

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Forme urbaine, mobilité et impacts socio-environnementaux

Indicateurs et étiquettes pour une meilleure prise en compte de l'énergie dans les stratégies de localisation

Camille Chanard, Jean-Philippe Antoni et Gilles Vuidel

01. Contexte et problématique
02. Evaluer les questions énergétiques *in vitro*
03. Anticiper les stratégies de localisation *ex ante*
04. Conclusion et perspectives

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Partie 1

Contexte et problématique

01. Contexte et problématique

- 02. Evaluer les questions énergétiques *in vitro*
- 03. Anticiper les stratégies de localisation *ex ante*
- 04. Conclusion et perspectives

● Des mesures internationales et nationales

1995 - **Deuxième Rapport du GIEC**
Rapport sur le changement climatique

1998 - **Protocole de Kyoto**
Signature par 172 pays / entré en vigueur en 2005

2003 - **Facteur 4**
La France s'engage à diviser par quatre ses émissions de GES

2003 - **Plan Climat**
Mise en place d'une stratégie
nationale de développement durable

2004 - **Loi n°2005-781 (juillet 2005)**
Loi de programme fixant
les orientations de la politique
énergétique

2007 – **Grenelle environnement I**
Mise en place de dispositions
concrètes en France

2010 – **Grenelle environnement II**
Mise en place de dispositions
concrètes en France

**Émergence d'indicateurs
et de labels**

*Exemple des
étiquettes énergétiques
pour la consommation
et l'émission des bâtiments*

Bâtiment		Identification cadastrale	
Econome < 50 A 51 à 90 B 91 à 150 C 151 à 230 D 231 à 330 E 331 à 450 F > 450 G	B	Faible émission < 6 A 6 à 10 B 11 à 20 C 21 à 35 D 35 à 55 E 56 à 80 F > 80 G	B
Energivore Consommation d'énergie Energie primaire en Kwh/m2/an		75	
Fraction d'énergie primaire renouvelable	15 %	Besoin en chauffage	XXXX

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Contexte et problématique

Une carence : les lieux et les espacements



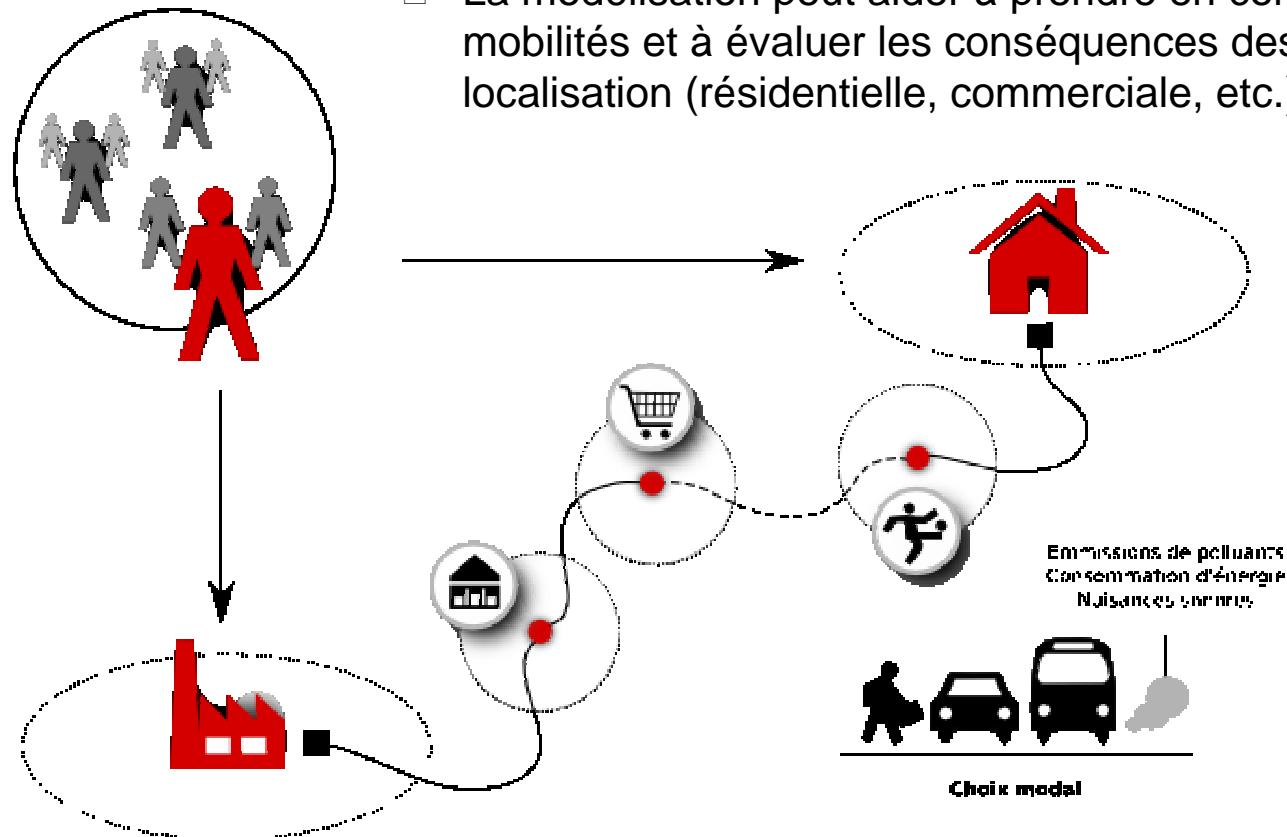
Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

