistiques (comme des centres de tris de La Poste) sous utilisés ou en voie de reconversion,
- Avantages : suppression des intermédiaires, moindre opacité sur le travail et les marges prises par ces intermédiaires transporteurs logisticiens ou centrales d'achat, relation directe producteur-consommateur qui favorise l'économie locale, moindres coûts de transport, valorisation du travail du producteur...
- Inconvénients : l'efficacité logistique est parfois contestée par rapport à une filière longue de distribution, par un manque d'efficacité énergétique (transport de petites quantités, voyages retour à vide...). La filière courte implique également une surcharge de travail pour les producteurs pour qui la vente, le e-commerce et la logistique n'est pas le métier.



Sources : <https://www.lsa-conso.fr/au-bout-du-champ-distribue-les-fruit-et-legumes-locaux-dans-des-casiers-urbains,162815>,  
[https://www.lexpress.fr/styles/forme/tout-sur-la-ruche-qui-dit-oui-ses-avantages-ses-inconvenients-la-difference-avec-une-amap\\_1751837.html](https://www.lexpress.fr/styles/forme/tout-sur-la-ruche-qui-dit-oui-ses-avantages-ses-inconvenients-la-difference-avec-une-amap_1751837.html),  
<https://reporterre.net/La-Ruche-qui-dit-oui-uberise-t-elle-le-systeme-Amap>,  
[http://www.cuma.fr/sites/default/files/2014\\_03\\_28\\_dossier\\_collaborations\\_logisitques\\_circuits\\_courts.pdf](http://www.cuma.fr/sites/default/files/2014_03_28_dossier_collaborations_logisitques_circuits_courts.pdf),  
[http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fiche\\_17\\_Privilegier\\_la\\_boucle\\_locale\\_alimentaire\\_cle013a46.pdf](http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fiche_17_Privilegier_la_boucle_locale_alimentaire_cle013a46.pdf),  
<https://www.lesechos.fr/thema/salon-agriculture-2016/021721203147-les-circuits-courts-federent-de-plus-en-plus-dans-les-territoires-1203177.php>,  
[https://www.paysdumans.fr/sites/default/files/files/rapport\\_final\\_etude\\_marche.pdf](https://www.paysdumans.fr/sites/default/files/files/rapport_final_etude_marche.pdf),  
<https://magazine.laruchequiditoui.fr/les-circuits-courts-sont-une-premiere-etape-pour-redemarrer-un-systeme-alimentaire-devenu-fou/>,  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit\\_court](https://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit_court).

## 6.7. Reverse Logistics

- Logistique inverse, ensemble des processus logistiques des flux du consommateur vers le producteur. Il concerne donc le retour produit (soit invendu, soit SAV test réparation échange...) et le retour déchets ou emballages. Elle implique les processus de récupération, puis, soit de recyclage soit de destruction. La logistique inverse s'oppose à la « logistique conventionnelle ». Elle rentre dans le cadre de « l'économie circulaire ».
- C'est une logistique croissante sous l'impulsion de plusieurs phénomènes : développement du e-commerce et prise en compte des retours achats prêt-à-porter, considérations écologiques et recyclage,... ce n'est pas un phénomène nouveau.
- Elle est considérée comme source de valeur, mais plus manuelle, plus compliquée et plus chère que la logistique aller. Elle est d'abord considérée comme un mal nécessaire (les industriels et transporteurs souhaitent la minimiser), mais Internet a changé la donne (pour les produits de consommation). Chez les e-commerçants elle est intégrée dès la vente comme argument commercial.
- La loi Hamon de 2014 a accéléré cette prise en compte chez les e-commerçants : délai de rétractation passant de 7 à 14 jours, condition de rétractation avec recommandé AR auparavant, contre un simple mail aujourd'hui, délai de remboursement passant de 30 à 14 jours, obligation d'informer le consommateur de sa prise en charge des frais de retour.
- Concernant les équipements électriques et électroniques, application de Directives européennes sur les DEEE (Déchets d'Équipement Électriques ou Electronique), matières dangereuses (RoHS), véhicules hors d'usage (VHU)...

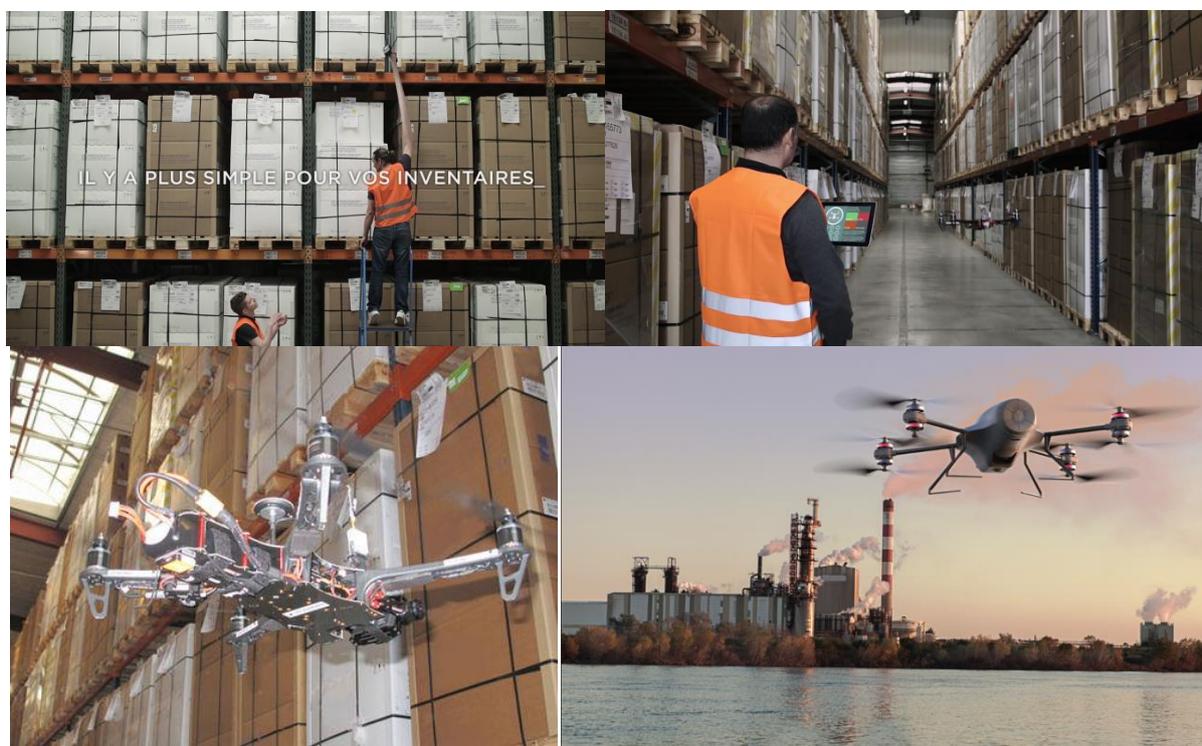


Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Reverse\\_logistics](https://fr.wikipedia.org/wiki/Reverse_logistics), <http://www.retail-chain.fr/reverse-logistic>, [http://www.faq-logistique.com/reverse\\_logistics.htm](http://www.faq-logistique.com/reverse_logistics.htm), <http://supplychainmagazine.fr/TOUTE-INFO/Archives/SCM010/Dossier-reverse-10.pdf>, [http://www.themavision.fr/jcms/rw\\_372075/la-logistique-inverse-un-maillon-fort-de-votre-supply-chain](http://www.themavision.fr/jcms/rw_372075/la-logistique-inverse-un-maillon-fort-de-votre-supply-chain), [https://www.lesechos.fr/27/03/2007/LesEchos/19886-531-ECH\\_la--reverse-logistics--decolle.htm](https://www.lesechos.fr/27/03/2007/LesEchos/19886-531-ECH_la--reverse-logistics--decolle.htm), <http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/economie-circulaire-la-logistique-doit-entrer-dans-la-boucle-180924.php>, [http://www.xerfi-precepta-strategiques-tv.com/emission/Remy-Le-Moigne\\_Economie-circulaire-les-enjeux-strategiques-de-la-reverse-supply-chain\\_1564.html](http://www.xerfi-precepta-strategiques-tv.com/emission/Remy-Le-Moigne_Economie-circulaire-les-enjeux-strategiques-de-la-reverse-supply-chain_1564.html), <http://www.supplychainmagazine.fr/TOUTE-INFO/Archives/SCM084/ENQUETE-84.pdf>, <http://cerasis.com/2014/05/07/reverse-logistics-in-e-commerce/>, <http://www.ecommercemag.fr/Thematique/solutions-1011/logistique-10047/Breves/Reverse-logistique-anticiper-retours-300899.htm#7MXpge76GvLtkQ67.97>.

## 7. Innovations dans l'entreposage

## 7.1. Les drones d'inventaire

- L'avantage de ces drones réside dans l'absence d'autorisation nécessaire de la part de l'aviation civile. Les drones en logistique ont un bel avenir à condition de ne pas sortir des entrepôts (alors que les projets de livraison par voie aérienne sur lesquels travaillent Amazon, Google et Alibaba butent sur des écueils réglementaires).
- Son objectif est la réduction de la pénibilité pour les salariés qui ont normalement en charge ce travail d'inventaire.
- Le drone est semi-autonome, il doit lire les étiquettes de manière autonome, se déplacer tout seul dans l'entrepôt, mais il est surveillé à distance par un opérateur sur une tablette.
- Les données connectées par les drones sont directement transférées aux WMS de l'entrepôt.
- Le prix d'un drone est de l'ordre de 30 000 euros l'unité (prix comprenant le drone + la tablette, la formation et la maintenance).
- Actuellement, les drones sont notamment en test chez FM Logistics et Géodis en France. Kuehne Nagel monte en 2017 un projet sur la gestion des drones d'inventaires dans les entrepôts de grande hauteur et de grande superficie (pour cela, Kuehne Nagel travaille avec l'IPSA, l'Institut Polytechnique des Science Avancées, une école d'ingénieur basée à Toulouse et Paris). Aux USA, Walmart, n°1 de la distribution, est en train de s'équiper.
- Des limites techniques néanmoins : le drone a besoin de lumière dans l'entrepôt pour se diriger, pour pouvoir détecter les murs et le sol (certaines couleurs ou teintes sont probablement plus difficiles à détecter comme pour les drones ménagers avec les teintes sombres). Un autre problème est celui de l'autonomie des batteries (+/- 15 minutes).
- Le drone est une des marches supplémentaires dans la marche de l'automatisation (ERP, WMS ou logiciel de gestion d'entrepôts...) et la réduction des emplois (emplois néanmoins rébarbatifs).
- Ce type de drone peut aussi être appliqué aux usines de production, par exemple pour réapprovisionner un poste de travail en contenants comme des bacs plastiques (l'entrepôt est lui-même une « usine » logistique).



Sources : Supply Chain Event 2016, <http://drones.blog.lemonde.fr/2016/07/06/pour-realiser-un-inventaire-le-drone-simpose/>, <http://www.air-cosmos.com/azur-drones-rachete-l-entreprise-bordelaise-skeyetech-102213>, <http://www.aeromorning.com/blog/drones-logistique-kuehne-nagel-sassocie-a-lipsa/>, <https://www.raja.fr/blog-fr/lentrepot-du-futur-a-lheure-du-ces-2017/>,

## 7.2. Les drones de surveillance d'entrepôts

- Les drones permettent de renforcer la surveillance de locaux industriels et logistiques. Equipés d'une caméra (éventuellement thermique) ils transmettent des informations à l'agent situé au PC de sécurité.
- Les périodes de pause ou de recharges des batteries restent très aléatoires. Il devient alors difficile de s'introduire dans des bâtiments logistiques en misant sur la prévisibilité de rondes systématiques et récurrentes.
- Cette application sur les « drone civils » découle de l'application des drones par l'armée, les pompiers ou les services de police. L'armée utilise des drones plus perfectionnés et beaucoup plus autonomes (plusieurs heures d'autonomie). La SNCF teste également la surveillance de son réseau par drone.
- Les drones de surveillance sont bien adaptés aux parkings de stockage de voitures. En recourant aux drones, le contrôle pourrait être effectué plus rapidement et plus précisément (la caméra permet une reconnaissance faciale).

Sources : <https://www.immobilierdunmondequichange.fr/drones-dans-la-logistique/>, <http://www.zonebourse.com/WAREHOUSES-DE-PAUW-5964/actualite/Drones-et-logistique-le-point-sur-la-question-24964674/>

## 7.3. Les exosquelettes

- Structure mécanique d'assistance à l'effort pour soulager les préparateurs de commandes (squelette externe, veste robotisée ou jambières spéciales).
- Ils réduisent les troubles musculo squelettiques (TMS). Plus de 40 000 salariés indemnisés pour des TMS en 2014.
- Les exosquelettes soulagent les lombaires des employés lorsqu'ils soulèvent et déposent des objets pendant la préparation et l'emballage des commandes. L'exosquelette est pourvu d'un système de ressort qui agit en contrepoids : lorsque l'employé se penche, une poussée inverse du ressort réduit de 40 % la charge sur le dos.
- Il existe aussi des exosquelettes « actifs » qui soutiennent en plus les bras. Ils sont en test chez Géodis aux Pays-Bas. Des exosquelettes sont utilisés également chez Daher...
- Panasonic est un des principaux constructeurs d'exosquelettes et de robots d'assistance à la personne. D'après l'entreprise, l'exosquelette permet de réduire de 15 kilogrammes la charge réelle supportée par le dos.
- Outre les logisticiens (notamment de la grande distribution), les secteurs intéressés sont le BTP, l'industrie automobile (Ford en utilise), l'armement et l'aéronautique (DCNS, Safran).
- Un exosquelette coûte entre 4 000 et 10 000 euros, ce qui rentre le budget normal d'une entreprise. Le prix est justifié par la complexité technique qu'il contient à l'intérieur : il y a de l'électronique, des batteries, des moteurs.
- Le handicap est l'autre domaine d'application.



