



Revue *Transport*

n°04 | Juin 2015

Succède à la revue du
Sétra

Du côté des chargeurs

Le monde du transport et de la logistique est un marché sur lequel se rencontrent offre et demande. Les organisations logistiques que mettent en place les chargeurs ont pour objectif d'intégrer aux mieux exigences des clients et contraintes des transports. Ainsi, connaître les enjeux de la demande est essentiel pour bien comprendre les évolutions du transport de fret, mais aussi pour prendre la mesure de l'impact des décisions concernant leur organisation.

Ce quatrième numéro de la Revue Transport du Cerema met à l'honneur ce rôle des chargeurs. Le premier article présenté revient sur une étude commandée par Voies Navigables de France et se penche sur les enjeux de l'ouverture à la navigation fluviale 24h/24, principalement pour les chargeurs. Le second article, plus académique, concerne la modélisation de la génération des flux de marchandises. Il s'intéresse de près à la relation entre les caractéristiques économiques des établissements et les quantités de marchandises qu'ils expédient et qu'ils reçoivent, dans le but de proposer des modèles désagrégés de génération.

Enfin, une fois n'est pas coutume, nous concluons la Revue Transport sur une note « d'actualité ». En avril dernier s'est tenu à Paris la Semaine Internationale du Transport et de la Logistique, rassemblant plus de 20 000 professionnels. Nous y étions et avons choisi de vous rapporter certaines idées entendues lors de ce salon que nous pensons révélatrices des tendances de la profession.

Bonne lecture.

Au sommaire

Fret fluvial

Approche des enjeux économiques et sociaux de l'ouverture à la navigation fluviale 24h/24.....	2
--	---

Modélisation

Modélisation de la génération de marchandises au niveau des établissements.....	7
---	---

Tendances

Retour sur la <i>Semaine Internationale du Transport et de la Logistique</i>	13
--	----

Approche des enjeux économiques et sociaux de l'ouverture à la navigation fluviale 24h/24

Le cas du réseau des voies navigables en région Nord – Pas-de-Calais

Les rédacteurs :

Ludovic Vaillant

Directeur d'études, chercheur
(Cerema, DTer Nord – Picardie)
Ludovic.Vaillant@cerema.fr

Didier Baudry

Directeur d'études
(Cerema, DTer Nord – Picardie)
Didier.Baudry@cerema.fr

Le réseau de voies navigables à grand gabarit de la région Nord-Pas-de-Calais est aujourd'hui ouvert à la navigation de 6h30 à 20h30 (et sous conditions jusqu'à minuit). Selon le Schéma régional d'aménagement de la voie d'eau (SRAVE), « l'objectif de VNF est d'ouvrir le réseau 24h/24 sur le canal à grand gabarit à l'horizon 2020 ».

Cette ouverture s'inscrit dans le cadre de la modernisation des méthodes d'exploitation avec le développement de la téléconduite des écluses sur le réseau de voies navigables à grand gabarit et, dans la perspective de la réalisation de la liaison Seine-Escaut.

À court terme, il s'agit de se rapprocher des conditions d'exploitation en vigueur sur les réseaux du Benelux : les volumes de marchandises échangés par voie fluviale avec le Benelux (3,1 Mt en import et 2,4 Mt en export en 2013¹) sont plus du double des échanges internes à la région (2,1 Mt).

A plus long terme, il s'agit de permettre la navigation libre 7j/7 à l'instar de la Seine aval et du futur canal Seine-Nord Europe.

L'évolution du mode d'exploitation du réseau soulève de prime abord des enjeux de nature économique et sociale que VNF a demandé au Cerema d'explorer à travers une étude menée durant l'automne 2014. Plusieurs questions étaient posées : le déploiement d'un système d'exploitation du réseau à grand gabarit est-il à prévoir d'emblée sur l'ensemble du réseau ou d'un axe de navigation, ou bien des étapes sont-elles envisageables, modulables dans le temps et dans l'espace selon les besoins des chargeurs ? Quelles seraient les sections de réseaux où des besoins se font d'ores et déjà sentir ?

Pour y répondre, le Cerema a mené une enquête auprès de 6 chargeurs utilisateurs de la voie d'eau et de 3 opérateurs de transport fluvial (commissionnaire, transporteur fluvial ou gestionnaire de terminal conteneurs) en Nord-Pas-de-Calais.

1 - La diversité des horaires de navigation en vigueur sur l'axe Seine-Escaut

En France, la majeure partie des voies navigables à usage du transport fluvial de marchandises est ouverte à la navigation 359 jours/an (le service est fermé durant 6 jours fériés).

Historiquement, la navigation était une activité diurne pratiquée par des artisans bateliers avec l'appui des « éclusiers » qui commandaient et manœuvraient les ouvrages (écluses, barrages, ponts levants, etc.) sur place. Aujourd'hui, avec le développement des technologies et de la navigation industrielle, de grands axes français de navigation, tel que le Rhône par exemple, sont ouverts à la navigation 24h/24 grâce à la mise en place de la téléconduite des écluses. Celle-ci a permis une augmentation du niveau de service tout en maîtrisant les moyens humains des gestionnaires et exploitants d'infrastructures.

¹ Source : VNF, 2013, « Observatoire régional du transport fluvial ».

LA TÉLECONDUITE DES ÉCLUSES

Elle consiste à commander à distance plusieurs écluses depuis un poste de commandes centralisé. Sur le Rhône par exemple, 14 écluses à grand gabarit sont commandées depuis un seul poste de commande. En France, d'autres itinéraires sont également équipés. La téléconduite se développe également en Belgique et aux Pays-Bas.

TROIS MODALITÉS DE NAVIGATION EN FRANCE :

- la **navigation libre** : l'usager n'a pas à annoncer son arrivée aux écluses (en vert dans l'illustration 1) ;
- la **navigation programmée** (ou à la demande) : l'usager doit prévenir le service de son heure prévisible d'arrivée à l'écluse ;
- le **service spécial d'éclusage** : modalités identiques à celles de la navigation programmée mais le passage des écluses est payant (en plus du péage appliqué sur le réseau géré par VNF). Il est figuré en rouge dans l'[Illustration 1](#).

L'amplitude (quotidienne) des horaires d'ouverture des différentes voies navigables n'est pas uniforme sur l'ensemble du réseau mais présente une certaine cohérence. Elle est par exemple de 24 h sur la Seine aval (Paris-Le Havre) et de 14 h en Nord-Pas-de-Calais (sur le réseau de voies navigables à grand gabarit où cette amplitude peut être portée à 17h30 avec le service spécial d'éclusage entre 20h30 et minuit). De plus, souvent le dimanche, l'amplitude des horaires d'ouverture est plus réduite par rapport à la semaine (du lundi au samedi).