De nombreux efforts ont été faits sur la **technique** des bâtiments
Mais rien n'est dit sur leur **localisation** au sein des villes et des aires urbaines

Or cette localisation est **génératrice de mobilités** plus ou moins longues
qui entraînent des **consommations d'énergie** et des **émissions de polluants**
plus ou moins importantes

- La modélisation peut aider à prendre en compte ces mobilités et à évaluer les conséquences des stratégies de localisation (résidentielle, commerciale, etc.)



Contexte et problématique

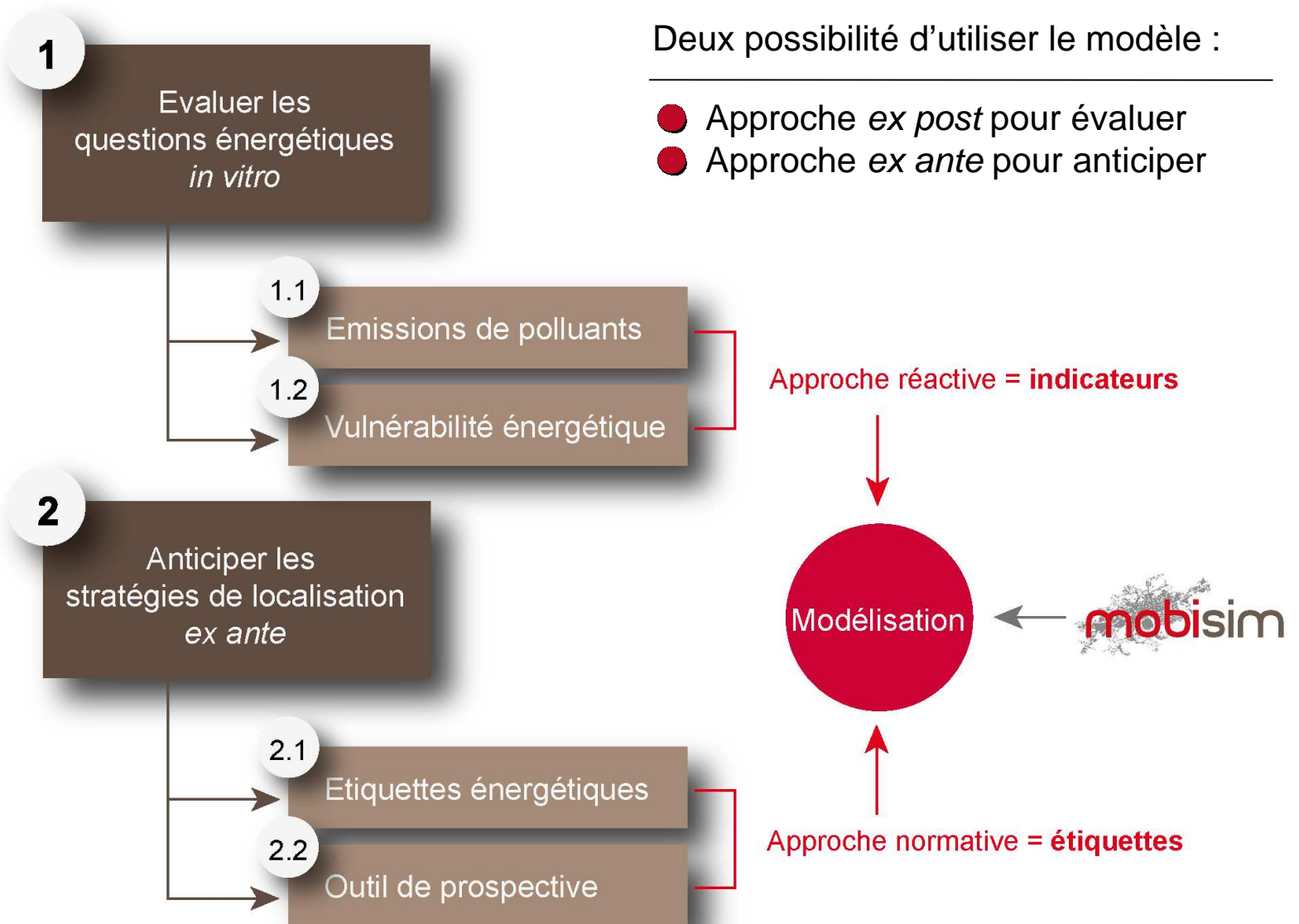
Plan de l'exposé