Sources : <http://strategieslogistique.com/Des-exosquelettes-en-entrepot,6824>, <https://www.expoprotection.com/SANTE-ET-SECURITE-AU-TRAVAIL/Article.htm?Zoom=0484b740385bcaec6c05e929ede6b871>, <https://humanoides.fr/panasonic-une-gamme-exosquelettes/>, <https://www.digitalforallnow.com/exhaus-exosquelettes-de-travail-lengouement-contre-la-resistance-au-changement/>, <http://www.daher.com/fr/innovation-by-daher-lexosquelette-un-outil-de-prevention-efficace/>

## 7.4. La robotisation des entrepôts

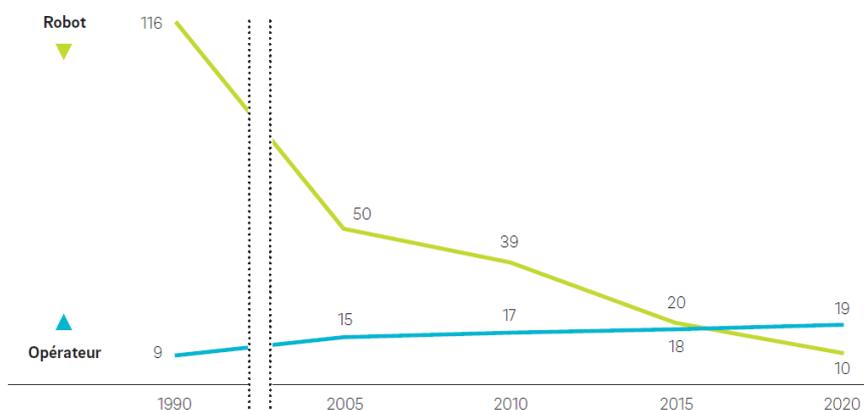
- La technologie a investi les entrepôts depuis de nombreuses années. La robotisation est un phénomène qui se poursuit.
- Exemple : Scallog (spécialiste du « goods to man ») développe une solution complète d'automatisation pour les préparations de commande pour le e-commerce ou l'industrie. Des robots au sol circulant sur bande de guidage permettent de déplacer des étagères vers les postes de préparation de commandes. Chaque robot peut déplacer 600 kg. Objectifs : gain de temps, gain de place (des largeurs d'allées réduites, permet d'envisager des emprises au sol inférieures de 25 à 30% par rapport à un stockage traditionnel), de productivité (selon Scallog « chaque opérateur peut réaliser jusqu'à 600 « pics » par heure contre 100 à 150 à l'aide d'une organisation piétonne classique »), plus de déplacements pour les préparateurs de commande (logique de « goods to man »). Airbus a ouvert en 2016 à Nantes un magasin pièces détachées pour l'aéronautique entièrement automatisé géré par IDEA, client de Scallog. D'autres sociétés se sont équipées : L'Oréal dans la cosmétique, GEMO dans le textile...
- Exemple identique chez une autre start-up française créée en 2015, Exotec (très forte croissance), qui a mis au point une flotte des robots qui « grimpent aux racks », les Skypods. Déploiement dans 3 entrepôts CDiscount (dont Cestas et Réau, exploité par IDLogistics) ; permet la multiplication par 4 ou 5 du nombre de références en entrepôt du fait de la plus grande hauteur sous ferme et de l'espace réduite entre les racks, moindre pénibilité (un préparateur de commande classique peut marcher jusqu'à 15 km par jour en poussant un chariot), plus grande rapidité.
- Exemple : robot CVP-500 développé par Néopost (ancien leader de l'affranchissement de courrier mais qui se reconverti du fait du déclin des lettres postale) : ligne d'emballage automatisé qui ajustent l'emballage carton à la taille du produit. Solution à la problématique récurrente de la place du vide dans le colis. Diminution de la taille de l'emballage de 30%. Moins de camions sur les routes. Solution installée chez CDiscount ID Logistics à Réau.
- Exemple : les plates-formes robotiques du britannique Ocado qui est le leader de l'automatisation dans le e-commerce alimentaire. La société a été créée en 2000, développe des technologies propriétaires (de nombreux brevets déposés en robots, logiciels...) afin d'optimiser au maximum le process de commande en ligne. Les PF Ocado (« Ocado Smart Platform OSP ») traitent des commandes en ligne de produits alimentaires pour des livraisons domicile. Casino est le premier en France à bénéficier de cette offre sur sa nouvelle PF dans le Nord de Paris pour son site monoprix.fr qui ouvrira en 2019. La PF Ocado type se compose d'un entrepôt divisé au sol en carrés dans lesquels se trouve une pile de 5 caisses remplies de produits alimentaires (5 étages d'alvéole). A la surface, 1 000 robots défilent et soulèvent les piles de caisses. Les robots circulent à 14 km/h max. Tout est géré informatiquement. Comme dans un essaim, les robots collaborent : si l'un d'eux doit atteindre une alvéole (une caisse) trois étages plus bas, d'autres déplacent les casiers du dessus en quelques secondes. Ocado dispose en 2017 de 3 entrepôts de ce type en Grande-Bretagne.
- Ocado développe également un bras robotique qui a la particularité d'être doté non pas d'une pince rigide mais d'une main souple avec doigts en caoutchouc avec de l'air sous pression, permettant de manipuler avec délicatesse des produits périssables par exemple.
- Exemple : FM Logistics accueille dans ses entrepôts des « Cobots », robots pouvant être déployés sans cage de protection aux côtés des opérateurs en entrepôt pour assurer des tâches répétitives ou impliquant de déplacer des charges lourdes. Outil adapté dans le cadre d'opérations logistiques de « pick-and-place » sur une chaîne de préparation dans un process d'emballage. Ce robot a été développé par la société danoise Universal Robots qui en a déployé 20 000 à travers le monde depuis 2008 (industriels et logisticiens).
- Exemple : Sur son site de 142 000 m<sup>2</sup> de Brétigny (91), Amazon annonce début 2018 le déploiement de plusieurs centaines de robots. Selon Amazon ces robots permettront de fluidifier le process et de gagner 50% d'espace de stockage par rapport à un site classique. Les robots sont de type « goods-to-man ». Ils ont été développés par la start-up Kiva Systems, rachetée en 2012 par Amazon. Sur les 140 centres de distribution Amazon dans le monde, 25 sont déjà équipés en robots Kiva dont 10 en Europe. Brétigny sera le premier entrepôt Amazon ultra automatisé en France avec ce système (déjà opérationnel dans 26 centres de traitement Amazon, sur un total de 175 dans le monde en 2019).
- Impacts sur les emplois : d'après une étude du cabinet Roland Berger en 2016 (« des robots et des hommes, pour une vision confiante de la logistique 2025 »), la robotisation ferait disparaître jusqu'à 1,5 million d'emplois direct non qualifié en 2025 dans les pays de la zone Euro.



## RECONSTITUTION INDICATIVE DU COÛT HORAIRE DES ROBOTS VS OPÉRATEURS HUMAINS

[EUR/heure, France]

Sur la durée, l'augmentation de la productivité, l'allongement de la durée de vie des solutions ou la baisse des prix de l'équipement sont favorables à la robotisation, alors que le coût de la main d'œuvre humaine poursuit structurellement son inflation.



1) comparaison rétroactive au coût d'un robot hors considération de capacité techniques – sur la base de l'évolution du coût des robots industriels  
2) reconstitution indicative du coût de main d'œuvre élémentaire – sur la base de l'évolution du SMIC horaire en France

Source : IFR, INSEE, Eurostat, analyse Roland Berger

Sources : <https://www.raja.fr/blog-fr/lentrepot-du-futur-a-lheure-du-ces-2017/>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/video-magasin-automatisenbsp-idea-met-les-robots-scallog-a-lindustrie-180822.php>, <https://www.youtube.com/watch?v=7HNI9LD0uWA>, [http://www.scallog.com/fr\\_FR/](http://www.scallog.com/fr_FR/), <https://www.usine-digitale.fr/article/le-britannique-ocado-mise-sur-des-essais-de-robots-pour-creer-l-epicerie-du-futur.N482524>, <https://www.usine-digitale.fr/article/monoprix-va-adopter-la-plate-forme-robotique-d-ocado-pour-etre-un-meilleur-e-commercant.N620093>, <https://www.usine-digitale.fr/article/video-l-epicier-en-ligne-ocado-teste-un-nouveau-robot-pour-manipuler-les-fruits-et-les-legumes.N495454>, <https://www.lsa-conso.fr/ocado/>, <http://www.lavoixdunord.fr/83019/article/2016-12-01/exotec-createur-de-robots-logistiques-leve-3-3-millions-d-eurosn>, <http://www.voxlog.fr/actualite/1481/robots-mobiles-en-entrepot-la-start-up-exotec-solutions-leve-plus-de-3-millions-d-euros>, <http://www.faq-logistique.com/CP20160629-Exotec-Solutions-Robots-Preparation-Commande.htm>, <http://www.supplychainmagazine.fr/NL/2018/2649/>, <http://www.01net.com/actualites/le-robot-kiva-l-arme-fatale-d-amazon-pour-livrer-a-lheure-pendant-les-fetes-634600.html>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/e-commerce-la-france-sera-le-6e-pays-europeen-a-accueillir-les-robots-damazon-498901.php>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/video-pierre-yves-escarpit-cdiscount-les-robots-3d-dexotec-solutions-revolutionnent-notre-logistique-454568.php>, <http://www.supplychainmagazine.fr/NL/2018/2636/>, [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=150&v=D2nNIZLGQv8](https://www.youtube.com/watch?time_continue=150&v=D2nNIZLGQv8), [https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/05/18/a-new-york-plusieurs-milliers-de-robots-dans-l-entrepot-d-amazon\\_5463819\\_3234.html?xtmc=amazon&xtcr=1](https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/05/18/a-new-york-plusieurs-milliers-de-robots-dans-l-entrepot-d-amazon_5463819_3234.html?xtmc=amazon&xtcr=1)

## 7.5. Entrepôts XXL et grande hauteur

- Nouveau visage du marché de l'immobilier logistique en Europe depuis quelques années porté par l'essor du e-commerce (demandes en flux tendus), et les recherches d'économies logistiques de la grande distribution. La limite des entrepôts XXL est variable : 100 000 m<sup>2</sup>, 200 000 m<sup>2</sup>...
- Moyen pour les logisticiens, notamment ceux du e-commerce, de consolider leurs opérations logistiques. En effet, les coûts de livraison ont augmenté (40-50% du prix de revient d'un achat en ligne), et poussent à la recherche d'économies d'échelle et des formats d'entrepôts XXL dans le cadre de regroupements d'entrepôts.
- Auparavant, la grande distribution préférait des entrepôts de taille moyenne 10-25 000 m<sup>2</sup> répartis sur l'ensemble du territoire, par typologie de produits. Aujourd'hui, pour une recherche d'efficacité et de réduction des coûts, les nouvelles PF font 100 000 m<sup>2</sup>, voire plus. Exemples en 2016-2017 : 130 000 m<sup>2</sup> à Artenay pour Carrefour, 180 000 m<sup>2</sup> à Tournan-en-Brie (77) pour Conforama, 90 000 m<sup>2</sup> à Castelnaudary (11) pour Leclerc, 100 000 m<sup>2</sup> à Réau (Sénart) pour Scadif (Leclerc), 96 000 m<sup>2</sup> à St-Martin-de-Crau (13) pour Maison du Monde, 84 000 m<sup>2</sup> pour AlloPneu.com à Valence (Drome),...
- Amazon est porteur d'entrepôts parmi les plus grands de France : 107 000 à Boves (Amiens), 200 000 m<sup>2</sup> à Brétigny/Orge, 97 000 m<sup>2</sup> à Montélimar, 70 000 m<sup>2</sup> à Saran (45), 40 000 m<sup>2</sup> à Sevrey (Saône-et-Loire), 90 000 m<sup>2</sup> à Lauwin-Planques (Nord).
- Ces entrepôts nécessitent des emprises au sol très importantes (Coefficient Occupation du Sol) ce qui explique qu'ils se localisent en périphérie des agglomérations, notamment parisienne.
- Dans un contexte de raréfaction du foncier, les entrepôts grande hauteur sont en expansion. Il s'agit d'entrepôts de 15m et plus de hauteur (la hauteur standard d'un entrepôt est de 8m). Ils nécessitent

une plus grande automatisation (transtockeurs). Exemple : IRIS Logistique (Senoble) à Villeroy (Yonne), entrepôt à température dirigée, 6 000 m<sup>2</sup> au sol, le dernier niveau pose à 20m de hauteur.

- En Pologne, un entrepôt de 43m de hauteur (35 000 m<sup>2</sup> au sol) a été construit pour un grand distributeur du meuble.
- Ces types d'entrepôts posent la question du bassin d'emploi : risque de pénurie, de tarissement du bassin,...
- Cette tendance est facilitée depuis 2016 par les nouvelles normes ICPE diminuant les contraintes immobilières : cellules maximales avec sprinkler sans autorisation spéciale passant de 6 000 à 12 000 m<sup>2</sup>, réduction de la distance de 20 m entre extérieur de l'entrepôt et limite de propriété si justification que les effets létaux restent dans le site,...
- Ces types d'entrepôts posent des problèmes de sécurisation. Alertes des services des SDIS (pompiers) sur l'impossibilité d'y combattre sinistres et incendies du fait de l'étendu des surfaces et protéger et de la grandeur des cellules.
- A noter, les tous premiers entrepôts XXL sont anciens : entrepôts Ney (boulevard Ney à Paris) aujourd'hui transformés représentaient 165 000 m<sup>2</sup>.
- Développement des entrepôts à double étage, ou « logistique verticale ». Exemple : janvier 2018 Segro construit par Vailog pour le compte d'Ikea un entrepôt double hauteur sur le port de Gennevilliers pour son activité e-commerce (distribution urbaine). 32 000 m<sup>2</sup> d'emprise au sol, une rampe d'accès qui permettra aux poids lourds d'atteindre l'étage. Objectif : limiter l'emprise au sol et le coût du foncier.

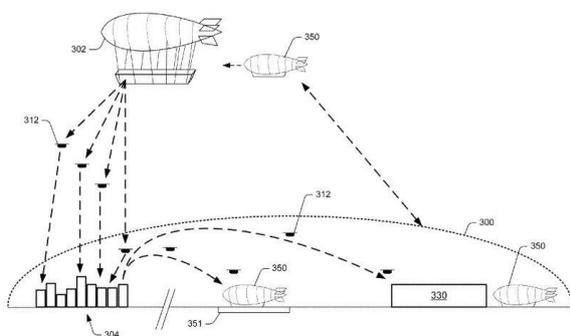




Sources : <http://news.cbre.fr/les-entrepots-xxl-nouveaux-visages-du-marche-de-limmobilier-et-de-la-logistique-en-europe/>, <http://www.voxlog.fr/actualite/1567/une-premiere-transaction-logistique-a-valence-pour-entrepots-xxl-france>, <https://www.lenouveleconomiste.fr/lesdossiers/entrepots-xxl-hors-la-dorsale-34167/>, <https://actu.fr/ile-de-france/tournan-en-brie-77470/les-travaux-lentrepot-conforama-plus-grand-france-ont-debute-tournan-brie-13093385.html>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/immobilier-logistique-un-nouvel-arrete-simplifie-les-contraintes-pour-les-entrepots-icpe-343593.php>, <https://www.lesechos.fr/05/05/2017/lesechos.fr/0212041772583-amazon-poursuit-son-implantation-en-france-avec-un-nouvel-entrepot-geant.htm>, [http://www.lepoint.fr/guide-du-numerique/l-art-du-picking-selon-amazon-16-06-2012-1474076\\_482.php](http://www.lepoint.fr/guide-du-numerique/l-art-du-picking-selon-amazon-16-06-2012-1474076_482.php), <http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2015/08/07/32001-20150807ARTFIG00220-l-entrepot-amazon-caverne-d-ali-baba-20.php>, <http://www.leparisien.fr/flash-actualite-economie/salon-de-l-immobilier-les-entrepots-xxl-profitent-de-l-essor-du-commerce-en-ligne-15-03-2016-5628417.php>, <https://www.eol.fr/article-667-l-entrepot-xxl-est-ce-la-folie-des-grandeurs.html>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/bibliotheque-numerique/lm/300/dossier/lentrepot-grande-hauteur-espece-en-voie-dexpansion-220811.php>, <http://www.faq-logistique.com/Communique-presse20100609-ASLOG-Carnet-Thematique-Iris-Logistique-Senoble-Mutualise-Logistique-Industriels-Produits-Frais.htm>, <http://www.wk-transport-logistique.fr/tags/upload/Dossier-Entrepo-t-300.pdf>, <http://www.objectifgard.com/2017/06/29/jour-laudun-inauguration-dune-plate-forme-logistique-xxl/>, <http://www.strategieslogistique.com/ikea-se-lance-dans-la-logistique.7595>, <https://www.lesechos.fr/pme-regions/actualite-des-marches-publics/0301190189406-ikea-va-livrer-les-parisiens-plus-vite-et-en-mode-electrique-2149001.php>.