Les horaires de navigation dans le corridor allant de l'embouchure de la Seine à l'embouchure de l'Escaut varient selon les régions traversées et les jours de la semaine (voir [Illustration 1](#)).

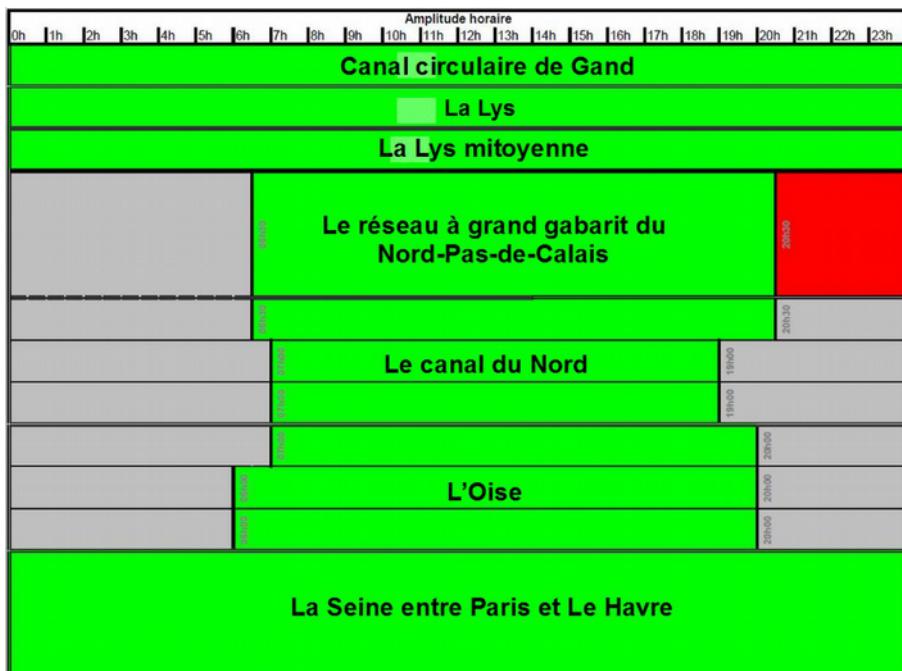


Illustration 1 : les horaires de navigation sur le corridor Seine-Escaut
Sources : VNF, Service public de Wallonie et Waterwegen en zeekanaal

En semaine, sur la Seine aval comme sur la Lys et le Haut-Escaut en Région flamande et en Région wallonne, la navigation est libre 24h/24. En région Nord-Pas-de-Calais la navigation est libre 14h/jour en semaine y compris le samedi (cette amplitude peut être portée à 17h30 avec le « service spécial d'éclusage » entre 20h30 et minuit). Sur l'Oise et le canal du Nord l'amplitude horaire de navigation varie entre 12 h et 14 h par jour.

Le week-end, les pratiques diffèrent d'une région à l'autre. La principale divergence concerne la navigation le dimanche qui est libre en France et en Région wallonne (avec une amplitude horaire réduite par rapport à un jour de semaine), alors qu'elle est soumise au « service spécial d'éclusage » en Région flamande.

2 - Des enjeux économiques et sociaux variables selon les stratégies des chargeurs et opérateurs

Différents scénarios alternatifs à la situation actuelle ont été confrontés à des organisations logistiques particulières du Nord-Pas-de-Calais. Des entretiens ont permis de comprendre les organisations logistiques en place (en approvisionnement et/ou expéditions) de quelques chargeurs, la place du transport fluvial dans ces organisations et leur intérêt éventuel pour l'élargissement de l'amplitude horaire de navigation par rapport aux règles actuelles et dans la perspective d'une navigation libre 24h/24.

Fluvial

Soumis au respect des engagements de confidentialité, le présent article restitue de façon anonyme les principaux résultats.

2.1 - La navigation de nuit à la demande intéresse les acteurs de la conteneurisation fluviale

La contrainte logistique principale du conteneur maritime est la livraison en juste-à-temps. A l'import, le chargeur exige souvent une livraison à quai à l'heure près. Les dépôts de conteneurs dans les ports intérieurs proches du chargeur permettent d'assurer un tel service. À l'export, les compagnies maritimes imposent une heure limite de chargement du conteneur à bord. Si bien que la régularité des lignes fluviales est cruciale. Différents opérateurs exploitent plusieurs lignes régulières entre les plates-formes intérieures du Nord-Pas-de-Calais et les ports maritimes.

À l'import comme à l'export, tout retard (incident, attente prolongée à une écluse, etc.) peut s'avérer préjudiciable tant pour le chargeur qui attend des pièces urgentes que pour la compagnie maritime qui doit respecter ses durées d'escale au port. La navigation de nuit jusque 6h30 serait alors sollicitée chaque fois que le besoin s'en ferait sentir, comme actuellement jusque minuit ; par exemple pour rattraper un retard ou pour réduire exceptionnellement la durée d'un trajet. Dans les cas étudiés, quelques écluses seraient concernées sur le canal Dunkerque-Escaut, la Deûle et sur l'Escaut.

Sur le plan financier, la navigation de nuit permet dans certains cas de réduire les coûts d'exploitation des bateaux (qui peuvent compenser le renforcement de l'équipage, avec notamment l'obligation d'un second pilote, par l'augmentation des rotations sur la même semaine) et pour le chargeur de réduire les coûts d'immobilisation du « stock matière ».

LES SERVICES DE TRANSPORT COMBINÉ FLEUVE-ROUTE EN NORD- PAS-DE-CALAIS

La carte ci-contre présente les services réguliers de transport fluvial de conteneurs maritimes, en activité en octobre 2014. L'épaisseur des traits représente les fréquences de desserte mais pas les capacités d'emport ni le nombre de conteneurs embarqués.

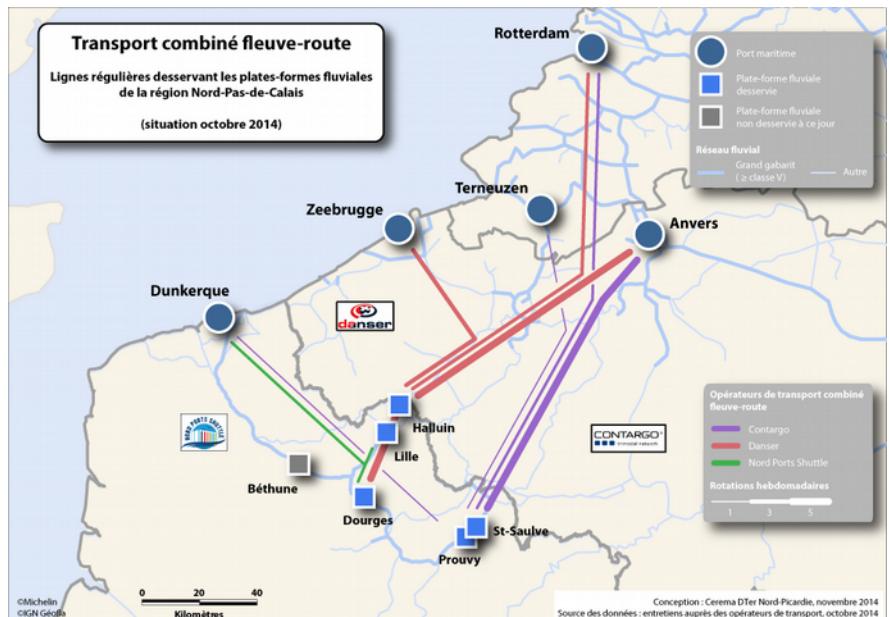


Illustration 2 : Les lignes régulières de transport combiné fleuve-route en Nord-Pas-de-Calais. Sources: opérateurs