Le modèle LUTI MobiSim (Antoni, 2010) pour simuler les mobilités en lien avec les localisations et les questions énergétiques.

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012



Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Partie 2

Evaluer les questions énergétiques *in vitro*

01. Contexte et problématique
- 02. Evaluer les questions énergétiques *in vitro***
03. Anticiper les stratégies de localisation *ex ante*
04. Conclusion et perspectives

Evaluer les questions énergétiques

Indicateur émissions de polluants (1/3)



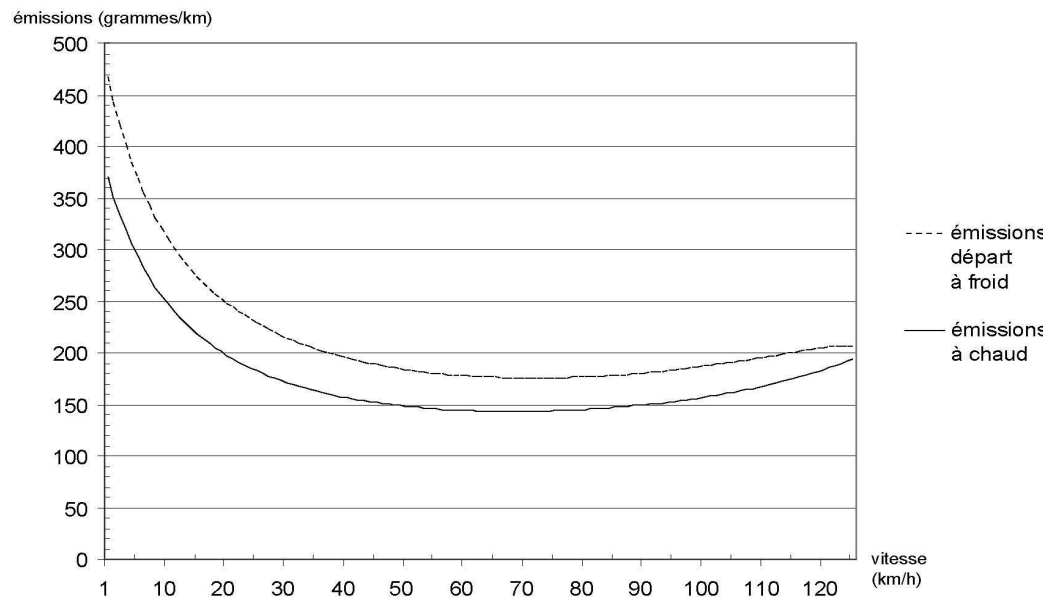
L'indicateur est obtenu par le couplage de deux modèles

