

# **Comment réduire l'impact environnemental pour le transport de marchandises ?**

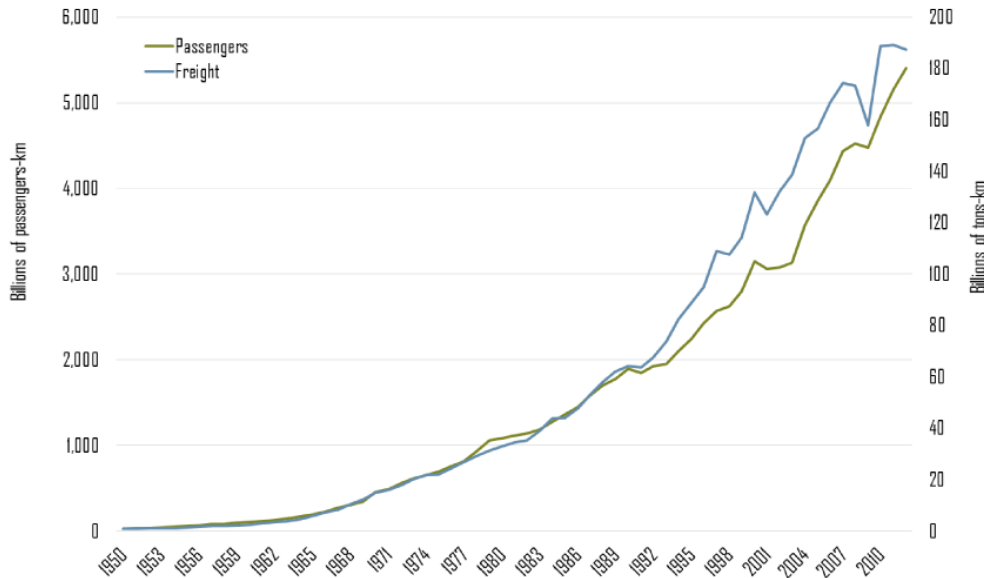
Sabine Limbourg  
Professeur de Logistique  
HEC-ULg

# Plan

- Chiffres
- Objectifs
- Véhicules électriques
- Transport intermodal
- Ressources de transport partagées



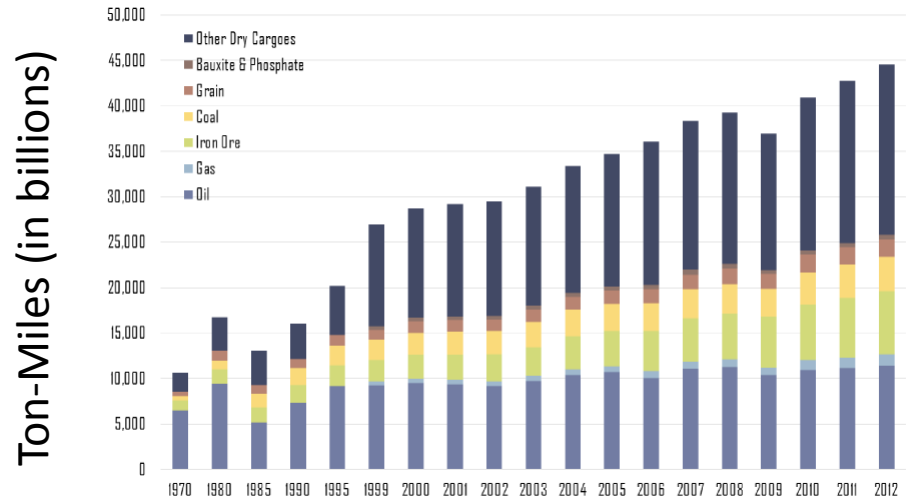
# Aérien, 1950-2012



<http://www.youtube.com/watch?v=1XBwjQsOEeg>

A display of all commercial air traffic in the world during a 24-hour period (based on 2008 data). This video was produced by the Institute of Applied Information Technology, Zurich University of Applied Sciences

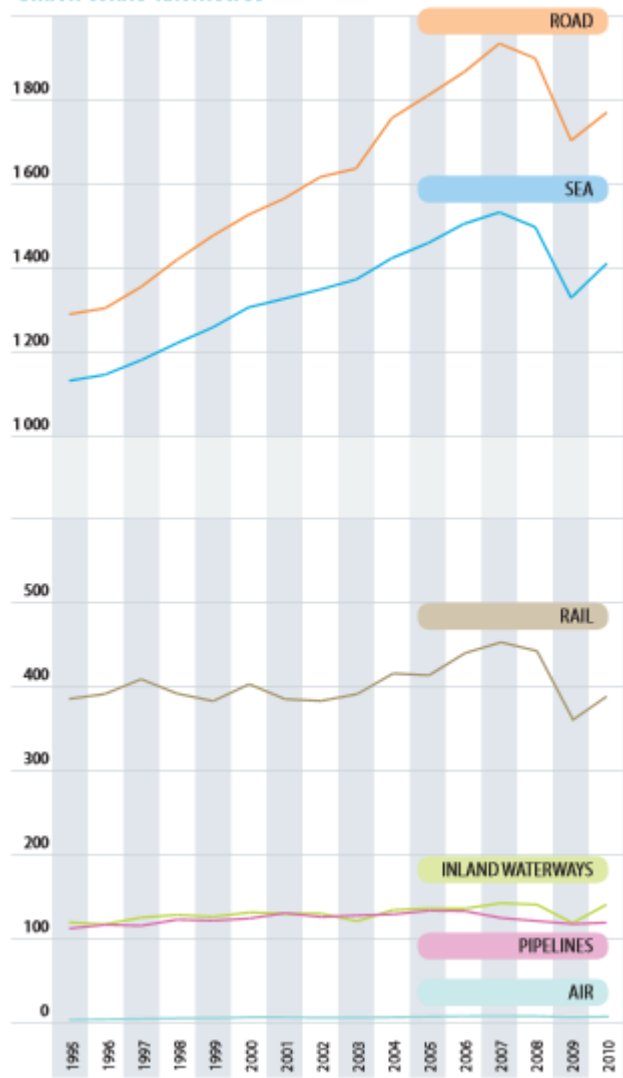
# Maritime, 1970-2012



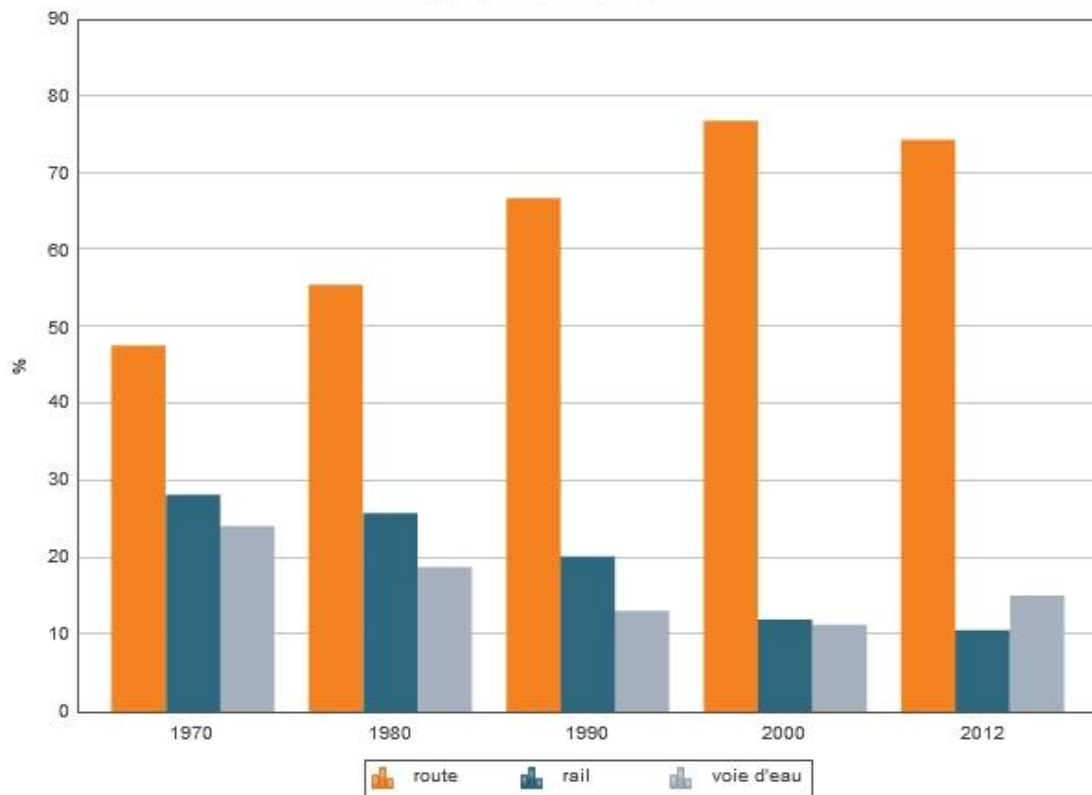
<https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/tonskmmaritime.html>