2.2 - La navigation de nuit à la demande peut intéresser des logistiques en flux poussés

Un industriel métallurgiste du Nord expédie une part de ses produits en flux poussés vers des lieux de stockage avancés, situés à proximité de certains clients. Ces flux aujourd'hui opérés majoritairement en train en jour A - jour B, pourraient basculer sur le fleuve dans la mesure où la navigation 24h/24 réduirait le transit-time vers une destination de 3,5j à 2 jours, destination où en outre, du fret de retour est possible rendant le prix du fluvial compétitif.

Fluvial

Un industriel de la chimie réalise quant à lui déjà 100 % de ses approvisionnements depuis les Pays-Bas par bateaux exploités en double équipage. L'ouverture à la navigation 24h/24 selon des modalités proches de celles en vigueur en Flandres et en Wallonie lui apporterait plus de fiabilité dans ses livraisons et une réduction des coûts de transport.

2.3 - L'ouverture 24h/24 peut aider à substituer une logistique fluviale à une logistique routière

Un industriel de l'agglomération lilloise, situé en milieu urbain dense, envisage de réduire drastiquement le flux de poids lourds qu'il génère. En effet, la quantité de camions-citernes qui arrivent et repartent de l'usine peut poser à terme des problèmes de cohabitation avec les riverains. D'éventuelles perspectives d'augmentation des capacités de production de l'usine viendraient accentuer ces nuisances.

Situé bord à canal, l'industriel étudie une solution fluviale pour l'approvisionnement des matières premières et l'expédition des co-produits. Le projet suppose d'aménager des sites de stockages eux aussi bord à canal en périphérie de l'agglomération, voire d'effectuer des opérations de pré- ou post-transformation sur ces sites de stockage. Des navettes fluviales entre ces dépôts et l'usine assureraient l'acheminement des produits 24h/24 ce qui nécessite une ouverture permanente de deux écluses sur la Deûle.

2.4 - Certains chargeurs restent indifférents

Deux des chargeurs interrogés se sont montrés indifférents à la navigation libre. L'un, vendeur de matériaux de construction, parce qu'il dispose systématiquement d'un stock de plusieurs jours d'avance et qu'il n'envisage pas de travailler la nuit (ce qui renchérirait trop ses coûts d'exploitation au regard de la faible valeur commerciale produit). L'autre, coopérative céréalière, satisfait de l'organisation logistique actuelle, ne veut pas entrer dans l'organisation logistique fluviale qu'il confie à des affréteurs ou courtiers en capacité de gérer une multitude de transporteurs fluviaux (artisans bateliers) sur plusieurs marchés de transport.

2.5 - Des enjeux sociaux multiples

Au-delà des enjeux économiques, l'ouverture à la navigation 24h/24, quelles qu'en soient les modalités, aura des conséquences sociales immédiates touchant directement les conditions de vie des bateliers : nécessité d'un équipage supplémentaire sur des bateaux exploités de manière artisanale, d'un travail de nuit, de logements supplémentaires, etc.

L'avantage concurrentiel ira probablement aux entreprises fluviales industrielles déjà structurées pour naviguer en 24h/24 (en termes d'organisation et de métiers) par rapport aux entreprises artisanales. L'enjeu est particulièrement sensible sur le réseau du Nord-Pas-de-Calais où naviguent déjà les deux types d'entreprises et des transporteurs belges et néerlandais.

Une concertation avec les représentants de la profession du transport fluvial et plus largement avec les donneurs d'ordre à l'origine des transports est recommandée pour définir un projet d'ouverture du réseau optimal.

3 - Conclusion

VNF et le Cerema en réponse à sa demande, se sont intéressés aux besoins des donneurs d'ordre que sont les chargeurs avec une approche consistant à résituer le transport (fluvial) dans les déterminants systèmes logistiques et productifs.

Les quelques cas étudiés dans cette étude exploratoire révèlent plusieurs choses :

- les besoins exprimés au regard de la navigation libre 24h/24 varient selon les chargeurs, les opérateurs de transport et donc selon les sections du réseau fluvial ;
- des attentes existent d'ores et déjà quant à la navigation libre 24h/24 (à la demande) sur le canal Dunkerque-Escaut, la Deûle et l'Escaut, en particulier dans les sections proches de la frontière avec la Belgique. Ces attentes concernent en premier lieu la conteneurisation fluviale ;
- des besoins latents existent aussi de la part d'industriels à la recherche de réduction de leurs coûts logistiques ;
- dans certains cas, le recours à la navigation libre suppose en outre des investissements spécifiques de la part du chargeur, voire une adaptation de son appareil productif ;
- les chargeurs sensibles aux enjeux de la navigation libre sont souvent déjà « connaisseurs » du transport fluvial et de ses contraintes spécifiques ;
- les enjeux sociaux, peu évoqués par les chargeurs ou même les opérateurs interrogés, sont pour autant à anticiper dans la poursuite du projet compte tenu notamment de la part importante de la batellerie artisanale dans le transport fluvial de la région.

Des liens diversifiés entre les organisations logistiques des chargeurs et l'exploitation du réseau fluvial ont été mis en évidence. Cela invite à une réflexion plus exhaustive sur le sujet pour alimenter la réflexion sur un éventuel phasage, d'ici à 2020, de mise en œuvre de l'ouverture à la navigation 24h/24 du réseau de voies navigables à grand gabarit de la région Nord-Pas-de-Calais.

Modélisation de la génération de marchandises au niveau des établissements

Les rédacteurs:

Duy-Hung HA

Chargé d'études sur la prévision de trafic

Cerema (DtecITM)

duy-hung.ha@cerema.fr

François COMBES

Chef de la division DEOST

Cerema (DTecTIM)

francois.combes@cerema.fr

Le transport de marchandises est une activité essentielle dans l'économie de n'importe quelle société moderne. Cette activité constitue un système complexe au sein duquel beaucoup d'acteurs interagissent tant sur le plan technico-industriel que sur le plan socio-économique. Comme en transport de voyageurs, les prévisions de trafic en transport de marchandises font appel à une modélisation qui comporte plusieurs étapes. Cet article aborde la première de ces étapes : celle de la génération qui a pour objectif d'estimer les flux émis et/ou reçus par les unités élémentaires modélisées, c'est-à-dire les établissements.