● Un modèle de trafic

MobiSim : modèle de trafic désagrégé centré sur les individus
Cinq motifs de déplacements : travail, études, achats, loisirs, réseau
Trois modes de transport : automobile, transports en commun, marche
Simulation pour une journée ouvrée standard

● Un modèle d'émissions de polluants

CopCETE : adaptation de Copert par le CETE Normandie
Prise en compte d'une trentaine de polluants atmosphériques
Parc automobile français standard
Distinction moteur chaud / départ à froid



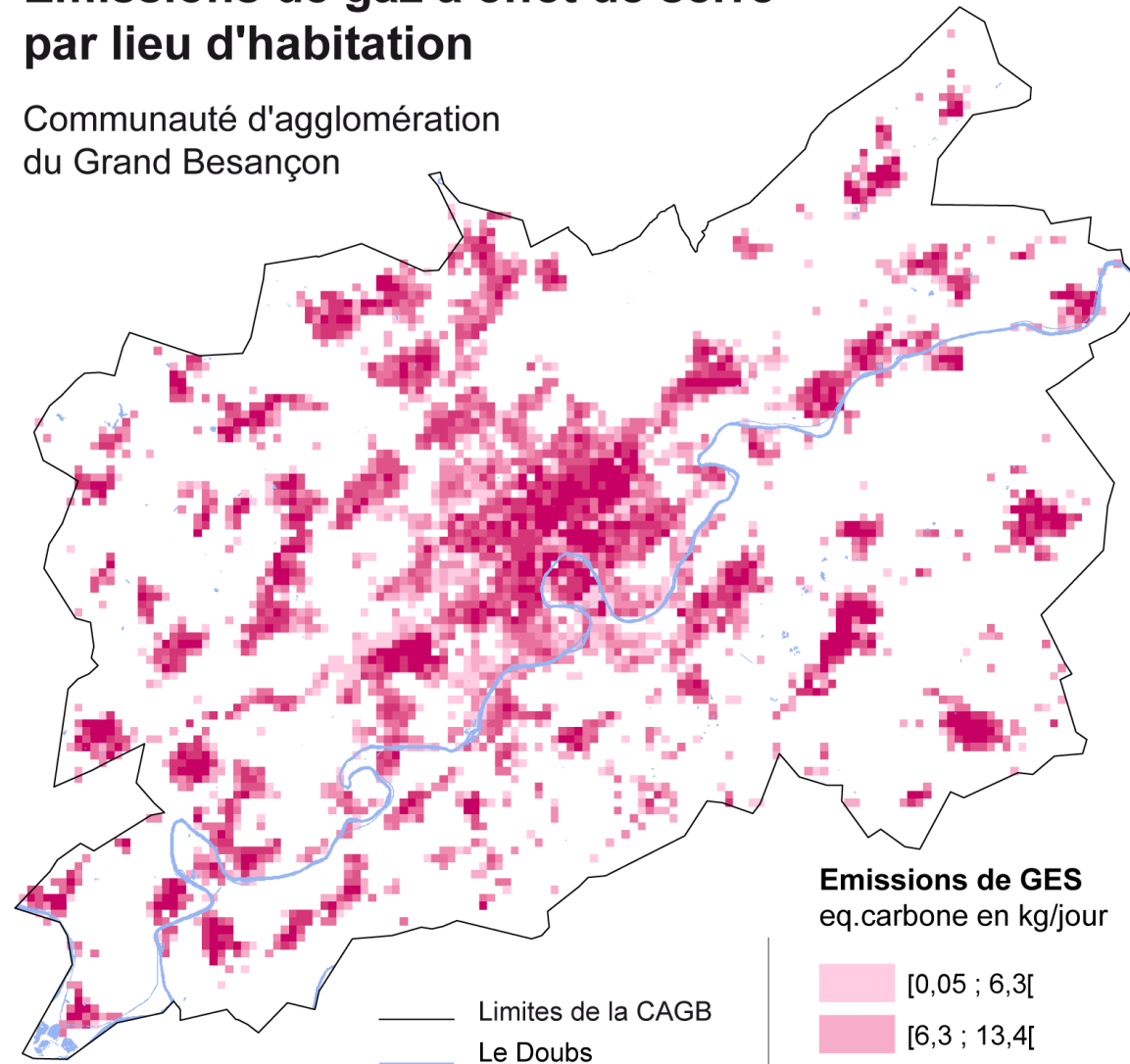
□ Intégration des courbes
« émission / vitesse »
dans MobiSim