## 7.6. Entrepôt volant

- En 2016, Amazon a déposé un brevet pour des entrepôts volants baptisés AFC (Airborne Fulfillment Center). Depuis ces entrepôts en position stationnaire, des livraisons de colis seraient réalisées par drone. L'entrepôt serait à 13 000 m d'altitude. Des navettes entre le sol et le dirigeable sont prévues pour la maintenance du dirigeable. Les produits stockés sont les plus couramment demandés par les clients.
- Un an plus tard, WalMart aux USA développe un procédé similaire. La principale différence est dans l'approvisionnement du dirigeable en marchandises, par un autre dirigeable pour Amazon, en se posant au sol pour WalMart. Autre différence : le dirigeable Amazon est à haute altitude, celui de WalMart à 100-300 m.
- Avantage de l'entrepôt volant : réduction des distances entre entrepôt et lieux de livraison, possibilité de le déplacer en fonction de la demande.



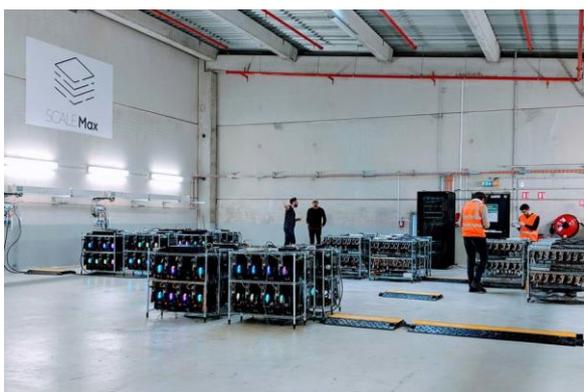
Sources : <http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2016/12/30/32001-20161230ARTFIG00204-amazon-a-depose-un-brevet-pour-des-entrepots-volants.php>, <http://www.numerama.com/tech/283212-comme-amazon-walmart-imagine-un-entrepot-volant-pour-faciliter-les-livraisons-par-drone.html>, <http://www.portail-aviation.com/2017/08/apres-amazon-wal-mart-sinteresse-aux-dirigeables-pour-sa>

[logistique-de-livraison.html](http://logistique-de-livraison.html),

[https://www.lesechos.fr/26/08/2017/lesechos.fr/010190954992\\_walmart-veut-comme-amazon-developper-des-ballons-dirigeables-pour-ses-livraisons.htm](https://www.lesechos.fr/26/08/2017/lesechos.fr/010190954992_walmart-veut-comme-amazon-developper-des-ballons-dirigeables-pour-ses-livraisons.htm)

## 7.7. Le « verdissement des entrepôts »

- Ensemble de solutions permettant une meilleure insertion de l'entrepôt dans son environnement, généralement périurbain ou rural, et une meilleure acceptabilité. Solutions poussées par la RSE (Responsabilité Sociale et Environnementale).
- Exemple d'entrepôt à énergie positive : cellules photovoltaïques sur le toit des entrepôts. Par exemple, depuis 2011 les toits des entrepôts du Marché international privé St-Charles de Perpignan sont couverts de panneaux photovoltaïques. Toute cette production est revendue à EDF.
- Les toitures photovoltaïques couvrent aussi des parkings de stockage VL : à Castelnau-d'Estretfonds (Nord Toulouse) chez Blanc Transport Véhicule sur 15 ha depuis 2011. A Bassens (Bordeaux) chez STVA sur 7 ha, pour 10 mois de travaux et 20 M€ d'investissement. A noter que des solutions de cellules photovoltaïques sont aussi envisagées sur des parkings PL de centres routiers.
- Cette solution pose néanmoins des problèmes en cas d'incendie puisqu'il est impossible d'intervenir sur l'alimentation (les panneaux vont continuer à produire de l'énergie même après le feu) et peut entraver l'évacuation des fumées par le toit et conserver toute la chaleur ce qui va amplifier le brasier.
- Autre exemple : Data Center qui chauffent les entrepôts comme à Réau (77) ou CDiscount a délocalisé une partie de ses serveurs. La chaleur émise sert à chauffer l'entrepôt. Casino a créé une filiale qui s'appelle Scalemax qui est chargée de cette gestion des datacenter comme source d'énergie pour les entrepôts et pour les magasins. Collaboration avec Green Yellow, la filiale spécialisée dans la gestion de l'énergie de Casino.
- A noter que tous les bâtiments du site Chapelle International (Sogaris) sont aussi en partie chauffés par un Data Center. Cela concerne les logements, bureaux, crèche, école primaire, gymnase du site).
- En juin 2019, l'investisseur immobilier Montea envisage le développement d'une zone sans énergie fossile, énergétiquement autonome, baptisé « Lummen Carbonfree » à Lummen en Belgique : terrain de 5 ha, entrepôt de 8 000 m<sup>2</sup>, 2 400 m<sup>2</sup> de bureaux et parkings. L'eau et le soleil sont les sources d'énergie : panneaux photovoltaïques sur le toit et pompe à chaleur.
- Exemple : Chapelle International promeut également l'agriculture urbaine avec l'aménagement d'un toit végétalisé et d'une toiture cultivée avec des serres qui abriteront 1 200 m<sup>2</sup> de serre.
- D'autres solutions sont mises en place : éclairage led moins consommateurs d'énergie (-30% de consommation annoncé), intégration paysagère (merlon autour des entrepôts, ou barrières végétalisées qui cache l'entrepôt), système de récupération des eaux de pluie...





Sources : <https://www.lsa-conso.fr/le-groupe-casino-mise-sur-les-data-centers-comme-nouvelle-source-de-revenues,306691>,  
<https://www.lsa-conso.fr/visite-du-premier-data-center-du-groupe-casino-dans-un-entrepot-cdiscount,312796>,  
<https://blog.extincteur.net/securite-incendie-panneaux-photovoltaiques/>, <https://www.lenouveleconomiste.fr/lesdossiers/logistique-entrepot-vert-12457/>,  
<https://www.lemoniteur.fr/article/isere-un-entrepot-logistique-durable-pour-rossignol.1843224>,  
<http://www.leparisien.fr/paris-75018/paris-le-futur-quartier-du-xviii-sera-chauffe-par-les-ordinateurs-08-03-2017-6745128.php>,  
<https://www.apc-paris.com/actualite/projet-inedit-dagriculture-urbaine-pour-lhotel-logistique-chapelle-international>,  
<https://www.lepetitjournal.net/31t-toulousain/2018/02/22/blanc-transports-vehicules-et-ses-activites/>,  
<https://objectifaquitaine.latribune.fr/en-bref/2015-09-30/photovoltaique-quand-bassens-fait-de-l-ombre-a-bordeaux.html>,  
<https://www.montea.com/fr/news/montea-developpe-le-premier-batiment-sans-energie-fossile-pour-activites-de-logistique-en>

## **8. Innovations en logistique urbaine et du dernier kilomètre**

## 8.1. Centre de distribution urbaine (CDU)

- Un CDU est un espace de regroupement de flux de différents transporteurs, en périphérie de ville, afin de consolider les trafics (direct client ou vers un ELU).
- Plusieurs exemples : La Rochelle, Annecy, Saint Etienne, Lille, Lyon... mais aucun de ces CDU ne marche vraiment à long terme car les transporteurs et les commerçants ont du mal à y adhérer. L'idée de mutualisation est bonne sur le papier, dans la réalité elle est très difficile à mettre en œuvre. Les transporteurs ne veulent pas remettre leurs marchandises dans les mêmes camions et partager les informations commerciales.
- A Lyon en 2015, ouverture d'un CDU à Vaulx-en-Velin par City Logistics (start up transport) regroupant 6 messagers (Heppner, Mazet, Dimotrans, Schenker et K&N).
- Il y a eu 20 CDU en Allemagne qui ont tous fermé. Aux Pays-Bas des CDU fonctionnent, là encore à l'initiative de commerçants ; certains modèles fonctionnent en Angleterre également, mais il ne s'agit pas de réels CDU.
- Grenoble néanmoins, qui a décidé la création d'un CDU, a eu l'intelligence de choisir La Poste comme opérateur. Les flux de la Poste sont importants avec l'organisation de colis, DPD, Médiapost... Géodis qui a plusieurs organisations à l'intérieur du groupe pourrait également être opérateur dans un CDU.

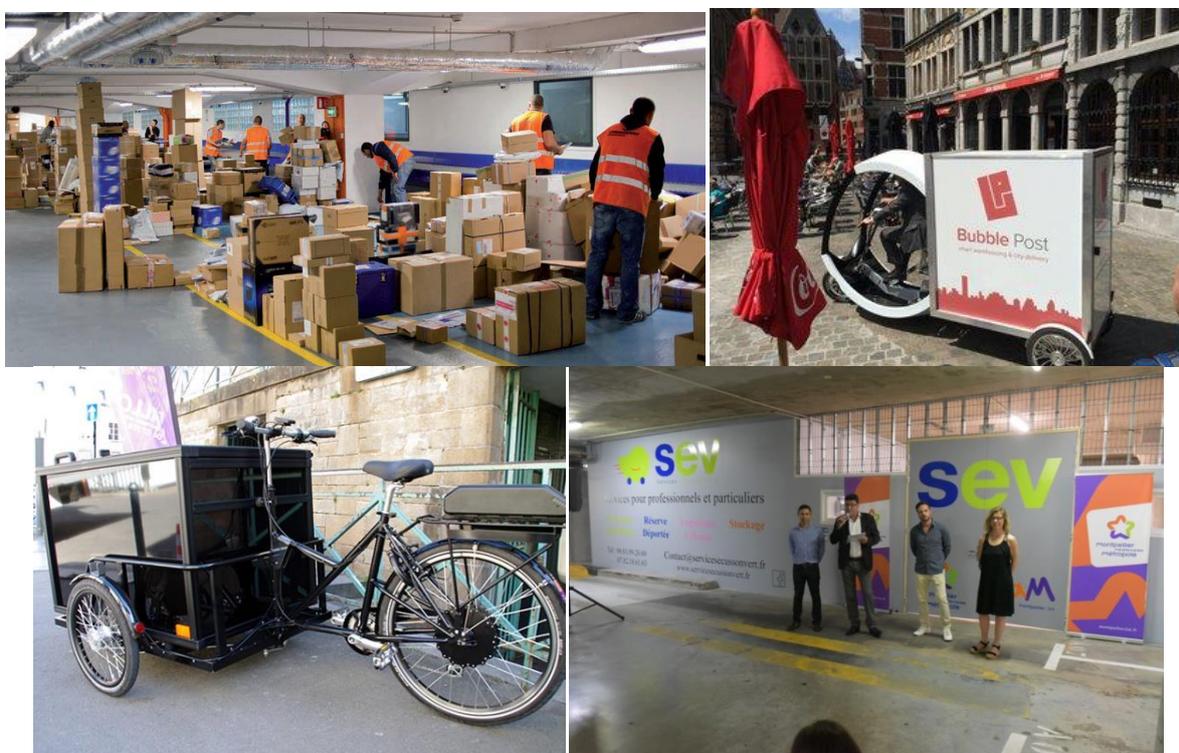


Sources : Samarcande, Logicités, <https://www.iau-idf.fr/savoir-faire/nos-travaux/edition/la-logistique-urbaine-metamorphose-et-innovations.html>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/city-logistics-va-installer-un-elu-avec-la-poste-en-plein-centre-de-lyon-180615.php>, <http://www.min-grenoble.fr/actu.php?id=126>,

## 8.2. Espaces logistiques urbains (ELU)

- Le principe est celui d'un espace d'éclatement des marchandises situé en centre-ville et qui permet des livraisons en mode doux, à pied, en cargocycle, en véhicule électrique.
- C'est un espace plus petit que l'hôtel logistique, de l'ordre de quelques centaines de m<sup>2</sup> jusqu'à 3 000 m<sup>2</sup>.
- Le marché est celui des colis, vers les entreprises (B2B) ou vers les consommateurs (B2C). Cet espace peut aussi avoir des activités annexes comme la reprise d'emballages, un point de retrait de colis pour les particuliers, un service de collecte, une réserve magasin de centre-ville...
- L'inconvénient est le coût de la rupture de charge, un coût immobilier supplémentaire. La question est de savoir qui finance l'ELU. Des aides jouant sur l'attractivité du loyer... sont possibles.

- Parmi les modèles on relève l'espace Beaugrenelle de Chronopost à Paris, 3 000 m<sup>2</sup>, mis en place depuis quelques années. Les livraisons sont en partie électriques (10 véhicules sur 30 sont électriques). Le site est également point de retrait de colis pour particuliers et petites entreprises.
- Autre ELU à Paris : ouvert en novembre 2017, Chronopost au sous-sol du bâtiment de bureaux Bercy-Lumière, 3 600 m<sup>2</sup> dont 230 m<sup>2</sup> de chambre froide, dessert 5 arrondissements de Paris, traite 5 000 colis/jour, livre également pour Chronofresh, 2 quais de déchargement accueillant 6 semi-remorques matinales et des VUL, approvisionné par le site Chronopost de Chilly-Mazarin, livre en partie en véhicules électriques.
- Plusieurs autres ELU fonctionnent en France avec des modèles économiques portés souvent par des start ups (Les Triporteurs de l'Ouest, Oxipio...).
- Exemple d'ELU à Lyon : par LPA (Lyon Parc Auto, SEM gestionnaire des parkings de Lyon), Deret et OoShop (e-commerce Carrefour) : ELU parking Cordelier (2<sup>ème</sup> arrondissement), depuis 2012, espace de 400 m<sup>2</sup>. Livraisons de magasins (Séphora, Marionnaud...) et particuliers (Ooshop). 2 autres ELU prévus prochainement à Lyon. Livraisons en camions électriques.
- Exemple Oxipio à Lille : Oxipio est une start up logistique qui développe un service de distribution urbaine par des cargocycles (2 m<sup>3</sup> et environ 200 kg de charge utile) avec une réserve déportée de proximité, livraison dans la demi-journée après commande par le commerçant (format standard) ou 1 heure (en urgence). Cette prestation est payée par le commerçant, mais elle lui permet de dégager de la surface de vente dans son magasin et donc d'augmenter potentiellement son CA.
- Au Benelux la culture environnementale est plus développée qu'en France et pousse les projets de logistique urbaine. Exemple Bubble Post en Belgique : initiative privée d'ELU dans une vingtaine de villes, des espaces de 300 m<sup>2</sup> à 2 500 m<sup>2</sup>, et livraison centres villes 100% propres en électrique notamment. En 4 ans seulement, 20 villes ont vu la création d'ELU Bubble Post.
- Implanter un ELU impose néanmoins plusieurs conditions : nécessité d'un partenariat avec un logisticien, mise à disposition d'une surface par une collectivité publique ou un privé (La Poste...), la nécessité d'une centralité, des contraintes techniques (déclivité d'une rampe et hauteur dans le cas d'un parking souterrain par exemple).