1 - Approches agrégées et désagrégées

Selon que l'on utilise des données zonales (par exemple à la zone d'emploi ou au département) ou des données individuelles (relatives aux établissements), on se place dans le cadre d'approches agrégées ou désagrégées. Les modèles désagrégés sont théoriquement recommandés, car ils permettent d'éviter tous les biais que peuvent causer les procédures d'agrégation. Ils sont cependant complexes à mettre en œuvre, et bute souvent d'abord sur l'absence de données pertinentes.

L'enquête ECHO¹ est un exemple remarquable de base de donnée désagrégée portant sur le transport de fret. Cette base contient beaucoup d'informations sur les chargeurs au niveau de l'établissement tels que les caractéristiques économiques de l'établissement (ex. groupe d'activité, chiffre d'affaires, main d'œuvre), la production (ex. nombre de références et de gammes de produits), ou bien la relation avec les partenaires (ex. contrat avec les transporteurs, concessionnaires, etc.).

Le but de cet article est d'analyser la relation entre les mesures de génération de fret (i.e. ici le tonnage émis annuel, le tonnage reçu annuel, le nombre d'envois annuel) et les caractéristiques économiques des établissements afin de construire des modèles désagrégés de génération.

VARIABLES DÉPENDANTES DE LA GÉNÉRATION DE MARCHANDISES

Variable	Unité
Flux de marchandises émis	tonne/an
Flux de marchandises reçu	tonne/an
Nb d'envois	envois/an

Source : enquête ECHO

2 - Enquête ECHO et les données des chargeurs

L'enquête ECHO a été réalisée en 2004-2005 selon une procédure en plusieurs étapes impliquant des entretiens téléphoniques et en face à face sur la base de questionnaires fermés préétablis. Elle a permis d'observer 10.462 envois générés par 2.935 chargeurs en France, ce qui représente environ 4 % de la population globale des chargeurs à l'époque (Guilbault et Soppe, 2009). La particularité de cette enquête est qu'elle fournit des informations détaillées non seulement sur les chargeurs mais aussi sur leurs envois vers les destinataires.

Pour modéliser la génération de marchandises, les mesures suivantes sont prises en compte :

1. Le volume de génération E est le tonnage total émis par un établissement chargeur durant une année ;
2. Le volume d'attraction A est tonnage total que l'établissement reçu pendant l'année ;
3. La fréquence d'expédition S est le nombre d'envois réalisés sur l'année.

Modélisation

Ces trois mesures représentent de façon générale la taille et l'organisation de transport de marchandises des chargeurs au cours de l'année enquêtée. On cherche alors à estimer statistiquement comment ces variables (dites expliquées) sont déterminées par des variables (dites explicatives) caractéristiques des établissements. Les variables explicatives sont divisées en 4 catégories dans l'article, et récapitulées dans le schéma ci-dessous.

CATÉGORIES	VARIABLES QUALITATIVES	VARIABLES QUANTITATIVES
Activité économique	Groupe d'activité des chargeurs G	
Relation avec les acteurs extérieurs	Tranches de chiffres d'affaire T	
Organisation de production et de logistique	Type de contrat avec les transporteurs, TC (longue période, occasionnel, les deux)	
Caractéristiques de l'emploi interne	Qualité de main d'œuvre L (4 niveaux, de non qualifié à très qualifié)	Nombre de clients log(Ncl) Nombre de transporteurs CR Nombre de références log(Nr) Pourcentage du coût de transport dans le prix de produit log(CT) Nombre de salariés log(N)

Classification des variables explicatives de génération de marchandises

L'objectif de cet article est donc d'examiner la relation entre les variables indépendantes et les mesures de génération précitées (*E*, *A* et *S*) au niveau des établissements afin de proposer des modèles désagrégés aux caractères prédictifs et/ou explicatifs.

3 - Méthodologie

Dans un premier temps, vu que les variables qualitatives étudiées sont nombreuses, les méthodes ANOVA (analyse de variance) et ANCOVA (analyse de covariance) sont utilisées pour analyser l'influence de chacune d'entre elles sur les variables d'attraction, d'émission et de fréquence d'envoi.

Un modèle ANOVA à deux dimensions se présente ainsi :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

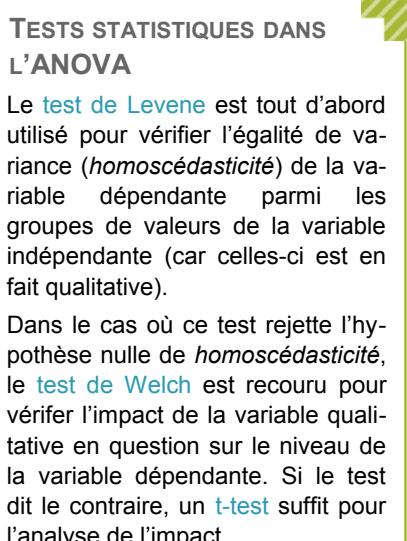
où Y_{ijk} est la $k^{ième}$ valeur de Y dans le sous-groupe mutuellement correspondant à la sous-classe j et sous-classe i respectivement de deux variables explicatives X_2 et X_1 ; α_i et β_j sont les effets de ces deux variables sur la variable dépendante Y et $(\alpha\beta)_{ij}$ l'effet de l'interaction de X_1 et X_2 sur Y ; ϵ_{ijk} est le terme d'erreur.

Le modèle ANCOVA est une combinaison entre l'analyse ANOVA et la régression linéaire ordinaire. Il permet d'augmenter la puissance explicative du modèle en intégrant à la fois les variables quantitatives et qualitatives.

TESTS STATISTIQUES DANS L'ANOVA

Le **test de Levene** est tout d'abord utilisé pour vérifier l'égalité de variance (*homoscédasticité*) de la variable dépendante parmi les groupes de valeurs de la variable indépendante (car celles-ci est en fait qualitative).

Dans le cas où ce test rejette l'hypothèse nulle de *homoscédasticité*, le **test de Welch** est recouru pour vérifier l'impact de la variable qualitative en question sur le niveau de la variable dépendante. Si le test dit le contraire, un **t-test** suffit pour l'analyse de l'impact.



4 - Résultats et discussions

4.1 - Les mesures et déterminants de la génération de fret

Les trois mesures de génération de fret (*E*, *A* et *S*) sont toutes transformées en logarithme afin d'obtenir une distribution normale pour les données observées – condition nécessaire pour une application des méthodes ANOVA et ANCOVA.