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

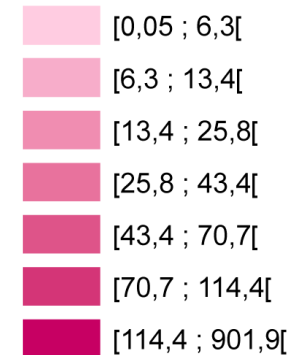
Karlsruhe
24-26 mai 2012

Émissions de gaz à effet de serre par lieu d'habitation

Communauté d'agglomération
du Grand Besançon



Emissions de GES
eq.carbone en kg/jour



— Limites de la CAGB
— Le Doubs

Discretisation : septiles
Cellules de 200 m

Sources

Simulation MobiSim ; Fond de carte : IGN

G. Vuidel, C. Chanard, J.P. Antoni © ThéMA (2012)

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Laboratoire **ThéMA**
UMR 6049 CNRS
Université de Franche-Comté
Besançon

www.mobisim.org

Evaluer les questions énergétiques

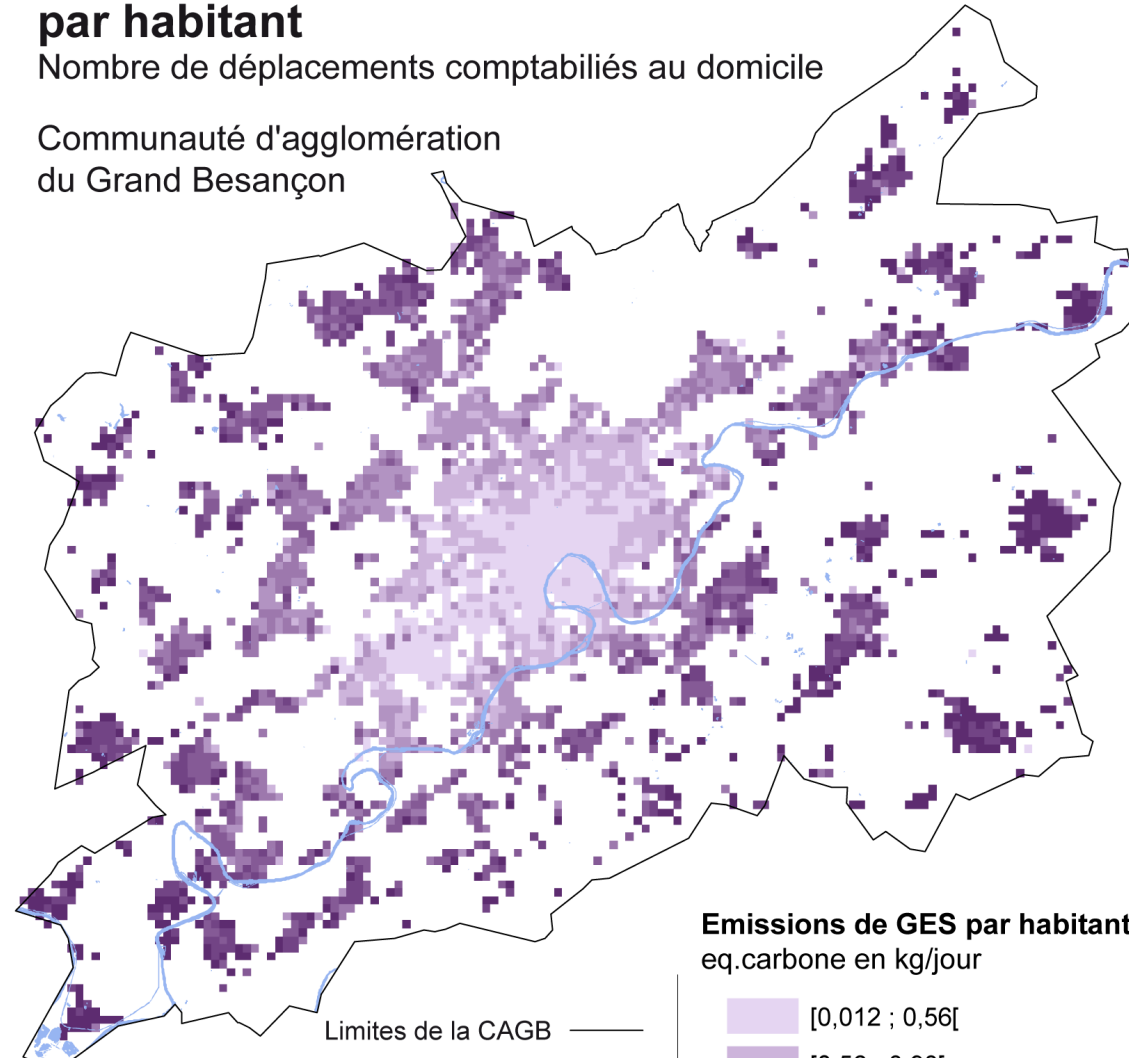
Indicateur émissions de polluants (3/3)



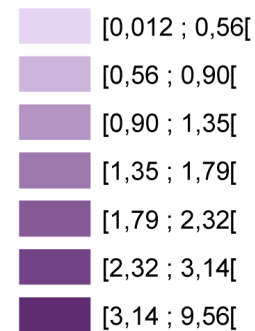
Émissions de gaz à effet de serre par habitant

Nombre de déplacements comptabilisés au domicile

Communauté d'agglomération
du Grand Besançon



Emissions de GES par habitant
eq.carbone en kg/jour



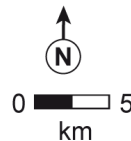
Limites de la CAGB —
Le Doubs —

Discrétisation : septiles
Cellules de 200 m

Sources

Simulation MobiSim ; Fond de carte : IGN

G. Vuidel, C. Chanard, J.P. Antoni © ThéMA (2012)



Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Laboratoire **ThéMA**
UMR 6049 CNRS
Université de Franche-Comté
Besançon

www.mobisim.org

Evaluer les questions énergétiques

Indicateur vulnérabilité énergétique (1/2)



Un indicateur original fondé sur deux critères relativement simples

● Le revenu des ménages

Connu à partir de la population synthétique MobiSim
Fondé sur les revenus médians à l'IRIS (INSEE)
Pondéré par la PCS des agents