# Répartition modale du transport de fret en EU-28

billion tonne-kilomètres



Part des déplacements de marchandises selon le mode de transport  
Belgique; 1970, 1980, 1990, 2000 et 2012



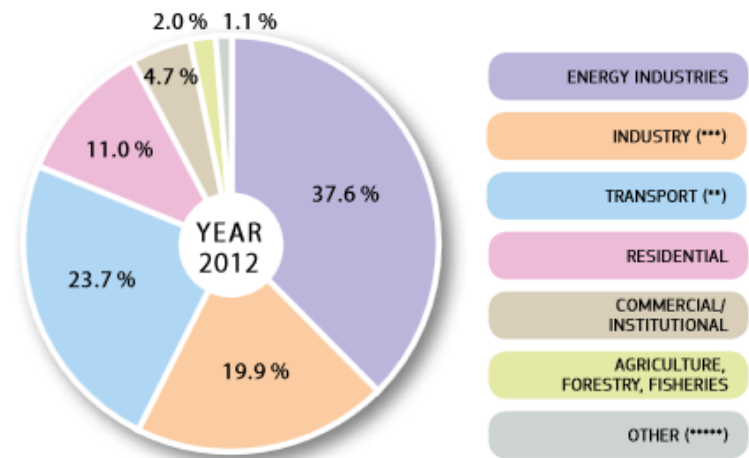
Aérien et Maritime: transport intérieur et intra-EU-28

Route: Transport national et international par des véhicules immatriculés en EU-28

<http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/doc/2012/pocketbook2012.pdf>

# Faits et chiffres (UE)

- L'industrie des transports
  - emploie directement plus de 10 millions de personnes (4,5 % de l'emploi total)
  - dépend à plus de 96 % du pétrole et de ses produits dérivés
  - est responsable d'environ ¼ des émissions de gaz à effet de serre de l'UE
    - 12,8 % de l'aviation,
    - 13,5 % du maritime,
    - 0,7 % du rail,
    - 1,8 % de la navigation intérieure
    - 71,3 % du transport par route
- La congestion 1 % du PIB
- La logistique (transport et stockage) représente 10 à 15 % du coût d'un produit fini



# Livre blanc, 2011: réduction de 60 % des GES

## Mettre en place une logistique urbaine essentiellement dépourvue de CO<sub>2</sub>

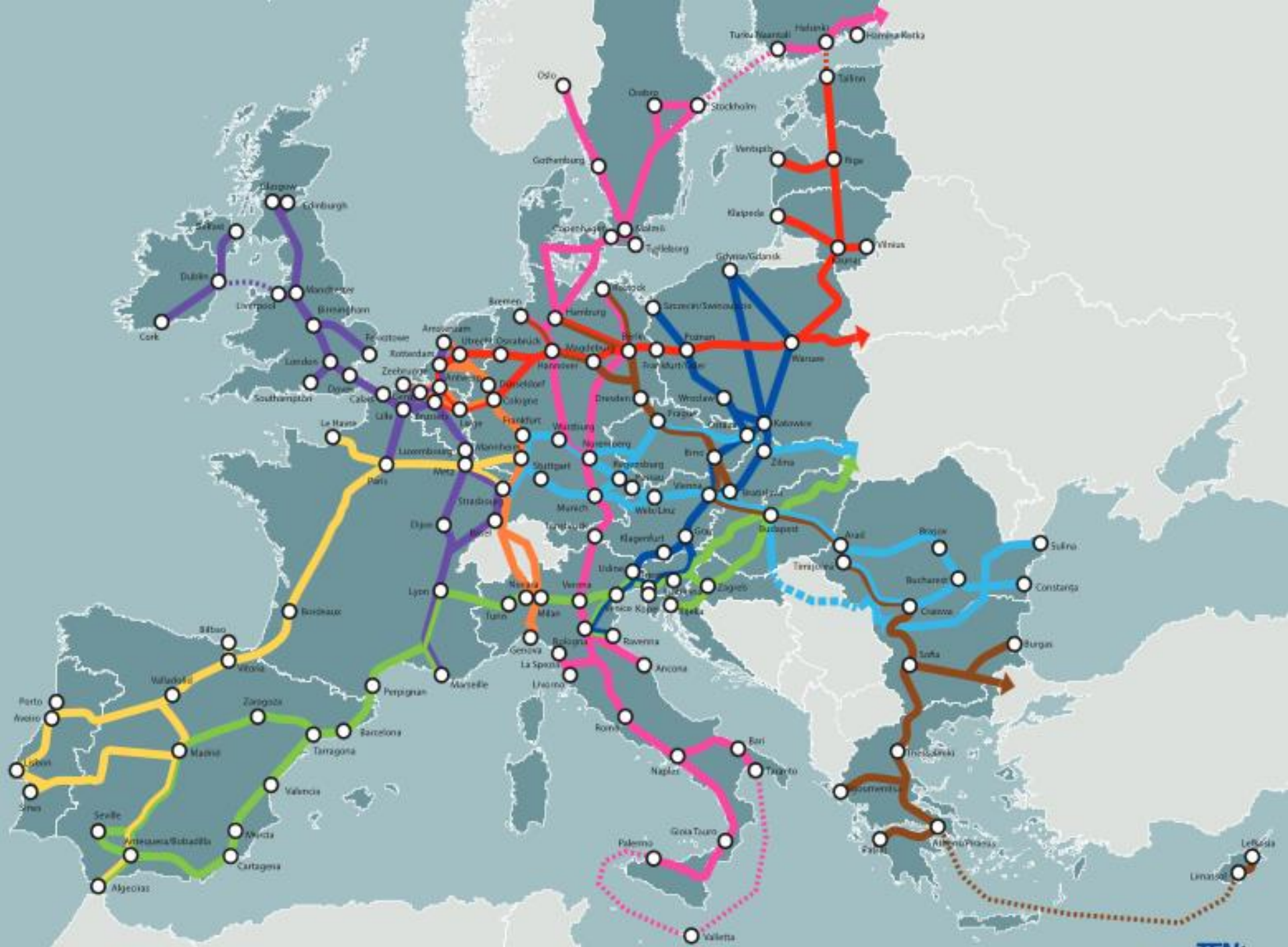
- Réduire de moitié l'usage des voitures utilisant des carburants traditionnels d'ici à 2030;
- les faire disparaître des villes pour 2050;

## Augmenter la part de marché des modes de transport plus économes en énergie

- > 300 km, transférer
  - 30 % du fret routier vers d'autres modes de transport d'ici à 2030,
  - plus de 50 % d'ici à 2050, avec l'aide de corridors de fret efficaces
- Mettre en place un «réseau de base» RTE-T multimodal