Modélisation

VARIABLE	NB D'OBS	MIN	MEDIAN	MEAN	MAX	ECART-TYPE
Log(E)	2935	0	8.434	8.299	15.654	2.641
Log(A)	2935	0	8.437	8.179	15.830	2.628
Log(S)	2935	1.099	8.269	8.260	14.910	1.838

TABLEAU 1 : Statistiques descriptives des variables expliquées

CLASSIFICATION DES ACTIVITES DANS ECHO

Neuf groupes d'activités de chargeurs sont distingués :

1. Industrie de biens intermédiaires ;
2. Commerce de gros de biens intermédiaires ;
3. Industrie de biens de production ;
4. Commerce de gros de biens de production ;
5. Industrie agro-alimentaire ;
6. Commerce de gros de biens alimentaires ;
7. Industrie de biens de consommation ;
8. Commerce de gros de biens de consommation ; et
9. Entrepôt.

2 : Un diffogramme dans l'analyse ANOVA permet de comparer la différence entre chaque deux groupes de valeurs d'une variable catégoriale. Les lignes bleues indiquent une distinction significative entre les deux groupes tandis que les lignes rouges témoignent le contraire. Les noms des groupes sont obtenus par la projection du milieu de la ligne sur les deux axes du graphique.

Le Tableau 1 représente les caractéristiques statistiques de base de ces trois variables. On a constaté une similitude de distribution dans ces trois variables de génération, en particulier entre le volume de génération et le volume d'attraction : ils ont les mêmes niveaux des mesures de tendance centrale (médiane, moyenne) et de dispersion (min, max et écart-type).

Les variables explicatives sont analysées en relation avec les variables dépendantes précitées (E , A et S) en utilisant l'ANOVA. Quatre catégories de variables explicatives sont distinguées ci-dessous.

Activité économique

Les tests statistiques dans l'ANOVA ne peuvent pas rejeter un effet significatif de cette classification des activités de chargeurs sur la valeur moyenne du volume de génération, du volume d'attraction et du nombre d'envois des établissements. L'analyse ANOVA permet également de comparer la différence entre chaque groupe d'activité. La Figure 1 illustre un diffogramme² dans lequel on a bien observé un regroupement en 2 familles de lignes particulièrement dans les deux graphiques concernant les volumes de génération et d'attraction : la première comportant (03, 04, 07, 08) et la deuxième comportant (01, 02, 05, 06, 09). Dans tous les cas, l'industrie et le commerce de gros d'un même type de biens forment des groupes cohérents.

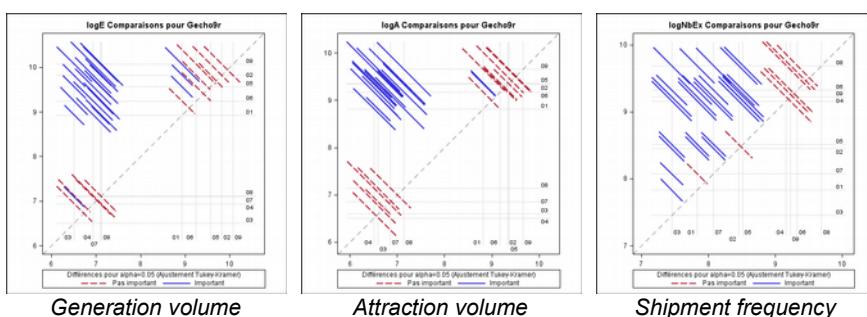


Illustration 1 : Comparaison individuelle entre les groupes de la variables G (groupe d'activités)

Par contre, le regroupement des activités est davantage fragmenté dans le cas de la variable de fréquence d'envois (S). On y obtient une certaine analogie entre les activités 04, 06, 08 et 09 qui sont les commerces de gros (à l'exception des biens intermédiaires) et l'entrepôt.

Le chiffre d'affaires des établissements (mesuré par tranche) ont aussi un impact significatif sur le niveau moyen des trois mesures de génération de marchandises (E , A et S).

Relation avec les acteurs économiques extérieurs

Les variables examinées ici sont le type de contrat avec les transporteurs (TC), le nombre de clients Log(Ncl) et le nombre de transporteurs (CR).

TABLEAU 3 :

Corrélation des variables concernant la relation externe des chargeurs et les variables dépendantes de génération

VARIABLE	VOLUME DE GÉNÉRATION	VOLUME D'ATTRACTION	NOMBRE D'ENVOIS
TC	Influence significative	Influence significative	Influence significative
Log(Ncl)	Non corrélé	Non corrélé	30.5 %
CR	29.40 %	29.70 %	16.60 %

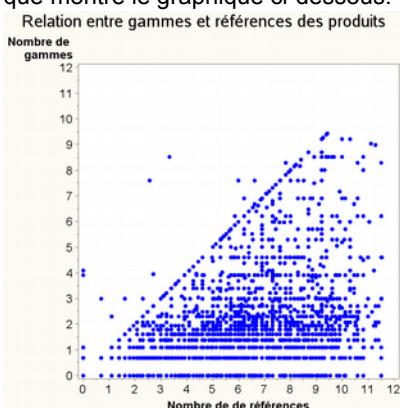
Modélisation

Selon les résultats illustrés par le Tableau 3, on obtient encore une fois une similitude entre les volumes de génération et d'attraction, et un comportement bien différent de la variable nombre d'envois (S). Les caractéristiques concernant les transporteurs (TC et CR) sont toutes significativement corrélées avec non seulement les volumes de génération et d'attraction (E et A) mais aussi avec le nombre d'envois (S) ; alors que le nombre de clients ($\text{Log}(Nc)$) n'a d'influence forte que sur la variable S . Cette dernière remarque peut être expliquée par la liaison entre la diversité de clientèle (*ici* la destination finale) avec la quantité d'envois à réaliser par les chargeurs. Il s'agit d'une logique bien différente de celle de la quantité de marchandises exprimées en tonnes, avec des conséquences très importantes, en termes de choix modal par exemple (il est beaucoup plus difficile de massifier des flux a priori dispersés).

Organisation de la production et de la logistique

Les variables examinées dans cette partie sont le nombre de références des produits ($\log(Nr)$), le nombre de gammes de produits ($\log(Npr)$)³, et la part du coût de transport dans le coût total de vente de produit ($\log(CT)$).

3 : Une gamme de produits peut correspondre à plusieurs références, ce que montre le graphique ci-dessous.