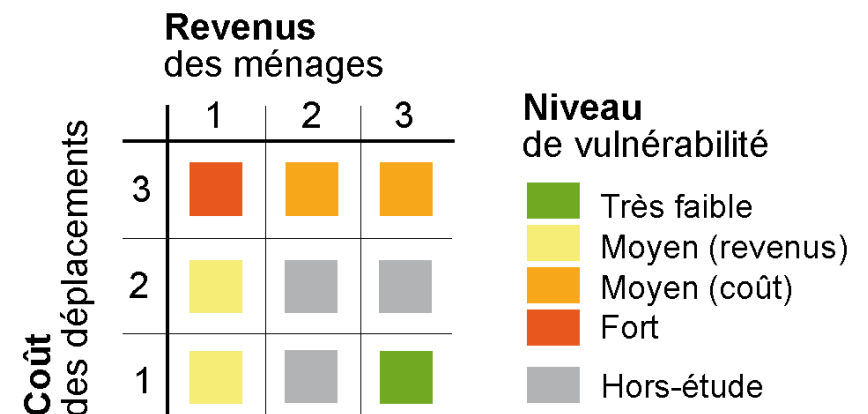
● Les distances quotidiennes parcourues

Modélisées avec MobiSim
Fondées sur les programmes d'activités des agents (calage EMD)
Distribution des déplacements par modèle gravitaire
Choix modal (minimisation du coût généralisé)
Affectation sur les réseaux par l'algorithme de Dijkstra



Des critères croisés
graphiquement

Méthode des quadrants
Neuf catégories théoriques
(Cauvin *et al.*, 2009)



Evaluer les questions énergétiques

Indicateur vulnérabilité énergétique (2/2)