## Application des principes du «pollueur payeur»





# Véhicules électriques en milieu urbain

## Maud Bay

### Motivation

- Politique de l'union européenne
- La pollution de l'air est le principal risque environnemental pour la santé dans le monde



- Nouvelles législations
- Low emission zones
- FedEx, UPS ont des flottes de véhicules électriques





# Véhicules électriques: contribution

- Vitesse, chargement, pente



# Véhicules électriques: problème

- Le conducteur d'un véhicule électrique doit servir un ensemble de clients et retourner au dépôt en utilisant la route de consommation énergétique
- Objectif: maximiser le niveau de la batterie à la fin de la tournée
- Hypothèses:
  - Pas de recharge pendant la tournée
  - La vitesse sur un arc est constante
- Considéré:
  - Distance des routes
  - Le chargement du véhicule à chaque stop
  - La pente de la route
  - Capacité de recharge pendant la conduite (capture de l'énergie cinétique)
  - Limite de temps pour effectuer une tournée

# Véhicules électriques: résultats

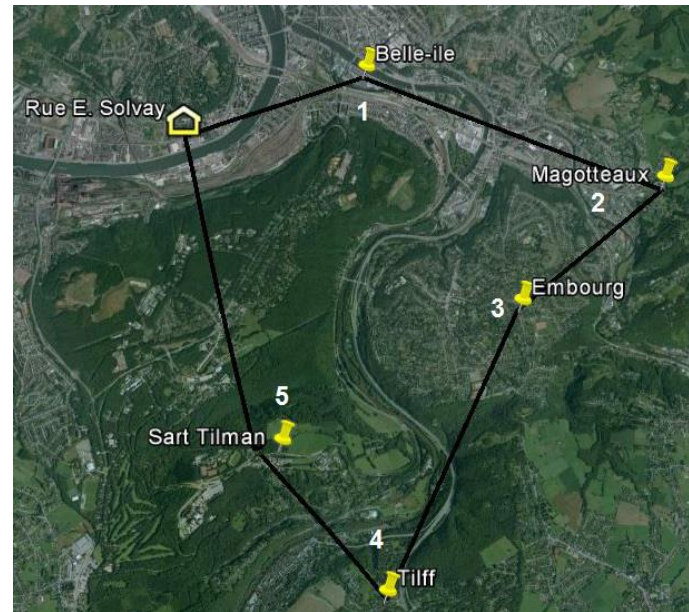
Nissan e-NV200



Masse du véhicule = 2220 kg; Charge utile 770 kg  
Coefficients aérodynamiques (surface frontale =  $3.2 \text{ m}^2$ , résistance au roulement = 0.015, coefficient de traînée = 0.4 et densité de l'air =  $1.225 \text{ kg/m}^3$ ),  
Capacité maximale de la batterie = 24 kWh, puissance utilisée pour les appareils auxiliaires (tels que climatiseur) = 1000 W  
 $5 \text{ m/s} = 18 \text{ km/h} \leq \text{vitesse} \leq 33.33 \text{ m/s} = 120 \text{ km/h}$ .

# Véhicules électriques: résultats

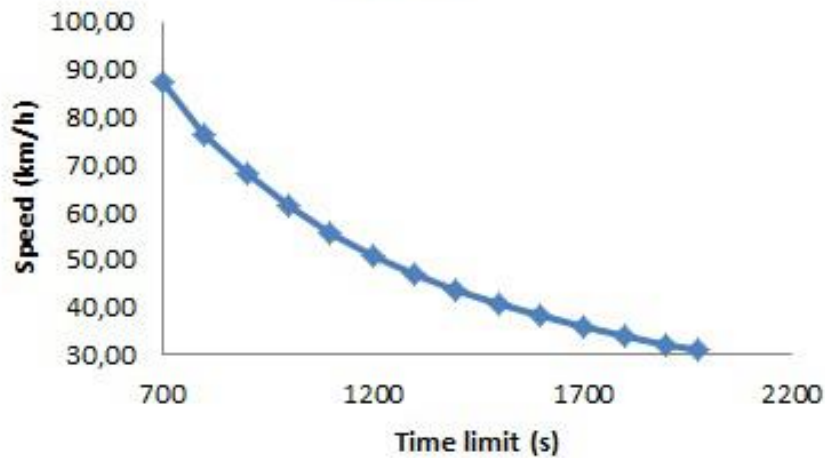
- Chaque client a une demande de 10 kg



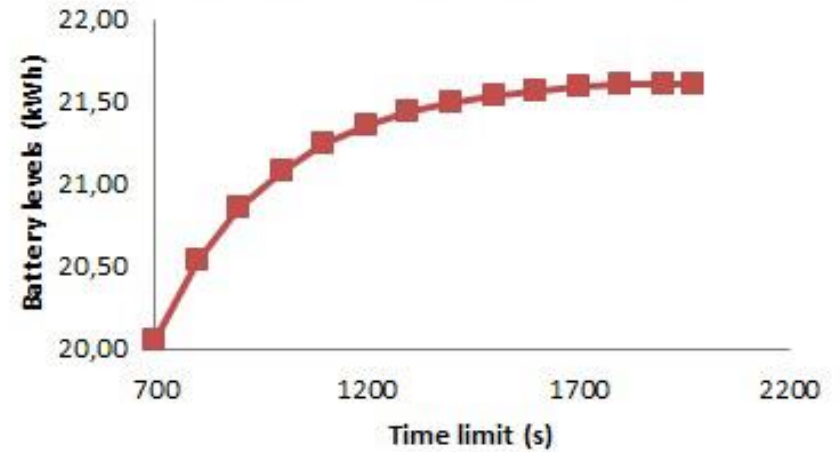
Elévation: Dépôt (65m)-Belle-Ile (72m)-Magotteaux (112m)-  
Embourg (188m)-Tilff (177m)-Sart Tilman (213m)