Sources : Samarcande, Logicités, <https://www.youtube.com/watch?v=W9lnqHG8wL8>, <http://www.lavoixdunord.fr/economie/oxipio-invente-la-livraison-douce-et-debarrasse-ia0b0n1168409>, <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UpqUIYByUUJ:www.lpa.fr/du-nouveau-a-ldes-cordeliers/+&cd=2&hl=fr&ct=clnk&gl=fr>, <http://strategielogistique.com/LPA-investit-dans-la-logistique,5761>, <http://www.lpa.fr/wp-content/uploads/2016/01/CP-LPA-rcompens-pour-LELU.pdf>, <http://lyonpresquile.com/un-elu-espace-logistique-urbain-au-sein-du-parking->

[des-cordeliers/](http://www.loccitaniequotidien.com/Montpellier-Inauguration-de-l-Espace-de-Logistique-Urbain_a2100.html) [http://www.loccitaniequotidien.com/Montpellier-Inauguration-de-l-Espace-de-Logistique-Urbain\\_a2100.html](http://www.loccitaniequotidien.com/Montpellier-Inauguration-de-l-Espace-de-Logistique-Urbain_a2100.html),  
<http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/paris-chronopost-accelere-sur-les-modes-doux-500076.php>

### 8.3. Hôtel logistique

- Plateforme logistique urbaine de l'ordre de 10 000 à 20 000 m<sup>2</sup>, destinés à recevoir des flux massifiés (définition de l'APUR) et à partir de laquelle les marchandises sont livrées en mode doux. Outre sa taille, l'hôtel logistique se distingue également de l'ELU par sa vocation généralement multimodale (fer ou voie d'eau).
- L'autre particularité de l'hôtel logistique est la mixité d'activité, ce qui permet sa rentabilité économique : logistique + services, activités, loisirs, logements, tertiaire...
- Exemple, Chapelle International (Paris 18<sup>ème</sup>) : projet lancé en 2002, inauguré en juin 2018, programme logement, activités, services et espaces verts en 2019, hall fret de 400m de long comprenant un chantier de transport combiné automatisé (non opérationnel en 2019), site de 6ha, 80 millions d'investissement, projet porté par Sogaris, ferme urbaine sur les toits de 7 000 m<sup>2</sup>, terrains de sport, magasin Métro de 5 300 m<sup>2</sup>, Datacenter (dont la chaleur chauffe la moitié du complexe), crèche, école... objectif d'accueillir des conteneurs et/ou caisses mobiles par fer en provenance des deux plates-formes logistiques multimodales de Dourges (Pas-de-Calais) et Bruyères-sur-Oise (Val d'Oise), et acheminés via une navette ferroviaire d'une capacité de 60 caisses. Ces marchandises seront ensuite livrées dans la ville par des véhicules roulant au biogaz. Les capacités de l'hôtel logistique sont de quatre navettes ferroviaires / jour à terme.
- Exemple, Lud'Eau : projet d'hôtel logistique fluvial porté par la société Green Switch Meridian et le promoteur immobilier Quartus, prix de l'innovation à la SITL 2019, réception par voie d'eau de caisses mobiles, quai de 100m de long, préparation des tournées à l'étage, distribution de petites caisses en mode doux + espace de coworking, agriculture urbaine sur le toit, bureaux. Lud'Eau a concouru sans succès à l'appel à projet Réinventer la Seine lancé par la Ville de Paris, de Rouen et du Havre, sur le site de Tolbiac. Lud'Eau se positionne aujourd'hui sur un autre site à Rouen.
- Exemple, la Halle Gabriel Lamé (Paris 12<sup>ème</sup>) : hall fret ferroviaire ayant accueilli pendant 10 ans (de 2006 à 2016) une navette ferroviaire journalière depuis Combs-la-Ville (le « train Monoprix »). Parmi les raisons de cet arrêt : bilan écologique peu favorable (la traction ferroviaire était diesel), volonté de la Ville de Paris de reprendre les terrains dans le cadre d'un aménagement urbain, absence de rentabilité économique.... Néanmoins, des effets positifs en termes d'image, de référence pour d'autres projets.
- Exemple, projet hôtel logistique Bercy Charenton porté par Sogaris avec notamment La Poste Immo, sur le site de l'actuelle halle Gabriel Lamé : projet retenu dans le programme Réinventer Paris de la Ville de Paris, équipement sportifs, hôteliers, bureaux, commerce et restaurants, jardin, 17 000 m<sup>2</sup> de surface de plancher trimodal (route, fer, tram), 8 000m<sup>2</sup> dédiés à La Poste. Le projet de Sogaris a été choisi pour son intégration urbaine au sein du futur quartier son exemplarité environnementale (utilisation du bois, labels, ...).
- Exemple hors Paris, projet Port Edouard Herriot à Lyon : site de 5 ha près de Gerland, projet porté par la CNR (Compagnie Nationale du Rhône), mise en service prévue en 2021, quadrimodalité route fer, maritime et pipeline, proximité du « quai des énergies » (station service multi-énergie GNV, hydrogène et électrique mise en service mi 2019)





Sources : <https://www.apur.org/fr/file/45831/download?token=twNPydWB>, <https://www.voxlog.fr/actualite/3534/19e-prix-de-l-innovation-logistique-la-liste-des-laureats>, <https://npi-magazine.com/featured/ludeau-la-logistique-fluviale-urbaine-de-green-switch-meridian-primee-a-la-sitl/>, <https://www.a26.eu/ludeau-prix-de-linnovation-logistique-de-la-sitl/>, <https://www.lejournaldugrandparis.fr/bercy-charenton-sogaris-laureat-de-lhotel-logistique/>, <https://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/hotel-logistique-de-bercy-charenton-le-projet-sogaris-remporte-la-mise-500519.php>, [https://www.cnr.tm.fr/wp-content/uploads/2018/06/fiche\\_site\\_hlu-1.pdf](https://www.cnr.tm.fr/wp-content/uploads/2018/06/fiche_site_hlu-1.pdf), <https://www.bnppre.fr/actualite/marche/20190311/lyon-un-hotel-logistique-sur-le-port-edouard-herriot-en-2021-444.html>, <https://www.ecomercemag.fr/Thematique/logistique-1222/Dossiers/les-nouveaux-enjeux-logistique-339169/livraison-abonnement-haut-panier--339175.htm#BjSijtGLErqA1mH.97>

#### 8.4. Base intelligente de logistique (BIL)

- Sorte d'ELU mobile, composé d'un véhicule routier de 19 t dans lequel se trouve un petit véhicule électrique de faible largeur (le BIL Truck) pouvant transporter une palette jusqu'à 800 kg sur les dernières distances. Le 19 t peut transporter 6 palettes. L'autonomie du véhicule électrique est de 120 km.
- L'idée est d'amener la marchandise au plus près des commerces de centre-ville à livrer, puis de livrer sur les dernières distances en petit porteur électriques parfois dans des rues et ruelles piétonnes très étroites et non accessibles réglementairement aux véhicules thermiques.
- Concept développé en 2017 par Libner (carrossier de St-Maixent-l'École dans les Deux-Sèvres) et par le logisticien Dachser. Il a été testé à Paris entre l'entrepôt Dachser de Pantin (d'où est parti le véhicule routier) et le Boulevard Quinet (15<sup>ème</sup>, près de Montparnasse) où il reste stationné et d'où part le petit porteur électrique. Le concept a été primé à la SITL en 2014.
- Marché : logistique urbaines, messagerie, petits commerces,
- L'enjeu est aussi de prévoir et de réserver les espaces de stationnement des BIL Truck de jour comme de nuit (travail des collectivités locales).



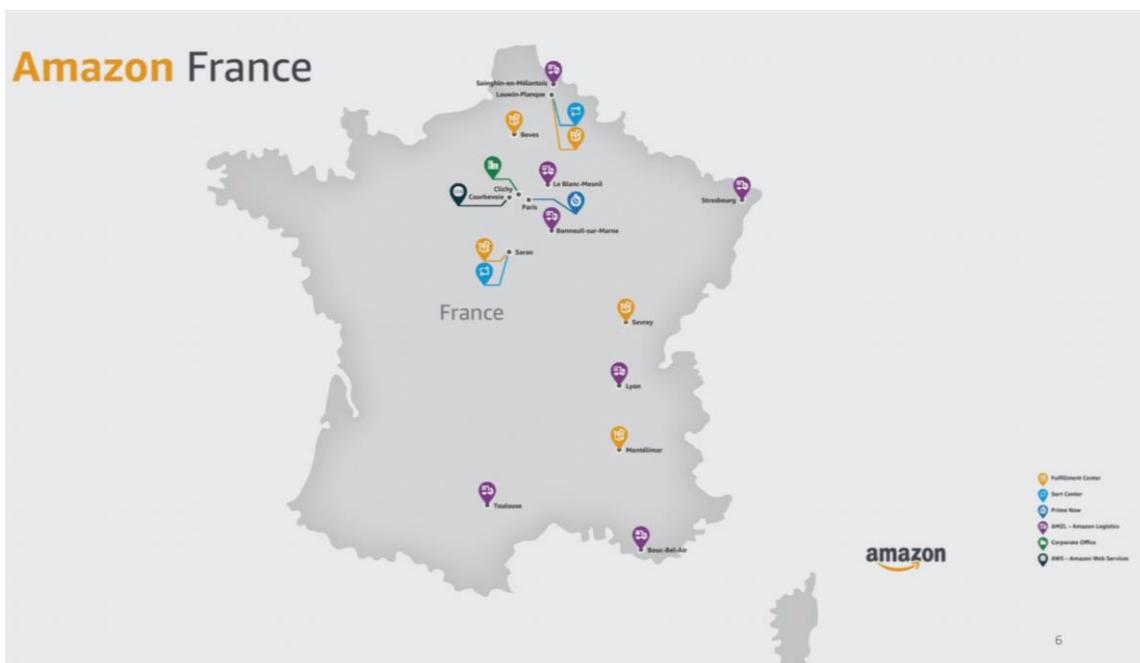
Sources : <http://www.voxlog.fr/actualite/2169/la-base-intelligente-logistique-une-nouvelle-facon-de-livrer-les-centres-villes>,  
<http://www.libner.fr/uploads/dossierPresseBil.pdf>, <http://www.libner.fr/uploads/fiche-produit-BIL.pdf>, <http://bil.libner.com/>,  
<http://www.libner.fr/uploads/BIL-LIBNER-BIL-TRUCK-FR.pdf>, <https://www.youtube.com/watch?v=FdM7BObdUf8>, <http://www.affiches-parisiennes.com/le-bil-l-innovation-de-libner-et-dachser-pour-la-livraison-en-centre-ville-7271.html>.

## 8.5. Réappropriation des cœurs de ville par la logistique

- C'est un mouvement général d'implantation d'entrepôts au plus près du cœur des grandes agglomérations, constaté depuis quelques années seulement et qui implique notamment les grands distributeurs et leurs prestataires.
- Il est la conséquence du développement du e-commerce et des besoins en livraisons express.
- Exemple : ID Logistics pour Leclerc à Pantin. Plate-forme e-commerce dédiée au marché parisien (livraison domicile et drive piéton) de 6 000 m<sup>2</sup>, opérations de picking e-commerce alimentaire.
- Exemple : entrepôt Carrefour dédiée au e-commerce au Segro Logistic Park d'Aulnay (ancien site PSA). 26 000 m<sup>2</sup>, avec zone sous température dirigée, extensible, opérationnel depuis début 2018,
- Exemple : nouvelles agences de livraison du dernier km d'Amazon. Les 2 premières ont été construites en 2017 à Sainghin-en-Mélantois (Nord, banlieue proche de Lille) et à Bonneuil/Marne(94). L'agence du Blanc-Mesnil (93, 10 000 m<sup>2</sup>, 80 emplois) a également ouvert en 2017. Ces agences sont opérées en interne par Amazon Logistics. Pas de stockage, uniquement du cross docking de colis. De l'ordre de 5 à 7 000 colis traités par jour sur chaque site. Autres agences ouvertes à Strasbourg (5 000 m<sup>2</sup>, 50 emplois) en 2017, à Toulouse (7 500 m<sup>2</sup>) et à Bouc-Bel-Air (Marseille, 11 000 m<sup>2</sup>). En 2016, Amazon

lançait son service « Prime Now » à Paris et dans 21 communes de la petite couronne. Facturé 5,90 euros, le service ultra rapide permet d'être livré en 1 heure. Les livraisons sont encore sous traitées à des transporteurs locaux. A noter qu'Amazon est aussi présent depuis 2016 dans un entrepôt de 4 000 m<sup>2</sup> Boulevard Ney presté par Géodis.

- Cette tendance illustre aussi le mouvement d'alliance et de rapprochement entre e-marchands et grands distributeurs physiques pour une offre globalisée « omnicanale » : entre Amazon et Monoprix en février 2018, entre Carrefour et Showroomprivé.com (Carrefour prend 17% du capital), entre Alibaba et Auchan en Chine, entre Sarenza et Casino Monoprix,...



Sources : <http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/dernier-kilometre-amazon-ouvre-ses-deux-premieres-agences-de-livraison-342067.php>, <http://strategieslogistique.com/Amazon-ouvre-ses-premieres-agences.6651>, <http://www.voxlog.fr/actualite/1983/amazon-ouvre-une-troisieme-agence-de-livraison-en-france>, <https://www.lesechos.fr/amp/63/2099063.php>, <https://weave.eu/amazon-prime-now-a-paris/>, <https://toulouse.latribune.fr/entreprises/business/2017-10-25/amazon-s-implante-a-toulouse-avec-une-agence-de-livraison-755634.html>, <https://www.laprovence.com/article/economie/4638734/le-reseau-amazon-setend-au-sud.html>, [https://www.lantenne.com/Scapnor-inaugure-sa-nouvelle-plateforme-automatisee\\_a41869.html](https://www.lantenne.com/Scapnor-inaugure-sa-nouvelle-plateforme-automatisee_a41869.html), <http://www.faq-logistique.com/CP20180308-ID-Logistics-E-Leclerc-Chez-Moi.htm>

## 8.6. Tram Fret

- L'utilisation du tramway pour les marchandises en milieu urbain a donné lieu à plusieurs expérimentations dont certaines perdurent : Dresde CargoTram pour Volkswagen, Zurich CargoTram pour les déchets urbains.
- A Dresde depuis 2001, approvisionnement en juste à temps d'une usine automobile Volkswagen en pièces autos dans des UTI depuis un site logistique situé de l'autre côté de la ville. Traversant la ville, le système est géré par la société exploitant les transports publics de Dresde. 2 rames circulent toutes les 40 mn. Les responsables considèrent que le bilan global est positif et que l'équilibre financier est

atteint. Néanmoins, les projets de développement envisagés de desserte de magasins du centre-ville n'ont pas abouti.