VARIABLE	VOLUME DE GÉNÉRATION	VOLUME D'ATTRACTION	NOMBRE D'ENVOIS
$\log(Nr)$	Non correlés	Non correlé	33.93 %
$\log(NPr)$	Corrélation faible (< 5 %)	Corrélation faible (< 5 %)	12.8 %
$\log(CT)$	16.03 %	13.76 %	8.30 %

TABLEAU 4 : Corrélation des variables concernant l'organisation de production, de logistique et les variables dépendantes de génération

La similitude entre les volumes de génération et d'attraction est une fois de plus observée au niveau des variables concernant l'organisation de production et de logistique. Le nombre de références ($\log(Nr)$) et le nombre de gammes des produits ($\log(Npr)$) sont significativement corrélés avec le nombre d'envois (S) mais pas avec les volumes de génération et d'attraction (E et A). Ici aussi, on identifie une influence directe de la structure des chaînes logistiques sur le transport de fret : plus de références implique plus de flux qui doivent être gérés séparément (au mieux en synergie) et donc des fréquences d'envoi plus fortes. À l'inverse, un fort tonnage peut être intuitivement associé à une part des coûts de transport plus élevée dans le prix des produits, et donc à l'attraction et l'émission de tonnages.

Caractéristiques de l'emploi interne

Traditionnellement, le nombre d'emplois ($\log(N)$) est la variable indépendante la plus utilisée dans les modèles de génération et d'attraction (les autres variables discutées dans cet article sont rarement observées, et jamais prédites). Cette étude le confirme et souligne aussi une forte corrélation de cette variable explicative avec le nombre d'envois.

De plus, dans la base ECHO, l'information sur le niveau de qualification de main d'œuvre est disponible, sous forme d'une variable qualitative ordonnée. L'analyse ANOVA montre un impact significatif de cette variable sur les variables dépendantes (E , A et S). De fait, le niveau le plus haut de main d'œuvre diffère des autres niveaux en termes de volume de génération (E) et volume d'attraction (A).

4.2 - Modèles désagrégés de génération de marchandises

Dans cette section, deux types de modèles de génération sont estimés. Par rapport à l'analyse précédente, qui vise à examiner l'existence de l'influence d'une variable expliquée donnée sur les variables explicatives, on examine ici des modèles complets, prenant en compte les interactions des variables

Modélisation

explicatives, selon deux approches. La première consiste à estimer un modèle explicatif le plus complet, et instructif, possible ; le second vise à proposer un modèle utilisable quand peu de données sont disponibles pour la réalisation d'études de trafic.

Modèles explicatifs

Dans les modèles explicatifs, les informations disponibles sont exploitées au maximum dans le but d'interpréter la génération (dont les trois variables dépendantes E , A et S) de marchandises. Le Tableau 5 montre qu'il a une similitude entre les modèles de volume de génération (Modèle 1) et ceux du volume d'attraction (Modèle 2). Ils se ressemblent non seulement dans la présence des variables explicatives utilisées mais aussi dans l'ordre de grandeur des coefficients de ces dernières. Les deux modèles sont sensiblement différents du modèle du nombre d'envois (Modèle 3), en particulier au niveau de la valeur du coefficient de la variable $\log(N)$.

ESTIMATED MODEL	R ²
$\log(E_i) = 3.95 + 0.77 \log(N_i) + 0.49 \log(CT_i) + 0.046 CR_i$	0.223 (1)
$\log(A_i) = 3.58 + 0.85 \log(N_i) + 0.45 \log(CT_i) + 0.044 CR_i$	0.239 (2)
$\log(S_i) = 4.20 + 0.52 \log(N_i) + 0.22 \log(Ncl_i) + 0.15 \log(Nr_i)$	0.281 (3)

TABLEAU 5 : Les modèles de régression linéaire

Pour améliorer les modèles précités, les modèles ANCOVA introduisent également les variables catégoriales. La Figure 2 illustre une nette amélioration des modèles de régression linéaires (1), (2) et (3) en utilisant des informations complémentaires, notamment : le groupe d'activité des chargeurs G , la tranche de chiffres d'affaires T , la qualification de main d'œuvre L , et le type de contrat avec les transporteurs TC . L'inconvénient de ces modèles est qu'ils prennent en compte énormément d'interactions, et l'interprétation en est rendue d'autant plus compliquée.

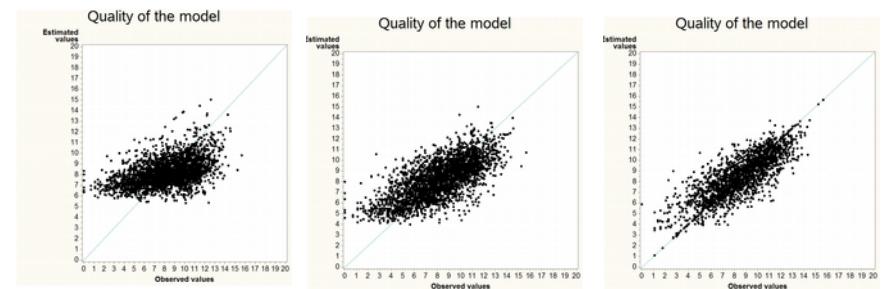


Figure 2: Amélioration des modèles en utilisant les variables qualitatives

TABLEAU 6

Coefficients estimés du nombre d'emplois selon les groupes d'activités

G	log(E)	log(A)	log(S)
G1	1.06	1.11	0.61
G2	0.73	0.85.	0.76
G3	0.974	1.10	0.74
G4	1.13	0.95	1.24
G5	0.91	0.82	0.55
G6	1.14	1.16	0.75
G7	1.19	1.28	0.52
G8	0.79	1.19	0.77
G9	0.99	1.08	0.72

Modèles prédictifs

Dans les modèles prédictifs, la qualité de prédiction et la disponibilité des données d'entrée sont les deux critères les plus importants. Les résultats de la présente étude montre bien l'importance de deux variables les plus contributives dans les modèles de génération : le nombre d'emplois ($\log(N)$) et le groupe d'activité des chargeurs (G) ; elles sont d'autant plus intéressantes que leurs données sont davantage accessibles dans les enquêtes standards. Le Tableau 6 ci-contre présente finalement les valeurs estimées du coefficient de la variable $\log(N)$ selon les différents groupes d'activités (G) (les constantes sont omises). Il montre aussi que ce type de modèle simple de génération est intéressant, en particulier vu que les coefficients de $\log(N)$ sont proches de la valeur unitaire.

5 - Conclusion

Cet article traite les données ECHO au niveau des établissements pour expliquer et modéliser la génération du transport de marchandises. En cohérence avec les approches agrégées rencontrées dans la littérature, l'approche désagrégée menée dans ce travail confirme la similitude de comportement entre les volumes de génération et d'attraction (il y a une certaine conservation de la masse dans les établissements). La variable de fréquence d'envoi se comporte de façon tout à fait différente. Il faut noter cependant deux points importants. Premièrement, comme cela a été noté plus haut, la variable de nombre d'envoi est liée à une dispersion des flux, soit géographique, soit fonctionnelle, dont on sait qu'elle ne facilite pas la massification et du report modal ; il est donc important de ne pas l'ignorer pour juger au bon niveau des potentiels des différents modes ; deuxièmement, ce n'est pas une variable dépendant uniquement des caractéristiques des établissements. Autant il est utile de l'étudier ici dans une approche analytique, autant il est recommandé de ne pas appliquer un modèle de ce genre pour tester des politiques de transport ou des projets.