# Limite de temps

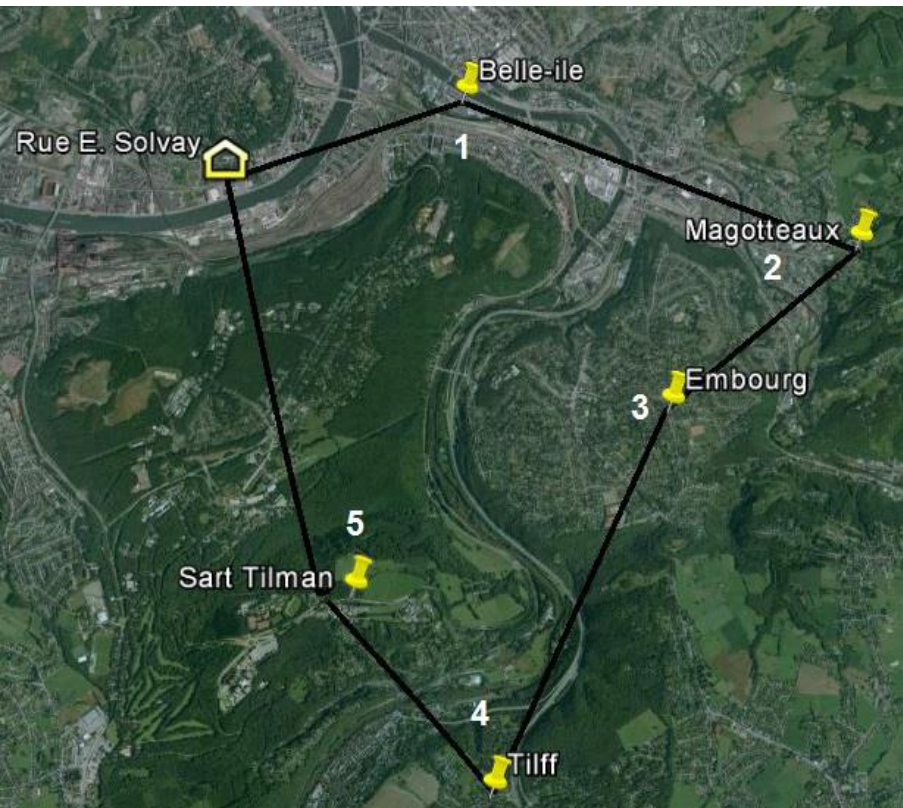
## Speed



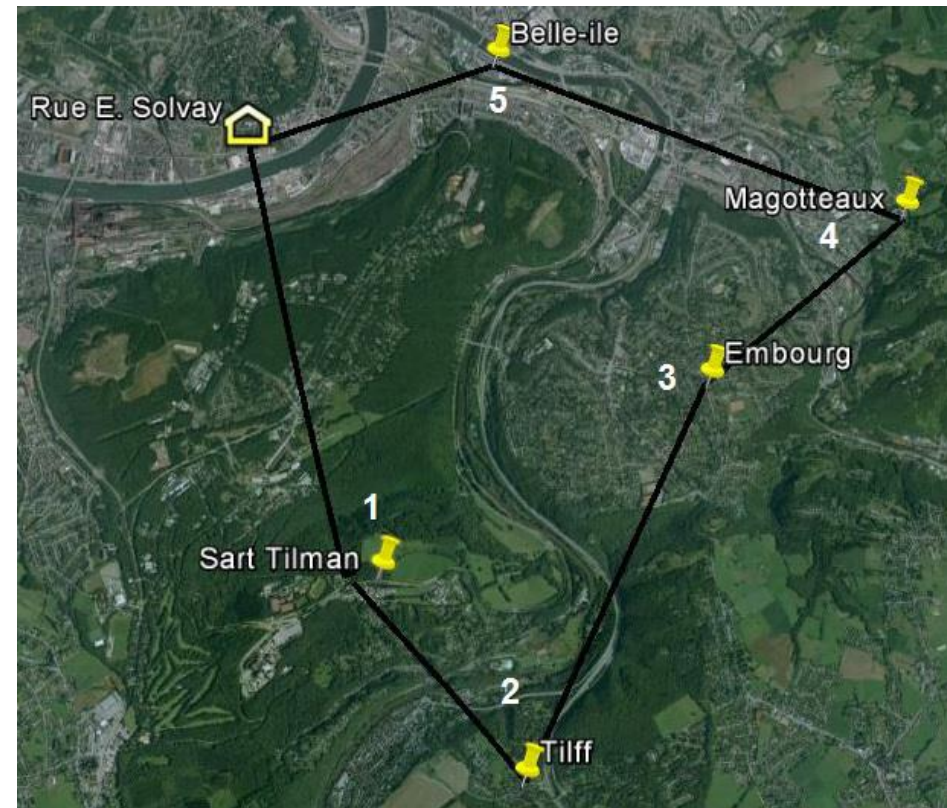
## Battery levels at the end



# Variation de la demande



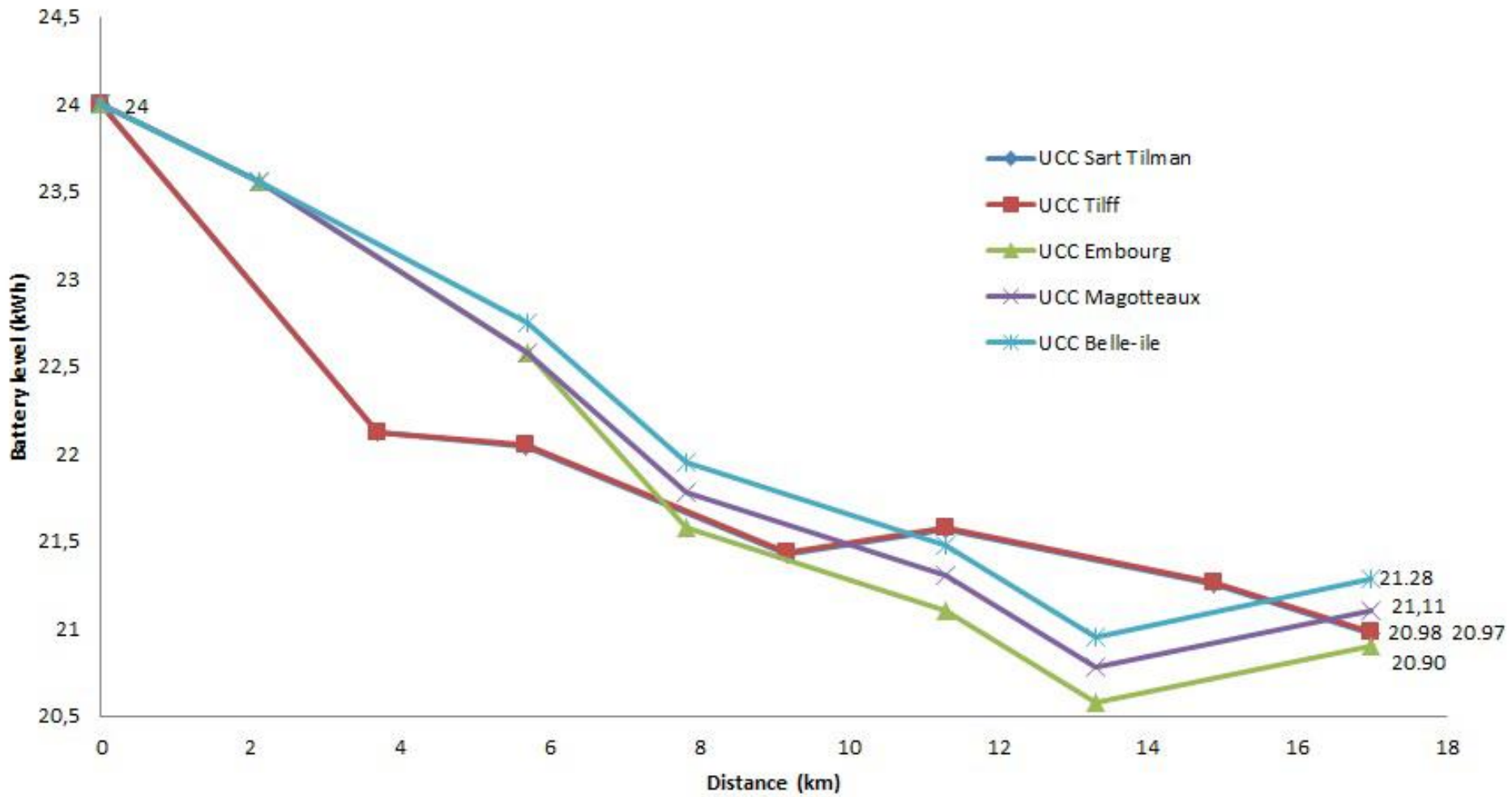
Cas: Belle-Ile, Magotteaux, Embourg  
(700kg)



Cas: Tilff, Sart Tilman (700 kg)