- A Zurich, Utilisation du tramway pour le transport de déchets « encombrants » émis par la ville vers le centre de traitement. Plusieurs point d'arrêt le long de la ligne où les habitants viennent déposer leurs encombrants une fois par semaine. 500 t collectées par an.
- A Amsterdam en 2007, tramways de 2 rames chargées de véhicules électriques de petite dimension pour livrer les commerces et colis (messagerie). Chaque rame peut acheminer 30 tonnes. 4 trams par heure s'arrêtent sur 3-4 « City hubs » en centre-ville sur des débranchements de ligne. Faute de subvention, le projet s'est arrêté en 2009.
- A Saint-Etienne en 2017, expérimentation sur 3 jours, techniquement réussie de livraison de 2 magasins Casino en Centre-ville. Utilisation de rames tramway passager recyclées. 10 rolls d'épicerie et boissons par rame. Expérimentation considérée comme un succès car déchargement rapide des rolls sur les quais des tramways. Circulation tôt le matin avant l'heure de pointe. Contrainte de déchargement la plus rapide possible et contrainte de proximité des magasins à livrer depuis la station du tram. Projet porté notamment par Efficacy (Institut de recherche à Champs/Marne), St-Etienne Métropole et Casino. Une expérimentation prévue en 2018, à laquelle devait participer Relais-Colis, a été repoussé à une date ultérieure.



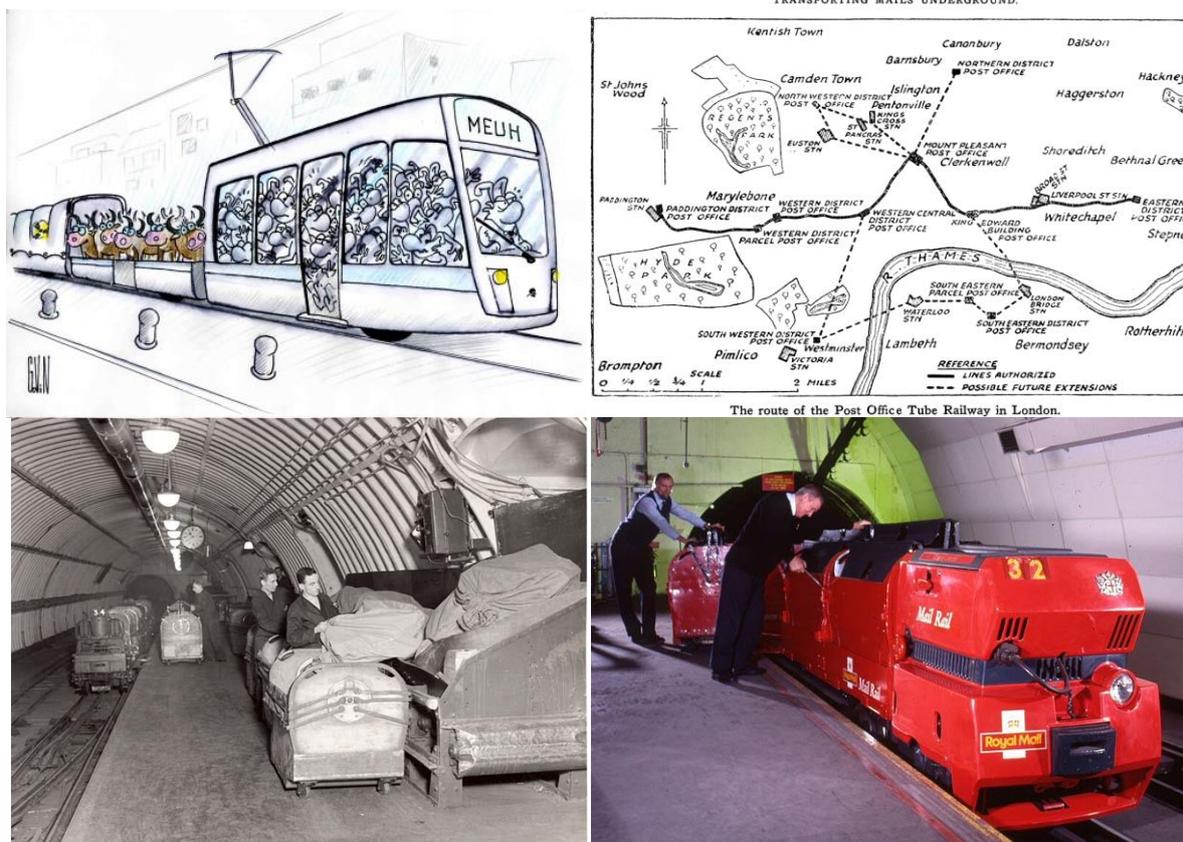


Sources : <https://traffijamfree.wordpress.com/2014/10/24/control-heavy-vehicles-in-city-centers/>, <https://hiveminer.com/Tags/cargo,tramlijn30>, <https://fr.linkedin.com/pulse/tramfret-sur-les-rails-%C3%A0-saint-etienne-kevin-janin-1>, <http://www.logicites.fr/tag/tramfret/>, <http://www.actu-transport-logistique.fr/supply-chain/a-saint-etienne-les-marchandises-prennent-enfin-le-tram-419780.php>, <https://www.francebleu.fr/infos/transports/premiere-mondiale-saint-etienne-des-marchandises-livrees-en-tramway-dans-un-magasin-grace-au-tram-fret-1499271604>, <https://www.ceriseclub.com/actualites/2017/07/18/114157/tram-fret-experimente-a-saint-etienne.html>, <http://www.efficacity.com/fr/>

## 8.7. Métro Fret

- Idée assez ancienne consistant à utiliser le réseau des transports en commun des grandes villes pour le transport de marchandises.
- Les exemples de Métro fret se rapprochent des exemples Tram Fret : Dresde CargoTram, Zurich CargoTram, Amsterdam CityCargo.
- Quelques exemples de « vrais Métro Fret » existent. A St-Petersbourg, dès sa mise en service en 1955, le métro de Saint-Pétersbourg a été utilisé à des fins autres que le seul transport de voyageurs. L'usage pour l'acheminement des marchandises qui était à l'origine relativement intense et s'est fortement réduit à partir des années 1990 pour finalement disparaître (2007). Les produits concernés étaient des matériaux de construction, les déchets du bâtiment et des travaux publics, l'approvisionnement des grands complexes industrialo- militaires en marchandises diverses. Les transports étaient effectués durant la nuit (usage en dehors des heures de pointe). Ce type de transport s'est développé en dehors de toute approche économique et la réalité des coûts. L'absence de souplesse, les modifications apportées dans la localisation des unités de production et de consommation ont condamné le service. La profondeur du métro de Saint-Pétersbourg (90 m) pose problème pour les relations avec la surface, ce qui limite son emploi.
- En 2018 à Tokyo, l'opérateur du métro a annoncé un test de livraison de colis de nuit, en partenariat avec Japan Post notamment. Ce test aura lieu au départ d'une station à 40 km de Tokyo vers 2 stations du centre. Objectif ; réduire les congestions et faire face à la pénurie de livreurs
- Exemple MailRail à Londres : réseau de distribution de courrier géré par la Poste britannique, 8 centres de tri sous terre sur un réseau séparé du métro, ligne à doubles voies étroites dans un tunnel 2,75 m de large, rames à traction électrique sans conducteur, 7 t de charge dans chaque rame, a fonctionné entre 1927 et 2003. Les stations étaient situées sous les centres de tri et des bandes transporteuses apportaient le fret à des ascenseurs. Le transbordement final s'effectuait manuellement.
- Exemple Hong Kong : service de transport de bagages depuis une station du centre vers l'aéroport en 25 mn dans une voiture dédiée d'une rame du métro « Airport Express ».
- Plusieurs marchés possibles : courrier, grande distribution, CHR, presse, fourniture de bureau, messagerie, bagages...
- En France, une étude a été réalisée en 2009 par Samarcande et Jonction sur la faisabilité de transport de fret dans le futur réseau de métro du Grand Paris, option qui n'a finalement pas été retenue, non

pas en raison de son impossibilité économique ou technique, mais en raison de la complexité supplémentaire que cette option imposait au futur réseau.



Sources : <https://www.usinenouvelle.com/article/un-metro-automatique-pour-le-fret.N121751>, [http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Etude\\_metro\\_fret\\_septembre\\_2010\\_cle6cff26.pdf](http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Etude_metro_fret_septembre_2010_cle6cff26.pdf), <https://callmecassy.wordpress.com/>, <https://fr.express.live/2014/08/26/laeroport-de-hong-kong-lance-un-service-denregistrement-des-bagages-que-dautres-villes-feraient-bien-de-copier-exp-207364/>, [https://www.hong-kong-cityguide.com/Airport-Express-le-meilleur-moyen-de-rejoindre-le-centre-ville-en-arrivant-a-l-aeroport-de-Hong-Kong\\_a388.html](https://www.hong-kong-cityguide.com/Airport-Express-le-meilleur-moyen-de-rejoindre-le-centre-ville-en-arrivant-a-l-aeroport-de-Hong-Kong_a388.html), [https://www.theregister.co.uk/2016/12/06/geeks\\_guide\\_mail\\_rail/](https://www.theregister.co.uk/2016/12/06/geeks_guide_mail_rail/),

## 8.8. Logistique urbaine fluviale

- Somme d'initiatives pour le recours à la voie d'eau dans le cadre de livraisons de colis ou de biens de consommation en zone dense urbaine.
- L'opération la plus emblématique est Franprix à Paris : depuis 2012, barge chargée de 42 conteneurs XPO circulant du lundi au vendredi sur 20 km entre le port de Bonneuil/Marne (entrepôt Franprix de 7 800 m<sup>2</sup> alimenté par camion depuis l'entrepôt Franprix de Chennevières/Marne) et le quai de la Bourdonnais (Paris Tour Eiffel). Transfert des conteneurs sur camions hybrides puis livraison de magasins Franprix à Paris. 12 conducteurs effectuent 4 rotations chacun pour livrer les magasins entre 6h et 12h30. Surcote logistique mais aide de l'Etat (aide au coup de pince). Ports de Paris a investi 1,6 M€ pour réhabiliter le quai de la Bourdonnais. Gain environnemental : d'après Franprix « retrait de 3 600 camions des routes, économie de 80 000 litres de carburant par an, réduction des retards dus aux congestions routières ».
- Vert chez vous, un service précurseur aujourd'hui arrêté : entre 2012 et 2014, transport de colis sur une péniche entre le port de Paris Tolbiac et plusieurs quais jusqu'au quai de Grenelle. L'expérimentation associait le Groupe Tendron (messenger), le Groupe Labatut (transporteur multi-activités) et Gilles Manuelle. Les colis (ainsi que les véhicules de livraison) étaient alors chargés sur la péniche - entrepôt flottant. Livraison depuis les péniches en triporteurs à assistance électrique, d'une capacité d'emport de 2 m<sup>3</sup> et 200 kg, ce qui équivaut à un petit VUL.
- Le projet de navire fluvial hybride gaz et électricité « Green Deliriver » développé par Ségula Technologies et la CA de Mantes-en-Yvelines a une visée logistique urbaine (courte distance, voir innovations fluviales).

- Le Cluster Logistique urbaine Ile-de-France, créé en 2015, émanation de l'ancien Cluster Logistique urbaine durable de la CCI 92, est très actif sur ce sujet.



Sources : <http://www.leparisien.fr/info-paris-ile-de-france-oise/transports/chez-franprix-a-paris-les-produits-arrivent-par-la-seine-05-10-2017-7310964.php>, <https://franciliensdemain.wordpress.com/2013/01/23/gilles-manuelle-un-velo-peut-livrer-plus-quune-camionnette/>, <http://bfmbusiness.bfmbtv.com/entreprise/logistique-urbaine-vers-un-renouveau-du-transport-fluvial-852695.html>

## 8.9. Livraison en véhicules « propres »

- Constructeurs automobiles et logisticiens développent et achètent depuis plusieurs années des flottes de véhicules à énergie douce, électrique, hybrides, GNV ou hydrogène (non polluant à l'usage mais polluant à la fabrication car il s'agit d'hydrocarbure), voire vélo.
- La logistique urbaine représenterait 20% du trafic, 30% de l'occupation de la voirie et 30% des émissions de gaz à effet de serre. Les camions frigorifiques peuvent également être source de pollution sonore.
- Exemple : Deret exploite en 2014 54 véhicules électriques de (5,5 à 12 tonnes), 22 camions hybrides de 7,5 t (sur un parc de 270 PL). Dans la grande couronne, le transporteur privilégie les hybrides (28 % d'économie de carburant) tandis qu'à Paris intra-muros, il n'utilise que des véhicules électriques pour desservir ses 1 700 points de livraison (Sephora, boutiques de prêt-à-porter, enseignes de luxe, produits médicaux, etc.). Pour le reste, 100% de la flotte camions est à la norme Euro 6.
- Exemple : le groupe La Poste promeut la logistique urbaine comme un axe de développement prioritaire dans son plan stratégique intitulé « La Poste 2020 ; conquérir l'avenir » présenté en 2014 : développement d'une flotte de 11 000 véhicules électriques, 24 000 vélos électriques, 150 véhicules au GNV (ainsi que plusieurs plates-formes centre-ville comme l'ELU Beaugrenelle à Paris, des

consignes automatiques et points relais PickUp). La Poste se targue d'avoir « la plus importante grande flotte de véhicules électriques au monde ».