Les modèles prédictifs simplifiés développés dans la fin de l'article ont pour objectif, à terme, de servir d'appui à la désagrégation de modèles de génération plus classiques mais reposant sur des bases de données plus complètes. De tels modèles agrégés pourraient être couplés à des données de localisation et de caractéristique économique d'établissements pour en détailler les prévisions au niveau local, un peu sur le modèle de ce que fait le modèle de modélisation du fret urbain FRETURB.

Retour sur la Semaine Internationale du Transport et de la Logistique

La rédactrice : Florence Comes

Chargée d'études
(Cerema, DTecITM)
florence.comes@cerema.fr

Les contributeurs :
Joël M'balla et François Combes
(Cerema, DTecITM)
joel.mballa@cerema.fr
francois.combes@cerema.fr

Début avril, le Salon International du Transport et de la Logistique a réuni à Paris les acteurs de la profession pendant trois jours. Nous avons été plusieurs à arpenter les rayons et à assister aux conférences révélatrices des dynamiques et tendances actuelles. Il nous a paru intéressant de faire part de certains de ces discours aux lecteurs de la Revue Transport. Cet article ne se veut en aucun cas exhaustif, il revient sur certaines informations importantes révélées lors du SITL

1 - Nouvelles dynamiques mondiales

1.1 - Nouvelles routes mondiales

Le sujet des nouvelles routes mondiales a été abordé à plusieurs reprises lors du SITL. Parmi ces routes, on trouve bien sûr la route de la Soie avec la réouverture ces dernières années d'une ligne ferroviaire entre la province chinoise de Xinjiang et l'Europe. Espagnols et Italiens, pourtant en bout de chaîne de cette route, sont autour de la table pour participer à son développement. Les Français, eux, sont absents. Pourtant, à certains égards, Xinjiang représente un potentiel de marché plus accessible depuis l'Europe que depuis les ports chinois.

Mais la liaison entre l'Asie et l'Europe est, depuis quelque temps, imaginée aussi par un passage arctique : l'ouverture quelques mois par an d'un passage semble avoir suscité des idées. Cependant, cette route reste dangereuse, même de nos jours, en raison de glaces détachées menaçant les navires. Au final, en prenant en compte ce surcroît de risque, notamment à travers les surcoûts d'assurances et l'impossibilité pour les très grands navires d'emprunter la voie arctique, la route traditionnelle en « super-size » reste plus avantageuse que ce raccourci. En réalité, si des annonces se sont multipliées ces derniers temps à propos de la circulation de navires en arctique, ce passage se développe essentiellement pour les échanges avec la région qui constitue une réserve minière désormais accessible, et non pas pour le transit.

Enfin, les dernières nouvelles routes évoquées lors du SITL sont les routes maritimes sud-sud. Pour un des intervenants interrogés, le jugement est sans appel : actuellement il s'agit encore seulement d'un « fantasme universitaire ». La nature et l'ampleur des échanges entre les différents pays du sud ne donnent pas encore de raisons aux armateurs de réorganiser leurs lignes pour correspondre à un nouveau besoin.

1.2 - L'impact du changement climatique sur la logistique

Le changement climatique provoque des catastrophes naturelles capables d'infliger des conséquences néfastes pour la population mais aussi à l'économie (et ses moteurs). Cela affecte donc le travail des *supply chain managers* pour qui la résilience des chaînes mises en place est un enjeu majeur.

Certains voient dans le changement climatique un facteur de redéfinition des dynamiques économiques mondiales : avions régulièrement cloués au sol, facteur de risque aggravé pour les navires remettant en question le gigantisme, etc. D'après certains commentateurs, sans que cela annonce la fin de la mondialisation, ce changement climatique pousserait à une relocalisation

TRM EUROPÉEN ET QUESTIONS SOCIALES

Évoquée dans un précédent numéro, la question sociale du TRM fait encore réagir.

Au niveau européen, il constitue par sa nature un laboratoire d'intégration européenne, notamment sur la réglementation du travail. Il est même possible de voir apparaître à terme une caisse de retraite européenne pour le TRM (DG-Emploi).

Par ailleurs, en réponse à la question du droit social en vigueur pour certains cas litigieux, une interventionnante a rappelé qu'une jurisprudence européenne existe (Cour de justice européenne) : Lors d'un litige concernant le droit à appliquer pour un salarié allemand, employé par une entreprise luxembourgeoise pour du transport entre l'Allemagne et les Pays-Bas, la Cour s'est décidée pour le droit allemand, car la majeure partie de son activité était réalisée en Allemagne.

Tendances

de l'économie, avec un rapprochement des sites de production vers les sites de consommation.

2 - Performances françaises en matière de transport : tour d'horizon des modes

2.1 - Compenser le coût du TRM français en valorisant la qualité de service

« Faire du transport international avec des moyens français, c'est impossible maintenant ». Ce constat de la part du Président de TLF tend à souligner l'impossibilité pour les transporteurs français de se positionner de manière concurrentielle et rentable au niveau européen. Une solution s'impose alors : le pavillon français, qui sera forcément cher, doit offrir une qualité de service discriminante pour pouvoir se vendre.

Les chargeurs cherchent à disposer d'un service au juste prix et pour cela, deux solutions sont possibles : optimiser le prix (levier achat) ou optimiser le coût (levier technique). Dans le second cas, les chargeurs ne sont pas systématiquement opposés à conserver un prix plus élevé si le nombre (ou la qualité) du service augmente.

Plusieurs transporteurs ont cherché à transmettre le message que le prix le plus juste n'est pas forcément le prix le plus bas, mais ce message implique toute la chaîne logistique et doit se transmettre aussi au consommateur.

2.2 - À la recherche de l'attractivité des ports français

Un port attractif est un port permettant d'expédier et de recevoir des marchandises avec un nombre d'offres/demandes important, et un impact léger des démarches douanières. Malheureusement, les ports en France ont longtemps été en concurrence entre eux. De plus, le travail collectif réalisé dans d'autres pays a été absent en France ce qui a pour conséquence d'isoler les gestionnaires des ports français entre eux et de les rendre plus faible à l'échelle internationale. La longue façade maritime de la France a été une chance mais au final, ce sont les façades les plus courtes qui tirent leur épingle du jeu en concentrant les volumes sur un ou deux ports (Belgique et Pays-Bas essentiellement). Afin de créer une dynamique attractive en France, il semble nécessaire que les différentes organisations portuaires créent un lien entre les utilisateurs et les gestionnaires des ports.