Distance: 16,992km; Vitesse=50,98km/h pour un temps limite de 1200s

# Evolution of the battery level

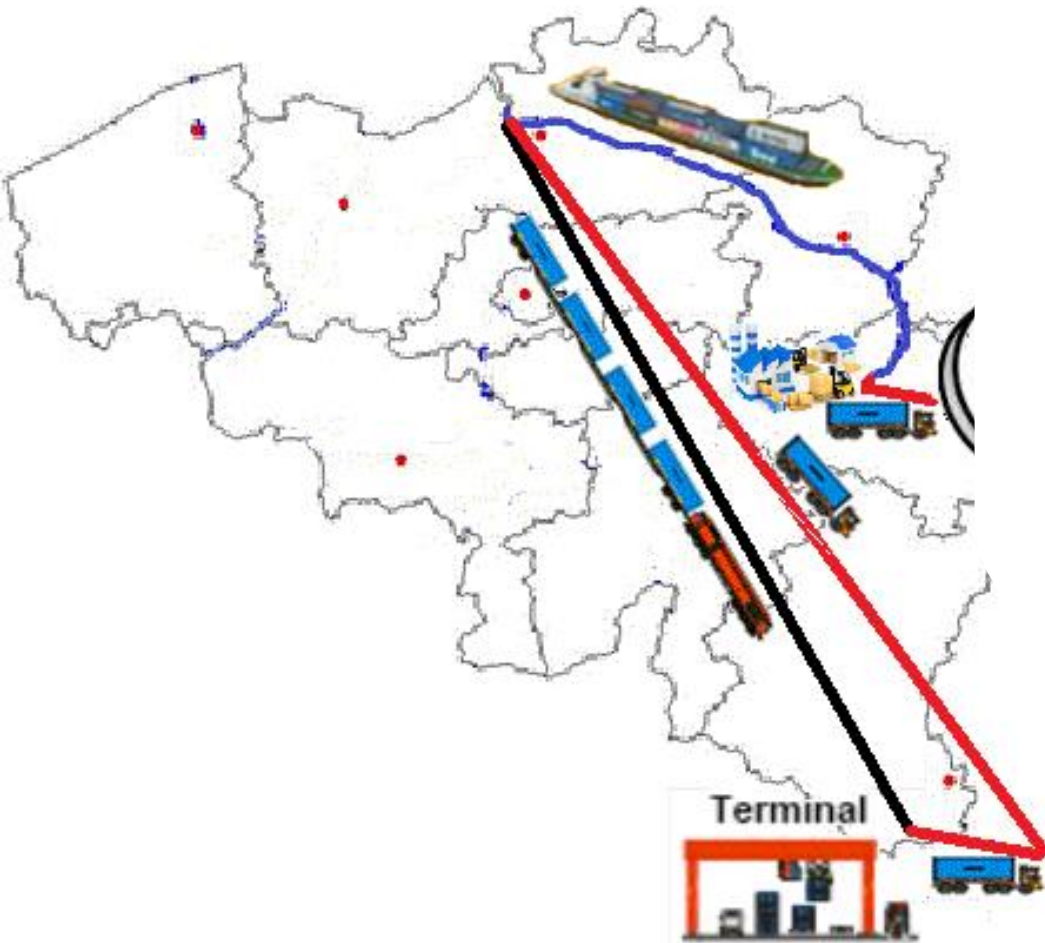


# Conclusions

- Validité du modèle
- Réduction de la consommation énergétique
- Une vitesse plus petite réduit la congestion, le nombre d'accidents et leur gravité
- Les articles plus lourds ont la priorité pour être déchargés en premier
- Energie pour les appareils auxiliaires
- Aider à la prise de décision
  - Localisation des entrepôts
  - Rue à sens unique



# Transport intermodal



Limbourg, S., & Jourquin, B. (2010). Market area of intermodal rail-road container terminals embedded in a hub-and-spoke network. *Papers in Regional Science*, 89(1), 135–154.

# Impact des politiques de transport sur le fret rail-route (Bruno Santos & Joana Carreira)

	2009	2010	2011	2012
€/km	0,20	0,18	0,16	0,14
€	40	34	28	22

- Subsidies augmentent le volume transporté par le rail
- Dans une moindre mesure une localisation optimale des terminaux
- Prise en compte des coûts externes peut compromettre la compétitivité du transport intermodal
  - Martine Mostert: A three-mode bi-objective location model under economies of scale for intermodal transport
  - Christine Tawfik: Bilevel optimization in the context of intermodal pricing

# BRAIN-TRansversal Assessment of Intermodal New Strategies

## WP 1:

- Mapping current state and strong and weak points
- Identifying future challenges and risk factors
- Setting up scenarios of future development

WP 2: Optimal corridor and hub development

WP 3: Macro-economic impact intermodality

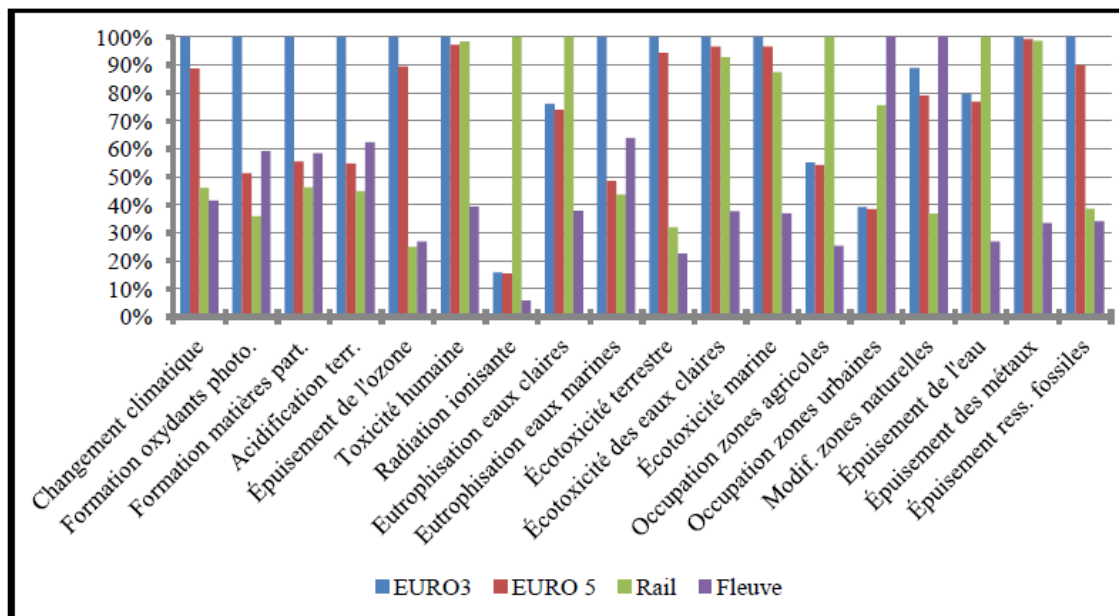
WP 4: Sustainability impact of intermodality