Sources : <http://www.logicites.fr/tag/tramfret/>, [http://www.avere-france.org/Site/Article/?article\\_id=5896](http://www.avere-france.org/Site/Article/?article_id=5896),  
<http://www.logicites.fr/events/logistique-urbaine-livraison-vehicule-electrique/>, <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/services/transport-logistique/20130326trib000756075/livraison-urbaine-un-business-de-plus-en-plus-electrique.html>,  
<https://www.deret.fr/environnement/transport-propre/>, [https://www.lesechos.fr/19/03/2014/LesEchos/21650-085-ECH\\_camion-electrique--deret-vert-de-colere.htm](https://www.lesechos.fr/19/03/2014/LesEchos/21650-085-ECH_camion-electrique--deret-vert-de-colere.htm), <http://viguiesm.fr/wp-content/uploads/2017/12/LUP-n4-Decembre-2017.pdf>,

## 8.10. Péage urbain

- L'idée peut prendre différentes formes : péage d'infrastructures sur des projets en cours, péage de zone d'entrée de ville, TIPP régionale. Le principe est celui du « pollueur payeur ».
- La loi Grenelle II autorise depuis 2010 l'expérimentation des péages urbains pour les agglomérations de plus de 300 000 habitants.
- Il concerne tous les véhicules polluants, donc tous les véhicules thermiques, VL ou PL. Des tronçons d'autoroute en agglomération sont assimilés à des péages urbains comme l'A14 entre Poissy et Orgeval exploitée par la SANEF, dont une partie en tunnel, qui est considérée comme la première autoroute urbaine à péage en France. Les tarifs sont variables selon les horaires et les classes de véhicules (jusqu'à 39 euros par passage pour les PL). L'A14 permet de relier Orgeval à la Défense en 15 minutes contre 1 heure en passant par l'A13.
- Exemple Londres : depuis 2003, instauration d'un péage urbain dans une agglomération confrontée à l'hypercongestion et à la faiblesse des transports collectifs. La dimension marchandises est prise en compte : un forfait journalier de 12 euros permet aux camions de circuler (quel que soit le type de camion) avec la possibilité de forfait mensuel et annuel, de 7h à 18h du lundi au vendredi. Son périmètre d'application couvre 1,3% (21 km<sup>2</sup>) de la superficie du Grand Londres. Le trafic aurait baissé de 20% depuis 2003.
- Exemple Stockholm : appliqué depuis 2007 après un référendum public sur un périmètre de 35 km<sup>2</sup>, sans distinction VL PL.
- Exemple Milan : depuis 2007, adopté par référendum, appliqué sur 8 km<sup>2</sup> dans le centre-ville de 7h30 à 19h30 du lundi au vendredi, avec distinction particulière VL PL puisque le tarif PL est moins élevé : 5 euros pour un VL et 3 euros pour un PL livrant les commerces du centre-ville.
- Exemple Oslo : sur 40 km<sup>2</sup>, entrée de la zone à 2 euros pour un VL, 4 euros pour un PL 24/24h, 365 j/an.
- D'autres exemples dans d'autres villes comme Rome, Singapour (depuis 1975)...

- A Paris depuis 2016, mesures d'interdiction avec la vignette Crit'Air concernant tous les véhicules (y compris les PL), identification par une pastille de couleur selon l'ancienneté du véhicule et sa motorisation (diesel ciblé).
- A Grenoble, la municipalité envisage de bannir les véhicules diesel de marchandise d'ici 2025. Le système de vignettes Crit'Air, en cas de pic de pollution, fonctionne également depuis fin 2016 et va servir de base de référence aux interdictions.
- Pour les VL cette mesure implique nécessairement le renforcement des transports collectifs de voyageurs. Les recettes sont normalement réinvesties dans les transports publics et dans les travaux d'infrastructure.
- En janvier 2018, suite aux Assises de la mobilité (consultation menée par l'Etat des acteurs territoriaux qui s'est déroulé entre sept. et dec. 2017, en préalable à la loi d'orientation des mobilités), l'Etat dit envisager l'instauration d'une vignette pour les poids-lourds et les VUL utilisant le réseau routier national. Cette vignette rapporterait 550 millions d'euros par an.



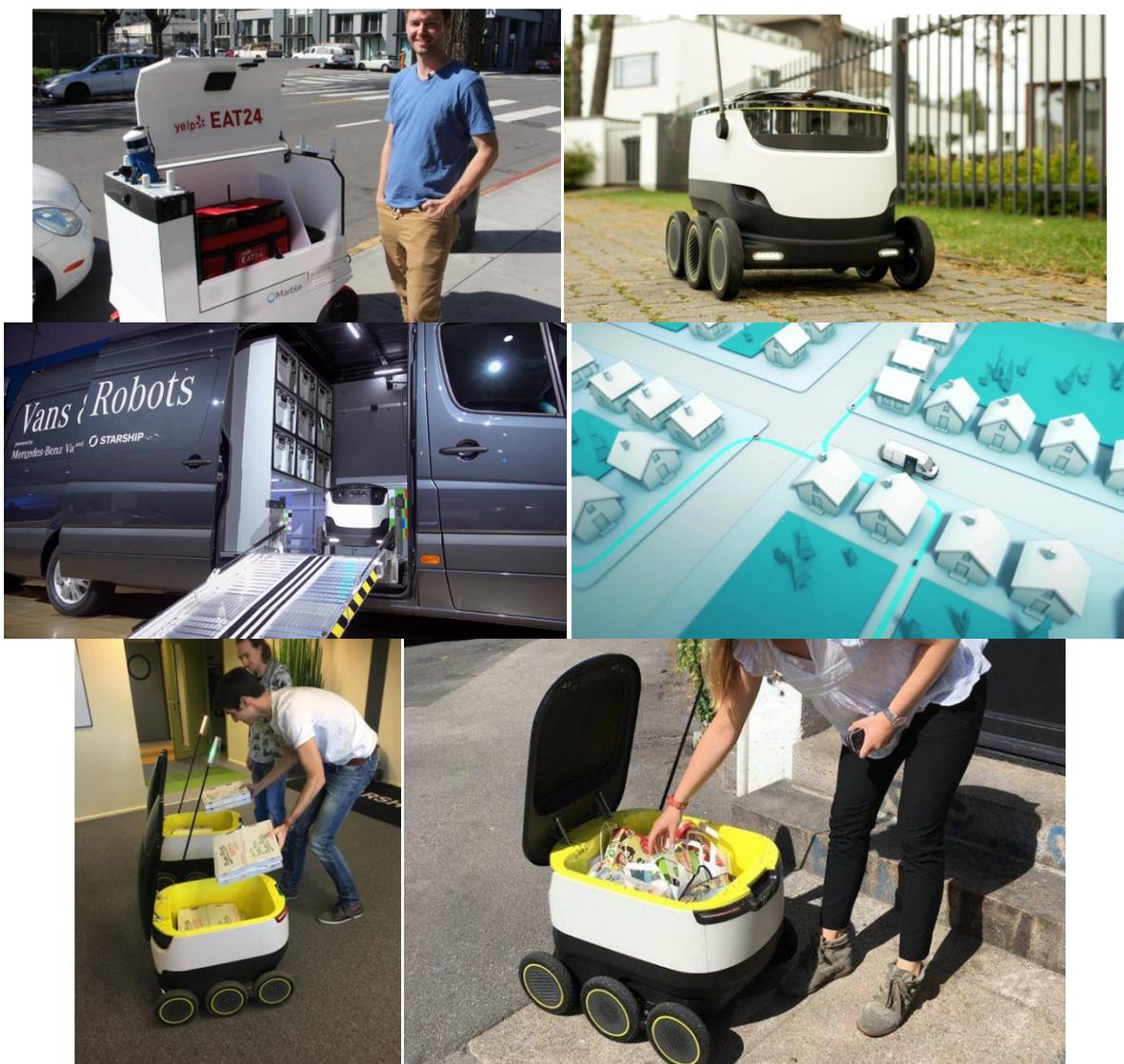
Sources : <http://www.actu-transport-logistique.fr/bibliotheque-numerique/ot/2464/actualites/incontournable-peage-urbain-210088.php>, <http://logistique-pour-tous.fr/la-logistique-urbaine-la-problematique-du-dernier-kilometre/>, <http://www.wk-transport-logistique.fr/outils/upload/peage-urbain-acteurs-urbains.pdf>, <https://www.actu-environnement.com/ae/news/grenelle-2-loi-peage-urbain-amgvf-gart-10471.php4>, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Autoroute\\_A14\\_\(France\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Autoroute_A14_(France)), [https://www.challenges.fr/automobile/peage-urbain-et-si-paris-suivait-l-exemple-de-londres\\_508332](https://www.challenges.fr/automobile/peage-urbain-et-si-paris-suivait-l-exemple-de-londres_508332), <http://www.largus.fr/actualite-automobile/le-peage-urbain-enfin-187327-170644-photos.html>, [https://fr.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9age\\_urbain](https://fr.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9age_urbain), <http://www.mobilicites.com/011-1181-Milan-impose-son-peage-urbain.html>, <https://www.rts.ch/info/monde/1132983-peage-urbain-stockholm-entre-dans-la-danse.html>,

### 8.11. Drone roulant

- Robot autonome électrique roulant de livraison urbaine, équipés de capteurs laser et caméras pour le guidage et capteur GPS pour la géolocalisation.
- Développement par plusieurs start-ups à travers le monde.
- A San Francisco, la société Marble livre des plats de restaurant. Les robots ont été créés pour circuler seul mais ils ont encore une escorte humaine pour leurs déplacements.
- A Londres (quartier de Greenwich), développement en 2016 par Starship Technologies d'un robot à 6 roues pour des livraisons de repas (Just Eat), courses ou colis. Tests dans plusieurs villes d'Europe dont

Bern et Düsseldorf et aux USA. Accord de livraison avec Domino's Pizza à Hambourg. Livraison dans un rayon de 5 km autour de sa base de départ, colis jusqu'à 18 kg. Vitesse 6 km/h. Les robots peuvent aussi partir d'un camion en stationnement près de plusieurs points de livraison (à partir de RoboVan créé en collaboration avec Mercedes-Benz). A l'arrivée, le compartiment du robot ne s'ouvre qu'après confirmation avec code du destinataire sur son téléphone mobile.

- En France, la société Soben (originaire du Lot) commercialise le Twinswheel, grosse roue pouvant transporter jusqu'à 120 kg à 30 km/h. Il est testé dans un entrepôt Siemens pour livrer le courrier interne. Prix : entre 50 000 et 100 000 € selon les options.
- Marchés : livraison repas, messagerie, courses et courrier.
- Le drone roulant à l'avantage de nécessiter moins d'autorisations réglementaires pour être mis en service par rapport au drone volant.
- Une législation nécessaire néanmoins, et un risque de vandalisme.





Sources : [http://bfmbusiness.bfmtv.com/entreprise/san-francisco-pionniere-des-robots-autonomes-livreurs-de-repas-1141116.html?link\\_time=1492009911#xtor=CS2-31](http://bfmbusiness.bfmtv.com/entreprise/san-francisco-pionniere-des-robots-autonomes-livreurs-de-repas-1141116.html?link_time=1492009911#xtor=CS2-31), <http://drones.blog.lemonde.fr/2016/03/25/la-livraison-par-drone-a-commence-sur-la-terre-ferme/>, <https://www.usine-digitale.fr/article/les-robots-livreurs-de-starship-technologies-arrivent-en-ville.N401497>, <http://www.numerama.com/tech/129449-starship-veut-revolutionner-la-livraison-avec-un-robot-roulant.html>, <https://www.generation-nt.com/dominos-pizza-drone-livraison-starship-technologies-actualite-1941025.html>, <https://www.generation-nt.com/dominos-pizza-drone-livraison-starship-technologies-actualite-1941025.html>, <https://humanoides.fr/starship-robotics-experimente-son-drone-de-livraison-terrestre-au-royaume-uni/>, <http://www.robots-et-compagnie.com/amis-ville-croiserez-bientot-robots-livreurs-de-starship-technologies/>, <https://www.usinenouvelle.com/article/le-robot-de-livraison-du-lotois-soben-vous-suit-a-la-trace.N585938>, <http://www.twinswheel.fr/>, <http://www.twinswheel.fr/index.php/2017/11/29/france-inter-twinswheel-le-livreur-du-futur/>, <https://www.lesechos.fr/pme-regions/innovateurs/030700790621-twinswheel-le-robot-porteur-qui-suit-utilisateur-comme-son-maitre-2129753.php>.

## Synthèse

Innovation	Principes	Développeurs	Gains, avantages	Freins, risques	Degré de maturité
<b>TRANSPORT ROUTIER</b>					
<b>Véhicules autonomes</b>	Camion sans chauffeur ou avec un chauffeur passager surveillant	Daimler, Tesla, Volvo, Starsky Robotics...	Economie de salarié, sécurité, économie de carburant, absence arrêt réglementaire temps conduite,...	Réglementation interdisant de lâcher le volant risque de piratage, casse sociale,...	En test
<b>Platooning</b>	Convoi de plusieurs PL en peloton sur autoroute	Volvo...	Sécurité améliorée, économie carburant, meilleure occupation voirie,...	Obstacle réglementaire (non autorisé) et opérationnel (difficulté transport de bout en bout). Casse sociale,...	En test
<b>Moteurs thermiques « propres »</b>	Série d'avancées techniques (véhicules « propres »), de pratiques (écoconduite...) et de normes (norme Euro sur les moteurs)	Constructeurs automobiles, UE...	Diminution des émissions de gaz polluants et conséquences environnementales,...	Transition énergétique encore lente et doute sur la fiabilité des tests moteurs,...	En développement
<b>Motorisation électrique</b>	Energie moteur fournie par des batteries	Constructeurs automobiles, transporteurs,...	Bénéfices environnementaux à l'usage (absence d'émission de GES),...	Surcoût à l'achat, surcoût production et de recyclage des batteries, autonomie moindre, contrainte de production énergétique...	En développement
<b>Camion hybride</b>	Double système de motorisation, thermique et non polluant (généralement électrique, pouvant être produit par hydrogène)	Constructeurs auto (Volvo, Renault...), logisticiens...	Economies de carburants, autonomie allongée,...	Surcoûts à l'achat, surcoût de construction et offre de véhicules limitée, enjeu de l'hydrogène décarboné...	En développement
<b>Motorisation GNV</b>	Energie moteur à base GNC (gaz naturel comprimé), GNL (gaz naturel liquéfié) ou biogaz (biométhane)	Constructeurs (Iveco, Scania, Volvo...), GNVert, logisticiens et grands distributeurs, collectivités publiques...	Avantage écologique à l'usage, meilleurs autonomie que l'électrique,...	Surcoût à l'achat, réseau de stations-services encore très insuffisant,...	En développement
<b>Biocarburants</b>	Ajout aux carburants essences ou diesels de carburant vert produit par le traitement de matériaux organiques : bioethanol (céréales, betterave...) et biodiesel (soja, colza...)	Pétroliers, constructeurs auto,...	Gain environnemental, filière recyclage, filière génératrice d'emplois,...	Filière énergivore entraînant surexploitation,...	En développement
<b>E-Way et autoroutes électriques</b>	Autoroute électrique par induction (au sol) ou par caténaire, utilisée par des camions bi alimentation (thermique et électrique)	SANEF, ADEME, Siemens, Scania, Volkswagen, constructeurs auto...	Zéro émission carbone, pas de lourdes batteries,...	Surcoût important d'investissement sur les autoroutes,...	En test
<b>Méga Truck</b>	Ensemble routier jusqu'à 25m de long sur 8 essieux	Constructeurs, transporteurs routiers...	Emport amélioré, économie de carburant...	Adaptation réseaux routiers, parking et aires de manœuvre, non autorisé dans de nombreux pays,...	En test
<b>Cargo sous terrains</b>	Transport automatisé de marchandises dans des convoyeurs automatisés circulant dans des tunnels souterrains dédiés	Start up, grands distributeurs,...	Délestage des réseaux routiers, indépendance des contraintes topographiques, fonctionnement 7/7] 24/24h...	Importants coûts d'investissement,...	A l'étude
<b>Ecotaxe</b>	Taxe à l'utilisation du réseau routier en fonction du tonnage et du type de motorisation	Etats, collectivités publiques,...	Principe du pollueur payeur, réinvestissement pour l'entretien des routes ou le report modal,...	Acceptabilité,...	En développement