Des efforts restent à faire en termes de volumétrie par rapport aux autres ports voisins européens, mais la position géographique de la France (desserte de l'Europe du Sud et centrale en un temps et coût limité) ainsi que la confiance envers les infrastructures portuaires françaises peuvent favoriser un retour des flux vers les ports français. Les ports français disposent par ailleurs de réels avantages :

- meilleur *lead time*¹ que pour Rotterdam ou Anvers ;
- les infrastructures des interfaces portuaires (rail / route / fluvial) sont importantes et peu congestionnées ;
- les opérations de manutention sont dans la moyenne ;
- le foncier disponible est moins cher que dans les ports du nord ;
- les procédures douanières (auto-liquidation de la TVA, procédures vétérinaires etc...) sont en voie de simplification.

« LE DIESEL EST FINI DANS LA TÊTE DES TRANSPORTEURS »

D'après un des intervenants du SITL, pour les transporteurs, le diesel est voué à être remplacé par le GNL en régional et l'électrique pour l'urbain. Dans la logistique, les solutions écologiques sont mieux perçues qu'avant, les barrières culturelles et psychologiques sont tombées, la profession semble être dans une bonne dynamique pour le développement de solutions durables.

1 : le *lead time* correspond au temps médian de transport entre le point de chargement et le point de sortie (le port).

Tendances

2.3 - Transport ferroviaire

La France est le seul pays en UE à avoir perdu en volume et en part de marché dans le ferroviaire. La part modale ferroviaire est en dessous de 10 % et baisse depuis 2007 pour l'essentiel sur le lotissement, divisé par 3 !

L'équilibre économique des wagons isolés est difficile à trouver mais de nouvelles offres apparaissent : Europort par exemple développe un trafic de wagons isolés sur ses corridors (Nancy-Marseille), vendant la ponctualité des trains (objectif 90 % des trains avec moins de 2 heures de retard).

À l'inverse, le train complet est en augmentation et le transport combiné commence lui aussi à augmenter.

Les OFP existantes commencent à concourir à un report modal. Ce petit marché représente aujourd'hui 4 % des tonnages transportés sur le Réseau ferré national mais participe à l'entretien du réseau : 10 % du réseau capillaire est entretenu par une OFP. Pour rappel, ces capillaires sont sources de 20 % du trafic national, et pour certains secteurs (céréaliers et carrières), cela monte à 70 % !

QUELQUES RÉFLEXIONS SUR L'IMMOBILIER LOGISTIQUE :

- Les contraintes administratives et réglementaire sont des facteurs de compétitivité mais peuvent aussi devenir des entraves : cf. réglementation de la hauteur du bâti dans les documents d'urbanisme.
- En France, le foncier logistique est beaucoup moins cher qu'aux Pays-Bas (40-50 €/m², contre 180-200 €/m² aux Pays-Bas ou 100 €/m² en Royaume-Uni). Ces prix incitent à la construction d'entrepôts plus larges et moins hauts - puisque la hauteur coûte cher.
- Le e-commerce fait revenir les entrepôts dans les villes (ex : Manhattan, entrepôt permettant d'assurer la livraison en 1h)
- Contraintes des entrepôts dits « cousu-main » : cela ne permet pas une revalorisation pour une autre activité (coût de démolition et reconstruction du mobilier des entrepôts excessif).

3 - Tendances logistiques

3.1 - Les grandes tendances de la logistique, selon le panorama CapGemini

La société CapGemini a présenté les tendances actuelles de la logistique, en voici les grandes lignes :

- Amélioration des logiciels visant à optimiser les flux et la gestion des stocks ;
- Les technologies liées à l'*« augmented human »* : dont la réalité augmentée (+25 % productivité chez DHL), les exosquelettes etc. ;
- Collaboration : intégration des acteurs, standards d'interopérabilité ;
- Robotisation ;
- Analyse et simulation, BigData. La flexibilité devient très importante, les cycles de vie des produits se réduisent énormément.
- Senseurs (traçabilité) : ces technologies ne sont pas nouvelles, mais d'énormes vagues de déploiement sont lancées actuellement (Décatlon et son objectif 100 % produits tagués en 2017, Zara qui déploie les traceurs sur ses 700 magasins) ;
- Mobilité et digitalisation des processus (ATAWAD : AnyTime AnyWhere Any Device) ;
- 3D scanning 3D printing (pour l'instant, rentable sur les petites séries).

3.2 – Le « Reverse Logistics », nouvel enjeu de taille

Les flux retours se multiplient, constituant un nouvel enjeu d'importance pour la logistique. En France, le B2C (« Business to Consumer », c'est-à-dire les flux de l'entreprise vers le consommateur) représente 1,5 millions de colis par jours. Dans quelques années, les flux retours pourraient représenter 1 colis sur 4, notamment en raison d'évolutions dans les pratiques de consommation : prépondérance de la location sur l'achat, essais vestimentaires à domicile, etc.

Les opérateurs comment à développer le recyclage des produits défectueux, surstocks et produits non désirés. Il est important de prendre en compte la variabilité des taux de retour en fonction de la filière. Par exemple

Tendances

dans la filière de chaussures et textiles, le taux de retour est d'environ 40-50 % tandis que pour les produits high-tech il est estimé à 4 à 5%.

Pour l'instant perçue comme un problème, la *reverse logistics* peut se révéler être une réelle valeur ajoutée si elle est intégrée dans le modèle économique, dans le e-commerce notamment.

La Revue Transport est une publication de la Direction d'études « Évaluation et Organisation des Systèmes de Transports » du CEREMA. Elle rassemble des articles traitant des sujets relatifs aux transports de marchandises et à la logistique. Elle est alimentée par la veille technique et économique réalisée par les différents chargés d'études de la division ainsi que des chargés d'études des services partenaires au sein du CEREMA.

Nous remercions les contributeurs de cette édition :

Ludovic Vaillant, DterNP (Groupe Transport et Mobilité)

Didier Baudry, DterNP (Groupe Transport et Mobilité)

François Combes, DtecITM / CSTM / DEOST

Duy Hung Ha, DtecITM / CSTM / DEOST

Florence Comes, DtecITM / CSTM / DEOST



Nous contacter :
revuetransport@cerema.fr

Abonnement - Désabonnement

En cliquant sur les liens suivants vous pouvez demander votre abonnement ou désabonnement :

[Je m'abonne à la Revue Transport](#)

[Je demande à me désabonner](#)

Directeur de la publication :
Bernard LARROUTUROU

Directeur délégué de publication :
Georges TEMPEZ

Rédacteur en chef :
François COMBES

Rédacteur en chef-adjoint :
Florence COMES

Illustration couverture :
Stock de conteneur dans le port de Zeebruges, Belgique. Novembre 2014.
F. COMES / DTecITM

N° ISSN : 2417-9701
ISBN : 978-2-37180-081-6