WP 5: Effective market regulation for a well-functioning intermodality

WP 6: Effective governance and organization for a well-functioning intermodality

## WP 7:

- Indicator measurement
- Synthesis and recommendations

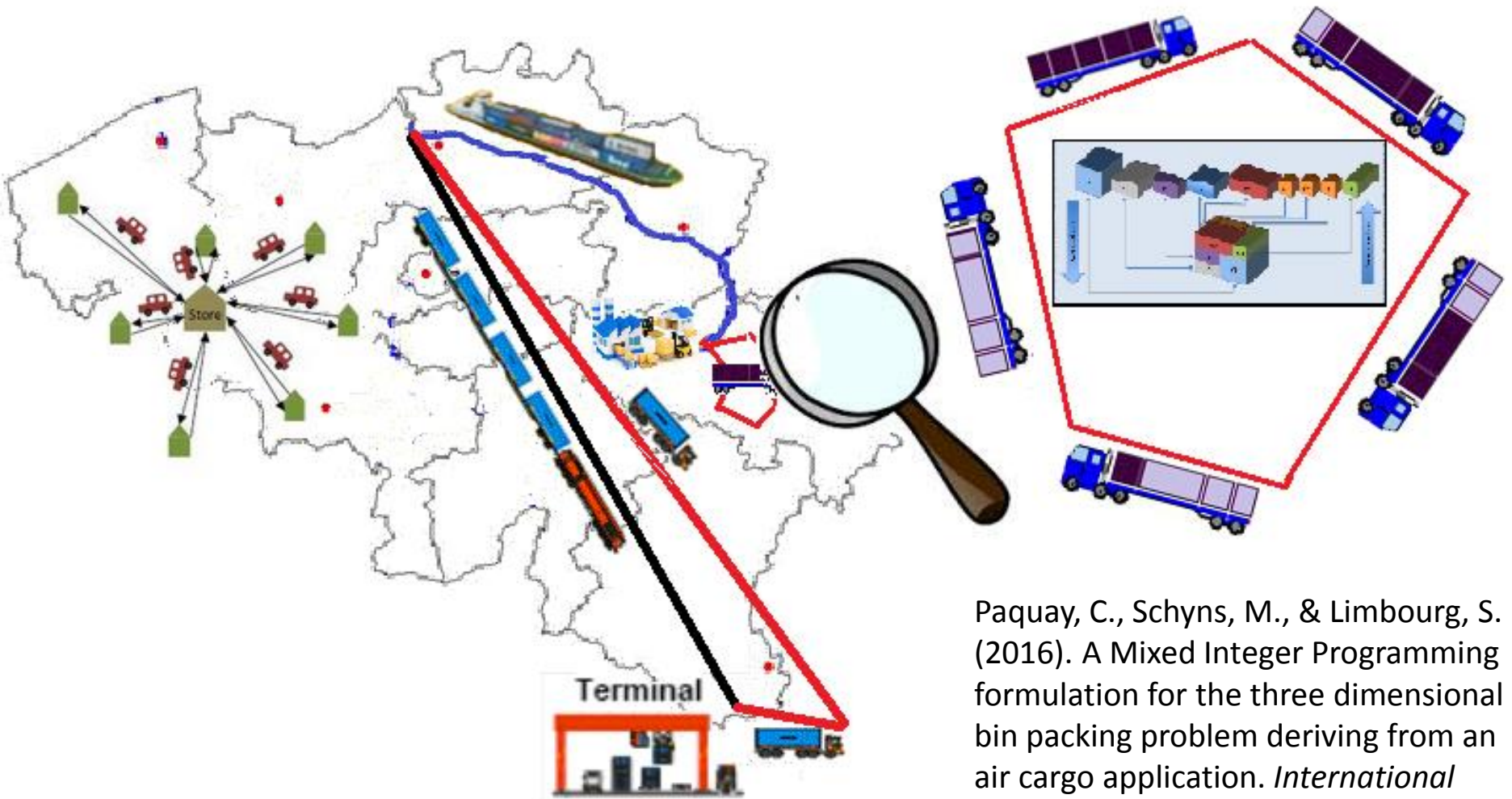


# Intermodal

Parmi 270 entreprises de production interrogées, 65 (24%) utilisent le transport maritime

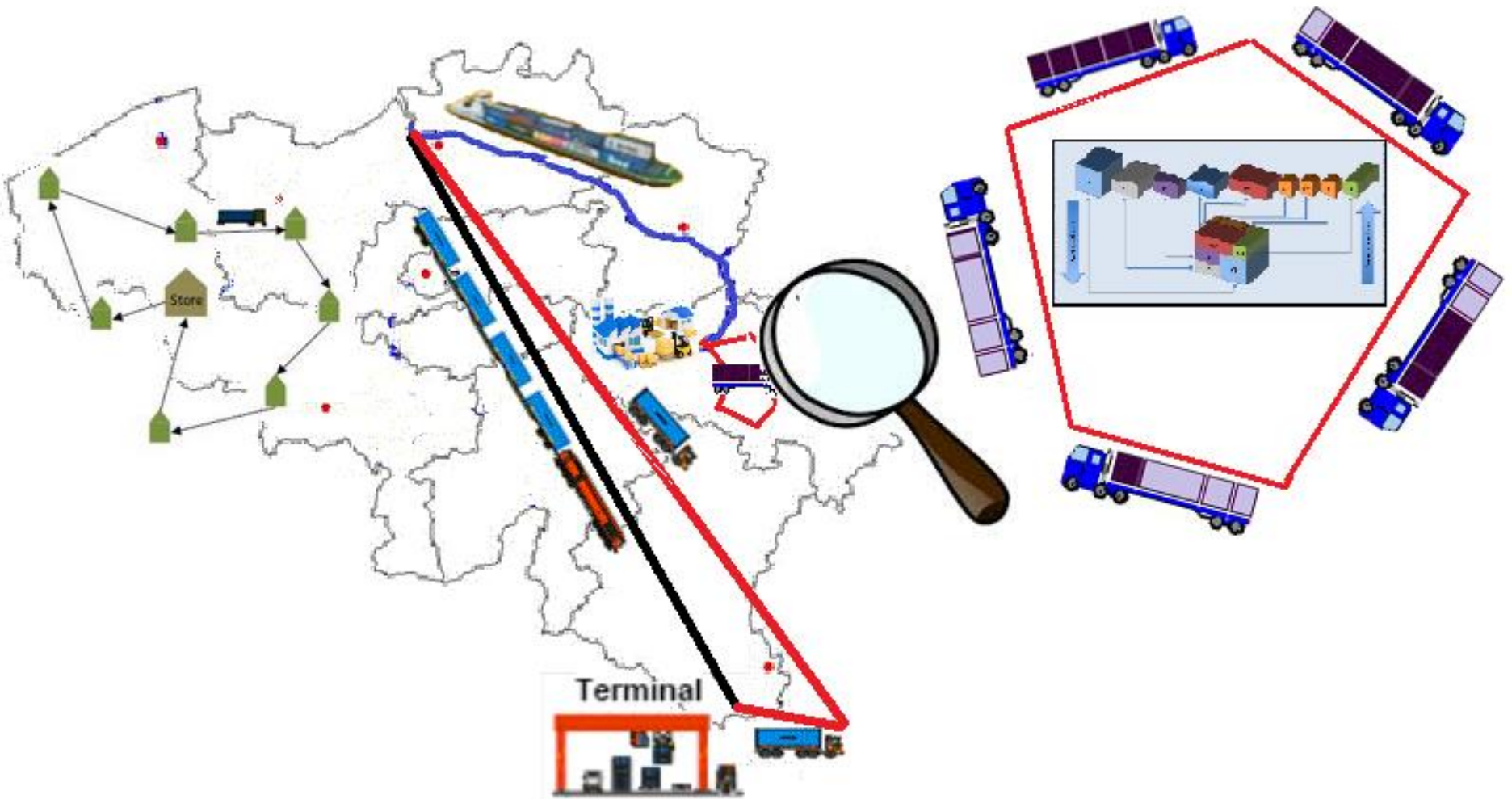
- 85% des sociétés utilisent uniquement la route
- Raisons (classées par ordre de fréquence):
  - Considérations financières
  - Long temps de transit
  - Volume
  - Pas d'offres spécifiques
  - La spécificité des produits (dangereux ou fragile)
  - Pas analysé – semble plus difficile que la route

# Intermodalité urbaine



Paquay, C., Schyns, M., & Limbourg, S. (2016). A Mixed Integer Programming formulation for the three dimensional bin packing problem deriving from an air cargo application. *International Transactions in Operational Research*.

# Intermodalité urbaine



# Conclusions

- Subsidies: démarrer une activité
- Valeurs spécifiques  $\Leftrightarrow$  les externalités
- Développement des corridors
  - Economies d'échelle
  - Services
  - Pré et post-acheminement
  - Limitation des terminaux
  - Synchronisation
  - Valeur ajoutée

# Returnable transport items

## Galina Iassinovskaia Fouad Riane

RTI: Ressources partagées, actifs mobiles, moyens de transport réutilisables ou retournables...