Innovation	Principes	Développeurs	Gains, avantages	Freins, risques	Degré de maturité
<b>TRANSPORT FERROVIAIRE ET INTERMODAL</b>					
<b>Digitalisation</b>	Innovations digitales sur le matériel (capteurs wagon, géo positionnement, état du chargement...) et l'infrastructure (comptage circulation, état de l'infra...)	Compagnies ferroviaires, industriels, Start up (Traxens, Everysens...),...	Surveillance continue et automatique de l'état du matériel et de l'infra, automatisation des opérations de sécurité ferroviaire, réduction du risque de perte de wagon,...	Coûts d'investissement sur les parcs wagon et le réseau,...	En test
<b>Locomotive gaz naturel ou hydrogène</b>	Nouvelles énergies utilisées pour la traction ferroviaire en remplacement partiel ou total de la traction diesel (hydrogène, gaz naturel, 100% batterie, biocarburant).	SNCF, Bombardier, Digas...	Baisse émission polluants, logique d'opportunité remplacement engins diesel anciens, technologie moins coûteuse que l'électrification d'une ligne	Développement de stations-services nécessaire et coûteux caractère véritablement écologique de la production de gaz et de batteries ?	En test
<b>Traffic longue distance</b>	Lignes ferroviaires commerciales fret très longue distance entre la Chine et l'Europe	Gouvernement chinois, opérateurs ferroviaires, Chargeurs,...	Trajets deux fois plus rapide que la voie maritime, moins cher que la voie aérienne...	Coût d'acheminement plus élevé que la voie maritime, équilibre des trafics à trouver, contraintes de changement d'essieu, insécurité, difficultés de dédouanement,...	En développement
<b>OFP</b>	Service ferroviaire de rabattement de trafic local en vue de regroupement pour des acheminements longue distance	Opérateurs ferroviaires, collectivités publiques,...	Massification, redynamisation du fret ferroviaire,...	Faibles marges de rentabilité,...	En développement
<b>Autoroute ferroviaire</b>	Chargement de camions ou semi-remorques sur des wagons spéciaux et acheminements ferroviaires de franchissement d'obstacle naturel ou longue distance	Sociétés d'ingénierie, opérateurs ferroviaires, Etats,...	Massification, redynamisation ferroviaire, combine l'ubiquité du transport routier pour les pré post acheminement routiers,...	Transport subventionné, nécessité d'un matériel et d'une infrastructure adaptés,...	En développement
<b>Trains longs</b>	Train de 1 500 m de long au minimum	Opérateurs ferroviaires,...	Capacité de transport maximisée sans sillon supplémentaire,...	Capacités de traitement sur les triages devant être adaptées,...	En test
<b>Trains autonomes</b>	Trains pilotés à distance	Opérateurs ferroviaires,...	Cadencement optimisé du fait d'optimisation des freins et accélérations, insertion dans des sillons étroits,...	Trains non autorisés pour l'exploitation commerciale,...	A l'étude
<b>Hyperloop</b>	Transport supersonique dans des tubes sous vide	Tesla	Train à très grande vitesse,...	Projet futuriste très ambitieux, usage pour le fret peu évoqué...	A l'étude
<b>TGV Fret</b>	Train à Grande Vitesse dédiée au transport de marchandise	Opérateurs ferroviaires, messagers, constructeurs ferroviaires,...	Moindre empreinte écologique que l'avion, circulation hors des sillons voyageurs,...	Potentiel marchandise de point à point à identifier, circulation de nuit lors des plages travaux d'infrastructure, gares et quais à adapter pour chargement / déchargement,...	A l'étude
<b>Wagon fret</b>	Programmes d'amélioration des performances des wagons (touchant les freins, boggies...)	Entreprises d'ingénierie ferroviaire, opérateurs ferroviaires, UIC, UE,...	Réduction des nuisances (bruits des freins...), amélioration de la fiabilité et des performances,...	Rattrapage de retards d'innovation sur le matériel fret, travail au long cours,...	En développement
<b>Automatisation chantiers TC</b>	Programme R-Shift-R de nouveau chantier TC comportant automatisation des tris, nouveau matériel ferroviaire (wagon à plateau amovible), nouvelle gestion de l'espace...	Etat, ADEME, constructeurs ferroviaires, opérateurs ferroviaires,...	Rapidité, rentabilité, minimisation des surfaces au sol,...	Investissement important, d'autres solutions possibles d'amélioration des performances (« gestion dynamique »),...	A l'étude

Innovation	Principes	Développeurs	Gains, avantages	Freins, risques	Degré de maturité
<b>TRANSPORT AERIEN</b>					
<b>Dirigeables</b>	Utilisation d'aéronefs gonflés à l'hélium pour le transport de marchandises ou de conteneurs dans des zones difficiles d'accès.	Nombreuses start up, constructeurs aériens, intercommunalités,...	Transport dans des territoires difficiles d'accès, faible consommation énergétique, faible nuisance sonores,...	Vitesse limitée, sensibilité à des conditions de vent extrêmes, coûts de production de l'hélium (ap du gaz naturel),...	En test
<b>Téléphériques</b>	Utilisation pour le transport de marchandises pondéreuses (gravât, BTP...), en complément du transport de voyageurs.	Sociétés d'ingénierie type Eiffage, Vinci, spécialiste téléphérique montagne de chantier (Mécamont)...	Permet de s'affranchir d'obstacles naturels (cours d'eau, forte déclivité en zone montagneuse...) ou d'une densité urbaine, moins de PL, ...	L'usage pour les marchandises est peu évoqué dans les projets, ou limité au secteur du BTP (pour chantier), installations provisoires...	En développement
<b>Drones de livraison</b>	Transport aérien courte distance de colis par véhicules téléguidés électriques	Amazon, DHL, UPS, La Poste, Alibaba, Google,...	Marché important de la messagerie et développement du e-commerce, économies de carburant,...	Obstacle réglementaire sur l'autorisation des vols, capacité d'emport et rayon de livraison limité, fiabilité commerciale à démontrer,...	En test
<b>Avion électrique</b>	Energie électrique ou hybride électrique essence pour la propulsion d'engins à usage taxi volant ou avion commercial court courrier (1 500 km)	Nombreuses start up américaines et européennes	Moindres nuisances à l'usage (pas de kérosène, peu de bruits...),...	Rayon d'action limitée en distance, faible emports, usage pour le fret secondaire,...	A l'étude

Innovation	Principes	Développeurs	Gains, avantages	Freins, risques	Degré de maturité
<b>TRANSPORT FLUVIAL</b>					
<b>Conteneurs PW45'</b>	Utilisation d'un conteneur 45' avec un emport similaire à une semi-remorque, interopérable à tous les modes de transport et à chargement latéral.	VNF, AUTF, TLF, Marfret, UPM UPM Kymmene Véolia...	Interopérabilité tous modes de transport (maritime, ferroviaire, routier, fluvial), capacité d'emport supérieur (permet charger 2 rangées de palettes), chargement latéral,...	Gabarit limitant trop long pour circuler librement sur toutes les routes (nécessité de dérogations), inadapté à certains gabarits ferroviaires (sauf wagons surbaissés), cales de la plupart des barges fluviales trop étroites, tare plus importante,...	En développement
<b>Automoteur au GNL</b>	Propulsion au Gaz Naturel Liquéfié	Port de Rotterdam, LNG Logistic,...	Avantage écologique par rapport au fioul,...	Aucun bateau opérationnel aujourd'hui en France, absence de moyens d'avitaillement (en projet),...	En test
<b>R&amp;D motorisation fluviale</b>	Recherches et innovations sur la performance des automoteurs	Centre d'innovation Batelia, VNF,...	Meilleurs rendements, avantages écologique,...	Rattrapage de retards par rapport à d'autres modes.	En développement
<b>Watertruck</b>	Système de navigation associant un pousseur non habitable et des petites barges, le tout circulant sur le réseau fluvial capillaire	Interreg, VIM, provinces belges et néerlandaises, VNF...	Souplesse d'utilisation, batelier sédentaire,...	Quel modèle économique,...	En test
<b>Multirégio</b>	Projet organisationnel et infrastructurel de barges en convois.	VNF, Commission Européennes, chargeurs,...	Barge autodéchargeante, circulation sur petit et grand gabarit, transport tous types de marchandises,...	Projet en cours de développement, modèle économique à développer,...	A l'étude
<b>LUDAP LUDEB</b>	Utilisation d'une caisse légère de 20 m <sup>3</sup> , gerbables, démontables, permettant des manutentions portuaires par tout type d'engins, et pouvant devenir ELU une fois posées à terre.	Cluster logistique urbaine IdF, Steelcase, Haropa, VNF,...	Intermodalité adaptée à la logistique urbaine,...	Principe en attente de généralisation à plus grande ampleur et pour des trafics réguliers,...	En test

<b>Barge « ZULU »</b>	Barge autodéchargeante, capable d'accoster sur n'importe quelle barge, à pont plat, pour le transport de palettes.	BluLineLogistics	Barge équipée d'une grue autodéchargeante, système de stabilisation permettant d'accoster n'importe où, pont plat pouvant faire office de pont de chargement et usage ro-ro, circulation possible sur tous les gabarits,...	Non opérationnel pour du vrac, modèle économique en cours de développement,...	En test
-----------------------	--	------------------	---	--	---------

Innovation	Principes	Développeurs	Gains, avantages	Freins, risques	Degré de maturité
<b>TRANSPORT MARITIME</b>					
<b>Méga porte-conteneurs</b>	Porte-conteneurs de 18 000 EVP et plus.	Principaux armateurs mondiaux	Capacité d'emport et économie d'échelle,...	Marge de ce type de navire en baisse, impose d'agrandir parcs à conteneurs, réception par les plus grands ports,...	En développement
<b>Mega Ports</b>	Concentration des trafics mondiaux sur quelques grandes places portuaires, en particulier chinoises	Principaux ports chinois et mondiaux	Economies d'échelles,...	Capacités limitées d'extension, cout de congestion, stratégie de diversification des ports d'escale par les compagnies,...	En développement
<b>Bateaux au GNL</b>	Navires, méthaniers et porte-conteneurs, utilisant le Gaz Naturel Liquéfié comme carburant, parfois associé à un carburant classique.	Armateurs, CMA-CGM,...	Moins polluant à l'usage que le fioul, réserves mondiales gaz naturelle importantes si gaz de schiste exploité,...	Quasi absence de navire de soutage pour l'approvisionnement, polluant à produire,...	En développement
<b>Conteneur connecté</b>	Equipement de boitiers électroniques de géo localisation et de communication par satellite sur chaque conteneur maritime.	Start up (Traxens,...), armateurs...	Performance logistique, suivi chaine du froid, sécurité des transports,...	Coût d'équipement, coût de remplacement, coût d'exploitation,...	En développement
<b>Conteneur pliable</b>	Conteneur 40 'pouvant être repliés lorsqu'il est transporté à vide.	HCI, armateurs, CMA CGM, Hanjin,...	Gain de place et économique lors des transports à vide,...	Conteneur plus cher à l'achat, nécessité d'un appareil de levage pour le plier,...	En test
<b>Navire autonome</b>	Navires contrôlés à distance sans équipage, ou avec un équipage minimum.	Kongsberg, Yara, Rolls-Royce,...	Meilleur taux de chargement, économie d'équipage, réduction risque accident du aux causes humaines,...	Freins réglementaires du droit maritime à lever, casse sociale,...	En test
<b>Voile de traction</b>	Principe du kite-surf appliqué aux navires ou de cerf-volant comme assistance de traction.	AirSeas, SkySails,	Economie de carburant, avantage écologique,...	Mode de propulsion complémentaire, dépendance de la météo,...	En test

Innovation	Principes	Développeurs	Gains, avantages	Freins, risques	Degré de maturité
<b>ORGANISATION LOGISTIQUE</b>					
<b>Regroupement de PF</b>	Logique d'optimisation des schémas logistiques des grands distributeurs sur des plates-formes multi formats.	Grands distributeurs, prestataires logistiques,...	Optimisations logistiques : mutualisation transports et achats, réduction des coûts, économie km, meilleurs taux remplissage,...	Fermeture de sites, question renouvellement et risque friche, casse sociale, risques liés aux entrepôts XXL,...	En développement
<b>Mutualisation et bourse de fret</b>	Mise en relation par internet entre chargeurs et transporteurs sur des missions d'acheminement.	TimoCom, Wtransnet, B2PWeb, Téléroute,...	Maximisation des taux de remplissage, minimisation des trajets à vide,...	Complexité organisationnelle, freins psychologique de partage d'information avec autrui,...	En développement
<b>Internet physique</b>	Système logistique global fondé sur l'interconnexion des réseaux d'appro par un ensemble standardisé de protocoles de collaboration, conteneurs modulaires et d'interfaces intelligentes pour une efficience et une durabilité accrues	Eric Ballot, Benoit Montreuil, Russell D.Meller, FM Logistics,...	Optimisation logistique, mutualisation à grande échelle, baisse des coûts, réduction des émissions de GES,...	Complexité, investissements nécessaires, mise en commun d'informations,...	A l'étude
<b>Blockchain dans la logistique</b>	Technologie de stockage et de transmission des données assurant automatisé, traçabilité et sécurisation dans une	Chargeurs, logisticiens,...	Sécurisation, certifications qualité, automatisé à une échelle mondiale,...	Scepticisme sur l'infailibilité du système, dépendance demeurante	En test

	chaîne logistique allant du producteur ou du fabricant ou consommateur ou acheteur final.			d'informations saisies par l'homme,...	
<b>Imprimantes 3D</b>	Production à distance d'objets par superposition de très fines couches de matières.	Messagers expressistes (DHL, UPS, La Poste...), logisticiens,...	Gain de transport, réduction des déchets, optimisation logistique,...	Marchés limités, produits de moindre qualité,...	En test
<b>Circuits courts</b>	Production distribution consommation de produits alimentaires locaux.	Agriculteurs et maraichers, La Ruche qui dit Oui,...	Dynamise l'économie locale, minimise les transports longues distance les plus énergivores,...	Manque d'efficacité énergétique (transport petite quantité, retours à vide), plus de travail pour agriculteurs,...	En développement
<b>Reverse Logistic</b>	Ensemble des processus logistiques des flux retour du consommateur vers le producteur.	Entreprises, e-commerçants,...	Recyclage, SAV, prise en charge ensemble des flux, développement filière	Coûts logistiques à intégrer, complexité organisationnelle,...	En développement