=moyens d'assembler des marchandises pour le transport, le stockage, la manutention et la protection du produit dans la SC et qui sont renvoyés pour une nouvelle utilisation

**Roll container**



**Crate**



**Dolly**



**Bottles**



**Pallets**

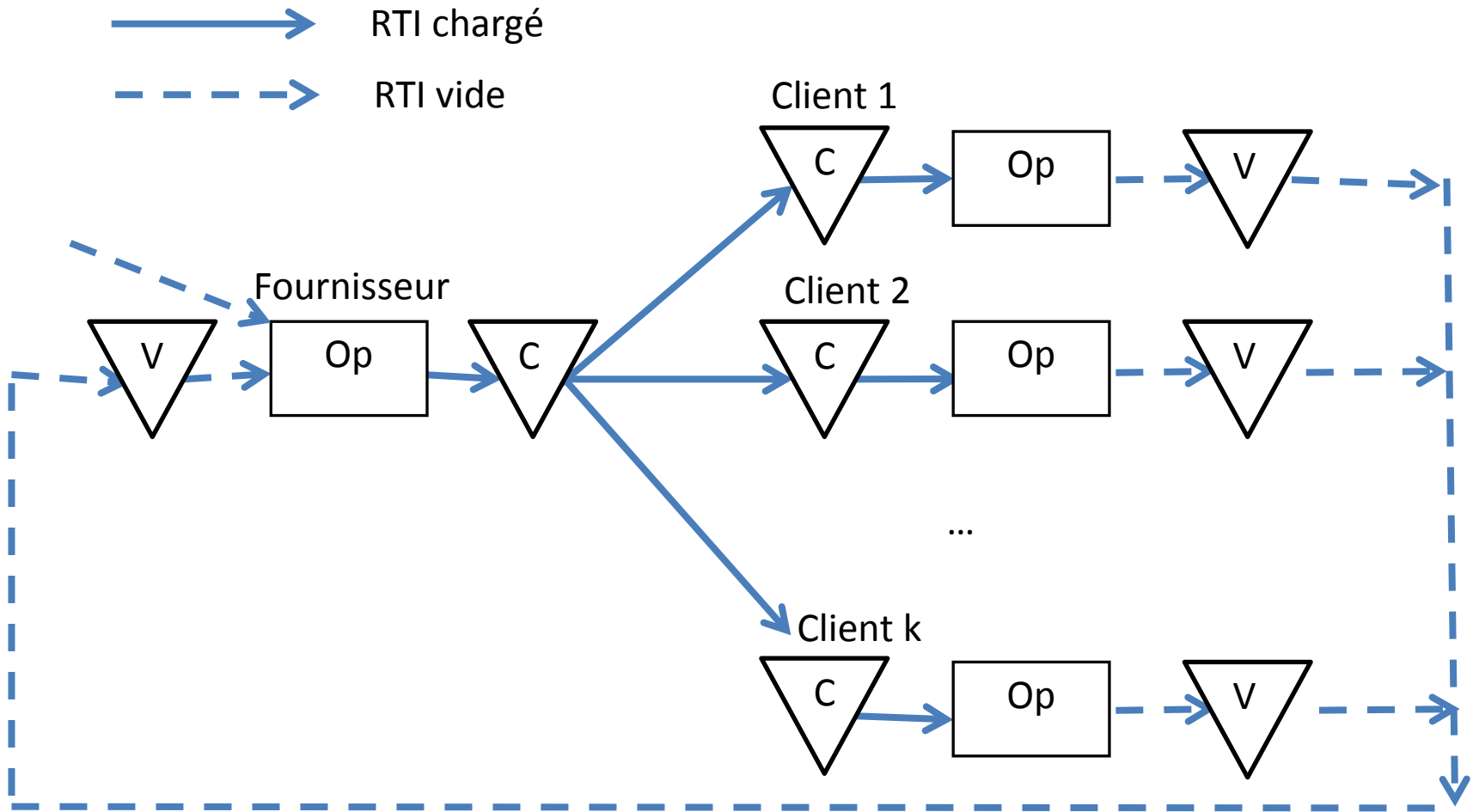


**Barrels**

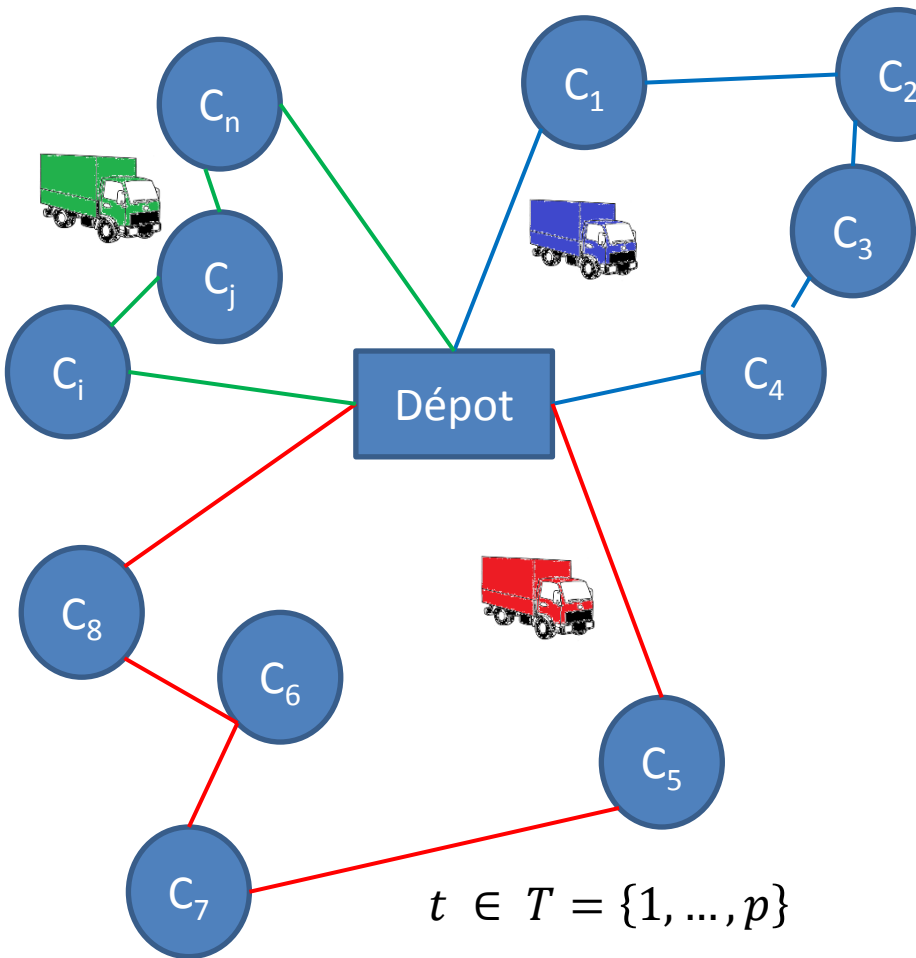




# Flux des RTI



# Décisions



- si  $(i,j)$  est sur la route de  $v$  pendant la période  $t$
- niveau d'inventaire des RTI chargés (vides) chez le client  $i$  à la fin de la période  $t$
- quantité des RTI chargés (vides) livrés (repris) chez le client  $i$  pendant la période  $t$
- quantité des RTI chargés (vides) transportés de  $i$  à  $j$  pendant la période  $t$
- quantité des RTI remplis par le fournisseur pendant la période  $t$
- quantité des nouveaux RTI achetés et remplis par le fournisseur pendant la période  $t$
- heure d'arrivée chez le client
- les heures supplémentaires

# Objectif

Les décisions sont prises par le fournisseur à la suite d'un accord mutuel.

Il n'y a pas les commandes des clients.

L'objectif du fournisseur est de

Minimiser:

- coûts de transport
- les coûts d'inventaire (clients et producteur) de RTI vides et chargés
- les coûts de production,
- les coûts d'achat de nouveaux RTI
- les pénalités liées aux temps d'attente du conducteur

Les clients ne doivent pas s'occuper du contrôle des stocks.

# Contraintes

## Capacité du véhicule

Capacité des inventaires et pas de rupture de stock

Capacité du fournisseur

RTI chargés sont livrés et RTI vides sont retournés

Construction des routes

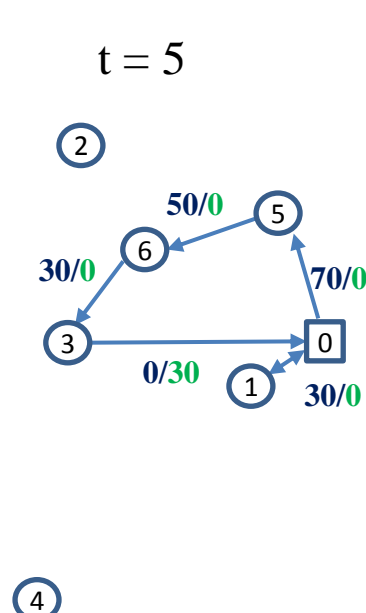
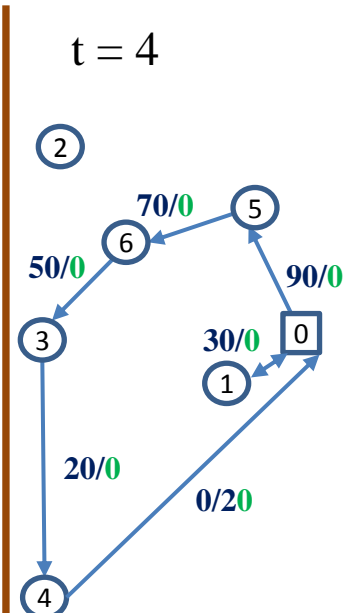
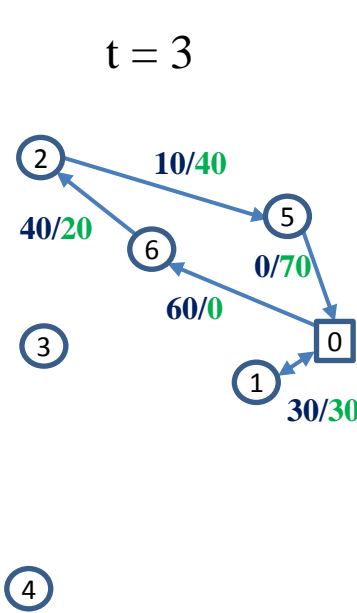
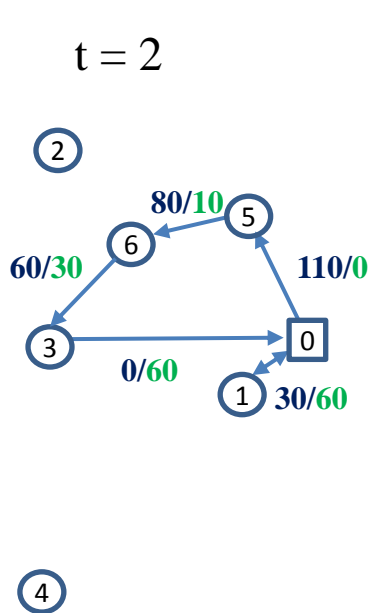
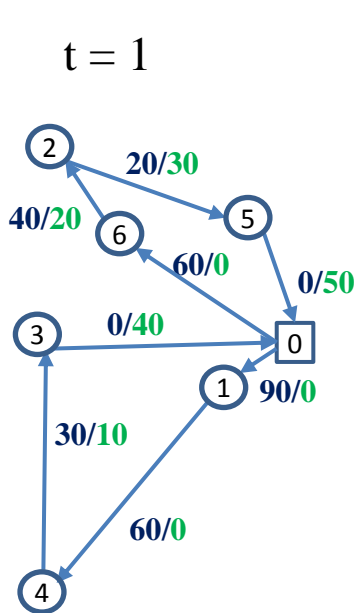
Contraintes de temps

Chaîne logistique en boucle fermée

# Variation des capacités d'inventaire

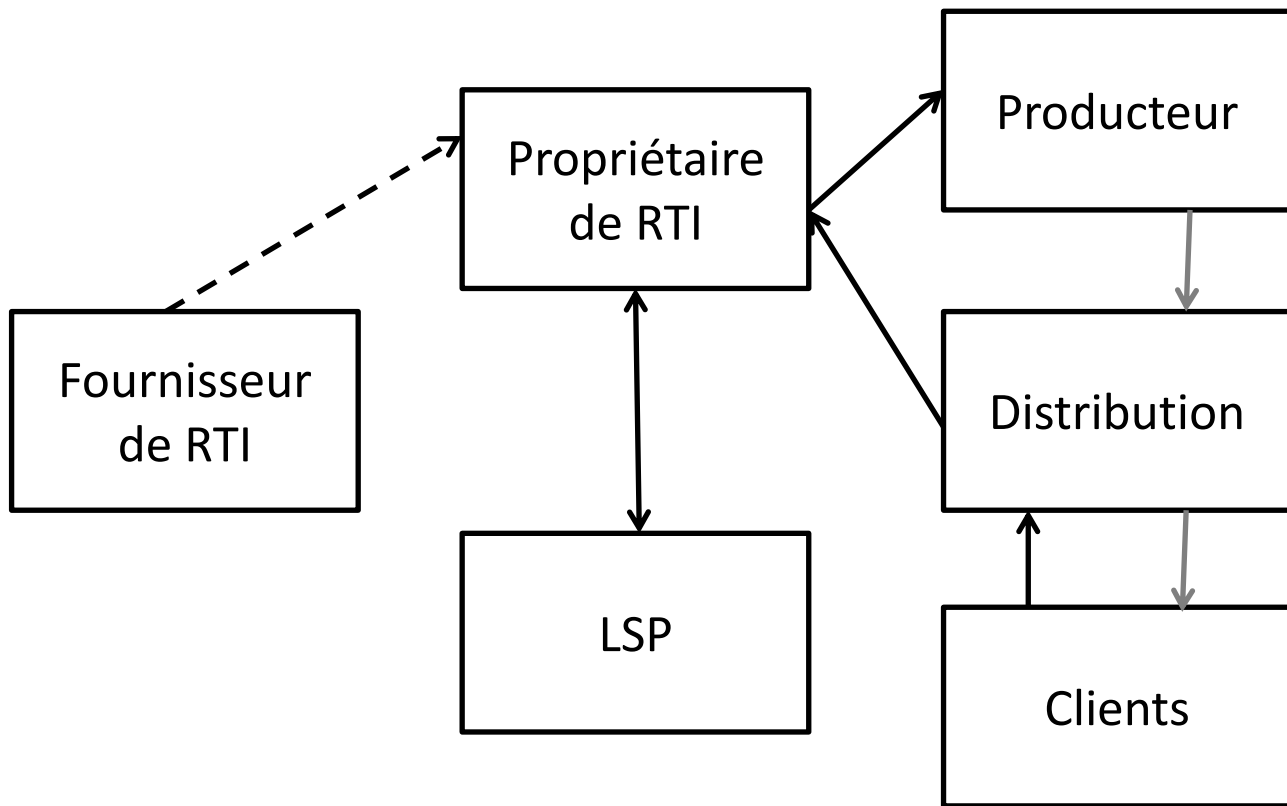
	Capacité en termes de demande			
	1	2	3	4
Coût de transport	2452	1778	1473	1437.6
Coût d'inventaire	48	55.2	62.9	63.9
Coût de production	9	9	9	9
Coût des nouveaux RTI	200	300	450	450
<b>Coût total</b>	<b>2709</b>	<b>2142.2</b>	<b>1994.9</b>	<b>1960.5</b>
Distance (km)	1210	990	819	819
Temps (s)	1	8558	726	965

# Résultats (méthode exacte)



Le temps de travail est limité à 8 heures

# Flux des RTI



Nouveaux  
RTI



RTI vides



RTI remplis



Contrats



# Conclusions

- Modélisation
- Améliorations
  - Caractéristiques des RTI
  - Vue générale



# Perspectives

- 3 thèmes (affectation, chargement)
- Pluridisciplinaire
- Véhicules autonomes