Innovation	Principes	Développeurs	Gains, avantages	Freins, risques	Degré de maturité
<b>ENTREPOSAGE</b>					
<b>Drones d'inventaire</b>	Engins volants électriques semi automatiques effectuant le travail d'inventaire dans les entrepôts.	FM Logistics, Géodis, Kuehne Nagel, grands distributeurs,...	Absence d'autorisation de vol, réduction de la pénibilité et du travail rébarbatif,...	Prix, limites techniques (besoin de lumière, autonomie pouvant être limitée...), casse sociale...	En test
<b>Drones de surveillance d'entrepôts</b>	Engins volants de surveillance de sites industriels et logistiques ou d'infrastructures de transport.	Entreprises, logisticiens, gestionnaires de réseaux de transport,...	Bien adapté aux grands sites, technologies (caméra thermique, enregistrement...),...	Autonomie, complémentaire d'une surveillance humaine, casse sociale,...	En test
<b>Exosquelettes</b>	Structure mécanique d'assistance à l'effort pour soulager les préparateurs de commandes.	Panasonic, logisticiens (Géodis, Daher...), entreprises du BTP, de l'automobile,...	Réduction de la pénibilité (réduction des TMS),...	Casse sociale,...	En développement
<b>Robotisation des entrepôts</b>	Remplacement des opérations logistiques répétitives par des robots.	Scallog, Ocado, Exotec, industriels (L'Oréal, Gemo...), Amazon,...	Réduction pénibilités, performance logistique (rapidité...),	Casse sociale,...	En développement
<b>Entrepôts XXL</b>	Développement de très grandes plates-formes logistiques de 100 000 m <sup>2</sup> et plus.	Grands distributeurs, logisticiens,...	Optimisations logistiques, économies d'échelle,...	Risque sur le bassin d'emploi, risque sécurité incendies,	En développement
<b>Entrepôts volants</b>	Dirigeable servant d'entrepôt, à partir duquel s'opèrent les livraisons par drones.	Amazon, WalMart,...	Réduction des distances entrepôt - livraisons, possibilité de déplacement en fonction du marché,...	Coûts de développement important, rentabilité à démontrer,...	A l'étude
<b>Verdissement des entrepôts</b>	Multiple solutions d'insertion de l'entrepôt dans son environnement et pour un bilan énergétique neutre	Immobiliers logistiques,...	Meilleure acceptabilité sociale, bilan écologique...	Surcoût à la construction, risques liés à la gestion des sources d'énergie...	En développement

Innovation	Principes	Développeurs	Gains, avantages	Freins, risques	Degré de maturité
<b>LOGISTIQUE URBAINE ET DU DERNIER KILOMETRE</b>					
<b>CDU</b>	Espace de regroupement de flux de différents transporteurs, en périphérie de ville, afin de consolider les trafics (direct client ou vers un ELU)	Logisticiens, messagers Expressistes, collectivités locales et intercommunalités, ...	Optimisation logistique des flux et du stockage,...	Rentabilité, nombreux CDU abandonnés,...	En développement
<b>ELU</b>	Espace d'éclatement des marchandises de petite surface, situé en centre ville et qui permet des livraisons en mode doux	Expressistes, messagers, e-commerçants, collectivités territoriales,...	Optimisation logistique des flux et du stockage, permet les livraisons en modes doux,...	Besoin d'espaces urbains de proximité parfois difficile à trouver (contrainte de centralité, techniques...),...	En développement
<b>Hôtel logistique</b>	Entrepôt de 10 - 20 000 m <sup>2</sup> pour des fonctions de transfert modal vers livraisons urbaines dont la particularité est la mixité d'activités (logistique + tertiaire, services, commerces, loisirs...).	Sogaris, Ville de Paris, CNR...	Rentabilité rendue possible par la mixité d'activités, livraisons en modes doux, multimodalité,...	Complexité des projets du fait de cette mixité d'activités, difficulté de l'usage de la multimodalité,...	En développement
<b>Base intelligente logistique</b>	Espace Logistique Urbain mobile (camion 19 t équipé d'un petit véhicule électrique réalisant les livraisons sur les dernières distances).	Libner, Dachser,...	Réduction des distances de livraison depuis l'entrepôt, utilisation des modes doux,...	Contrainte de stationnement du camion (autorisation, place stationnement disponible et proche des commerces à livrer...),...	En test
<b>Réappropriation des cœurs de ville par la logistique</b>	Projets immobiliers de créations de nouveaux sites logistiques aux portes de Paris sous l'effet notamment du e-commerce. Exemple : SCAPNOR Leclerc à Pantin (93).	Segro, Leclerc, Carrefour, Amazon, ID Logistics...	Optimisation des flux en juste à temps pour des livraisons express	Difficultés à trouver des espaces disponibles,...	En développement
<b>Tram fret</b>	Utilisation du tram pour les marchandises en milieu urbain.	Collectivité locales, industriels, grande distribution,...	Utilisation d'une infrastructure existante, livraison massifié écologique électrique,...	Peu d'exemples opérationnels et durables, adéquation avec le trafic passager prioritaire,...	En développement
<b>Méto Fret</b>	Utilisation du réseau urbain souterrain de voyageurs pour le fret.	Grandes villes et métropoles,...	Utilisation d'une infrastructure existante, proximité des points de livraisons en surface, transport massifié...	Coexistence difficile avec le trafic passager, investissements pour le transfert du fret en surface,...	A l'étude
<b>Logistique urbaine fluviale</b>	Somme d'initiatives pour le recours à la voie d'eau dans le cadre de livraisons de colis ou de biens de consommation en zone dense urbaine	Franprix, XPO, Ségula Technologies, Vert Chez Vous, Cluster logistique urbaine IdF,...	Economies de carburants, décongestion routière, usage d'une infra fluviale en sous capacité d'utilisation,...	Modèle économique instable (nécessité de subventions), investissements nécessaires (adaptation de quai, acquisition de caisses ou de porteurs),...	En développement
<b>Livraison véhicules « propres »</b>	Développements et utilisations de véhicules à énergie douce (électrique, GNV, hydrogène...) ou humaine (vélo,....)	E-commerçants, distributeurs, transporteurs, messagers, logisticiens, collectivités,...	Gains environnementaux, multiplicité des solutions d'acheminement et des énergies utilisées (adaptabilité), axe de développement majeur de la logistique urbaine, solutions durables dans le temps,...	Foisonnement de solutions et d'initiatives parfois en concurrence, nécessité d'un accompagnement réglementaire contraignant sur l'usage des véhicules polluants,...	En développement
<b>Péage urbain</b>	Paiement de l'usage de l'infrastructure routière par les PL en fonction d quelques critères (tonnage du véhicule, horaires,...).	Grandes agglomérations, Etats, collectivités territoriales,...	Pousse au report modal, réinvestissement dans l'entretien et routes et le développement des modes alternatifs,...	Lobby routiers, gouvernance politiques forte nécessaire,...	En développement
<b>Drone roulant</b>	Robots autonome électrique roulant de livraison urbaine.	Nombreuses start up,...	Gain écologique,...	Autonomie, fiabilité,...	En test

## Conclusion

Si les considérations écologiques et les logiques de développement durable sont importantes, elles ne justifient en général pas à elles seules les innovations, sauf peut-être dans la sphère de la logistique urbaine, où la notion de rentabilité est souvent atténuée par les spécificités des contraintes opérationnelles ou réglementaires et par la montée en puissance des préoccupations environnementales des élus et des populations de territoires où elles sont plus sensibles.

La recherche de la performance logistique et la baisse des coûts sont au cœur des innovations et couvrent les thématiques telles que la massification, la réduction des trajets à vide, l'automatisation des opérations logistique et des véhicules... A cet égard, l'intelligence artificielle est au cœur des enjeux technologiques, car elle est porteuse à moyen terme, de bouleversements fondamentaux dans l'organisation des flux de marchandises, les organisations et les process de travail.

L'enjeu est aussi dans l'interopérabilité des différentes solutions, la standardisation<sup>1</sup>, la consolidation des outils, ce qui permet de proposer des solutions globales pour des acteurs dispersés économiquement et spatialement. Ainsi, l'Internet physique, concept novateur, qui n'a pas encore trouvé d'application concrète à grande échelle, est la phase la plus avancée d'une très grande intégration du système logistique. Mais au-delà des solutions systémiques, ambitieuses, naturellement coûteuses et longues à mettre en œuvre, apparaissent des solutions plus simples, plus empiriques et directement connectées aux besoins opérationnels des entreprises. Ainsi, que ce soit en milieu urbain ou dans un cadre spatial plus global, la logistique est de plus en plus collaborative, suscite plus de mutualisation, ce qui implique de plus en plus d'interactions entre les différents acteurs privés et publics.

La grande distribution a été historiquement un moteur de nombreuses innovations logistiques. C'est un secteur qui reste encore porteur d'innovations, en particulier en termes d'optimisation organisationnelle, d'amélioration des process (automatisation, robotisation) ou de valorisation des outils immobiliers.

Mais l'émergence du e-commerce et de la logistique urbaine est un catalyseur très important des innovations actuelles et sans doute futures, notamment sur l'utilisation de nouveaux outils d'éclatement des flux, sur les nouveaux types de véhicules, sur les énergies douces ou sur les nouvelles modalités de l'usage de l'espace urbain,

Les politiques publiques et les cadres réglementaires restent encore très centrés sur les pratiques et les organisations passées des acteurs du transport et de la logistique. Elles sont à mettre en adéquation avec les nouvelles pratiques et le dynamisme des initiatives privées, notamment de nombreuses start-up, que ce soit pour les encourager, les accompagner ou les canaliser, voire même pour les freiner quand elles ne sont pas conformes aux intérêts des territoires et de ses habitants (voir les déboires d'Uber). Les outils réglementaires, sécuritaires, infrastructurels restent encore souvent plus forts que les freins ou avancées technologiques. Mais ils ne sont pas toujours (bien) utilisés par les décideurs publics pour faire que les innovations aillent dans un sens utile au développement durable et non pas seulement dans l'intérêt étroit de leurs promoteurs.

Certains principes d'innovation ont des fondements anciens, parfois plus que séculaires (dirigeable, MailRail londonien, traction électrique...), mais les progrès technologiques effectués dans des domaines connexes (électronique, automatismes, matériaux, et de plus en plus intelligence artificielle...) permettent de les adapter pour des utilisations totalement novatrices.

Les innovations les plus marquantes font par ailleurs apparaître un paradoxe évident qui caractérise bien un des principaux enjeux du transport et de la logistique contemporains : la massification de flux diffus et la diffusion de flux massifs. La course au gigantisme et la recherche de la massification pour pousser au maximum les économies d'échelle, d'un côté (méga porte-conteneurs, méga ports, entrepôts XXL, trains longs, porte-conteneurs de 45' ...) et flux de plus en plus diffus et adaptés au client final, livraisons démultipliées, de plus en plus fines et personnalisées de l'autre côté.

---

<sup>1</sup> Standardisation des API. L'API (Application Programming Interface, ou interface applicative de programmation) est un ensemble de fonctions qui permet d'établir des connexions entre plusieurs logiciels pour échanger des données. C'est la standardisation des messages EDI (Echanges de Données Informatisées).

Par ailleurs, les « barrières modales » se fissurent ; on constate clairement un décroisement des modes de transport et l'application à certains modes des recettes et des pratiques d'autres modes. Ainsi, la route se massifie en empruntant au fer certaines de ses caractéristiques (Méga Truck, platooning, E Way...) alors que la voie d'eau traite des bateaux comme des wagons (Watertruck) et le fer se met en œuvre comme des camions (tramfret). A cet égard, les modes terrestres massifiés, ferroviaires et fluviaux, semble accuser un retard d'innovation, à combler notamment vis-à-vis du transport routier,

Enfin, une des principales conséquences des avancées technologiques réside dans leur utilisation pour changer fondamentalement la place du travail dans les opérations logistiques et de transport. Que ce soit l'automatisation ou la robotisation des entrepôts, les véhicules autonomes ou les drones, les opérations humaines vont sans doute être moins pénibles, mais vont également impliquer une forte réduction du recours au travail humain. Les perspectives de l'intelligence artificielle repoussent encore plus loin les frontières du possible. Ainsi, les agences d'intérim estiment que 3 millions d'emplois français seraient menacés par la robotisation. Mais ces pertes pourraient être compensées partiellement par le développement des emplois dans de nouveaux métiers, sachant que 60% des métiers en 2030 n'existent pas aujourd'hui<sup>2</sup> du fait de la robotisation et de la digitalisation.

Au final les différentes innovations pourraient avoir des impacts très différents pour notre projet RER multimodal fret. Certaines d'entre-elles n'en auront probablement qu'à la marge, comme c'est par exemple le cas pour les innovations en matière de véhicules routiers, qui viendront certes améliorer les performances économiques et environnementales des véhicules et des prestations, mais ne modifieront pas fondamentalement notre modèle. Il en va différemment pour des innovations routières plus systémiques, qui allient innovations technologiques à innovations organisationnelles, comme le platooning ou le projet E-Way.

En revanche, les innovations ferroviaires, dans la mesure où elles contribuent à améliorer l'efficacité globale de l'offre ferroviaire pourraient avoir une influence plus forte sur l'architecture de notre projet, et notamment la digitalisation, les trains autonomes, l'automatisation des chantiers de transport combiné ou l'amélioration des wagons fret, les grandes innovations conceptuelles comme l'Hyperloop nous paraissant d'un intérêt plus lointain.

Pour les modes aquatiques, toutes les innovations évoquées nous paraissent pouvoir influencer notre projet, soit parce qu'elles contribuent à une amélioration technique de l'exploitation des vecteurs de transport (alimentation au GNL, motorisation, autonomisation des navires...), soit parce qu'elles améliorent les conditions des opérations de transport et transfert des marchandises (conteneurs, LUDAP-LUDEB, Watertruck), soit parce qu'elles influencent la mise en œuvre globale du projet (Watertruck, méga-ports).

Les innovations en logistique auront indubitablement des effets sur la structure du projet. Certaines innovations purement techniques ou architecturales, comme le regroupement de plates-formes, les entrepôts XXL, les plates-formes à étage, la robotisation, les drones, auront directement un impact sur la nature et l'ampleur des sites développés. D'autres, technologiques (comme les imprimantes 3D) ou plus sociétales (circuits courts, économie circulaire et reverse logistics) devraient largement bouleverser le rapport de la logistique au temps et à l'espace et modifier fondamentalement les flux, les organisations et les implantations. Enfin des innovations globales, systémiques ou de réseau, comme l'Internet Physique ou la Blockchain, devraient à plus long terme bouleverser l'ensemble de l'organisation du système.

Enfin, les nombreuses innovations dans la sphère de la logistique urbaine, qui éclosent un peu partout en France et dans le monde, peuvent constituer autant d'innovations desquelles notre projet peut s'inspirer, voire qu'il peut intégrer, d'autant que la logistique urbaine et celle du dernier kilomètre constituent une dimension structurante de RER multimodal fret.

<sup>2</sup> <https://www.maddyness.com/2016/11/30/transition-numerique-metiers-emplois/>

# Tableau de bord des innovations logistiques et transport de marchandise