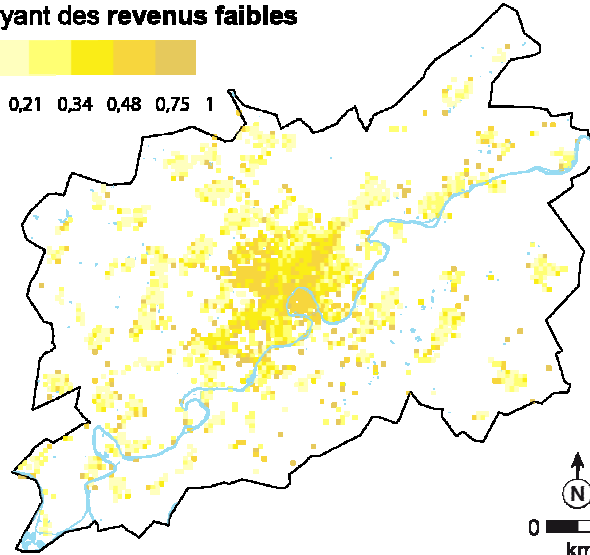
Vulnérabilité énergétique

Communauté d'agglomération du Grand Besançon

Proportion de ménages
ayant des revenus faibles



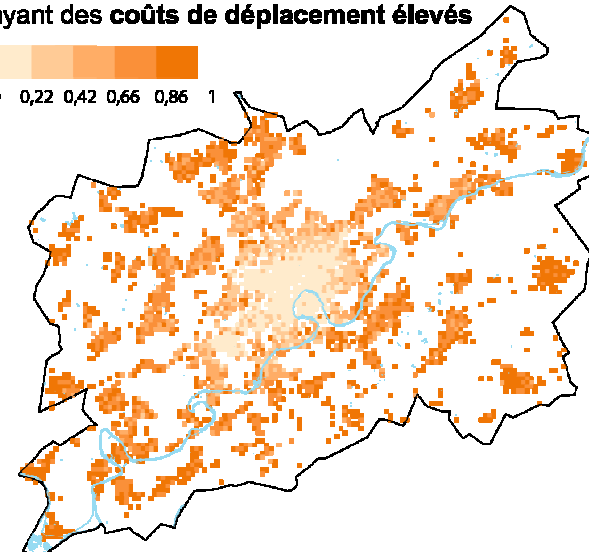
0 0,21 0,34 0,48 0,75 1



Proportion de ménages
ayant des coûts de déplacement élevés



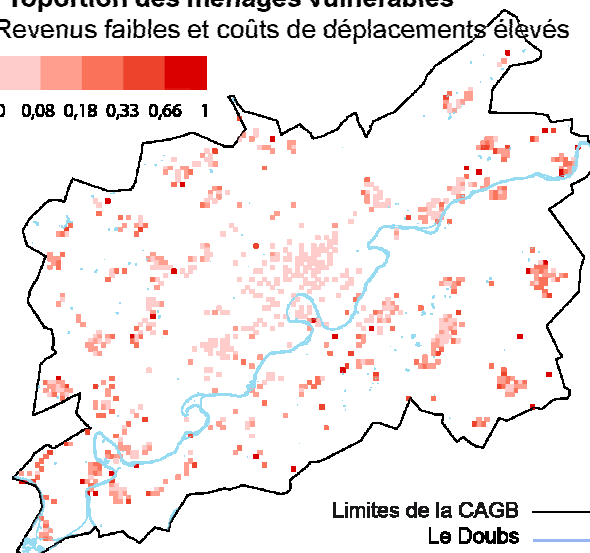
0 0,22 0,42 0,66 0,86 1



Proportion des ménages vulnérables
Revenus faibles et coûts de déplacements élevés



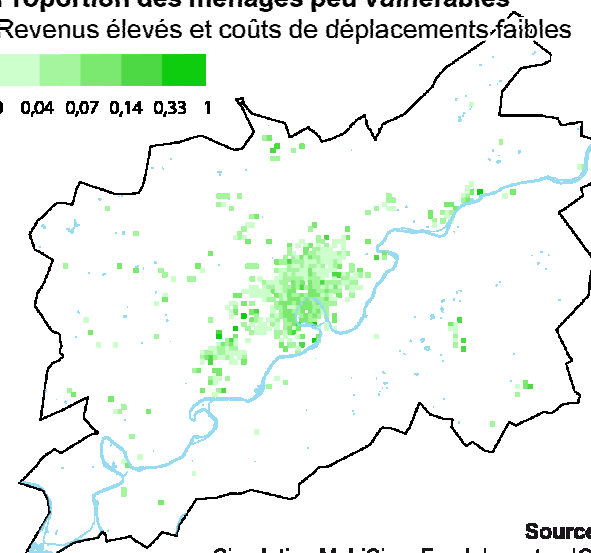
0 0,08 0,18 0,33 0,66 1



Proportion des ménages peu vulnérables
Revenus élevés et coûts de déplacements faibles



0 0,04 0,07 0,14 0,33 1



Limites de la CAGB —
Le Doubs —

Sources

Simulation MobiSim ; Fond de carte : IGN

C. Chanard, G. Vuidel, J.P. Antoni © ThéMA (2012)

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Laboratoire **ThéMA**
UMR 6049 CNRS
Université de Franche-Comté
Besançon

www.mobisim.org

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Partie 3

Anticiper les stratégies de localisation *ex ante*

01. Contexte et problématique
02. Evaluer les questions énergétiques *in vitro*
- 03. Anticiper les stratégies de localisation *ex ante***
04. Conclusion et perspectives

Anticiper les stratégies de localisation

Une étiquette pour qualifier les territoires (1/2)



Comme toutes les « étiquettes énergie », les étiquettes territoriales (Antoni, 2009) se fondent sur un **comportement normé**, ceux-ci n'étant pas connus *a priori*

- Des bâtiments existants ou non

“Je suis située dans une zone construite ou susceptible de l'être.

Je loge des habitants “standards” de l'agglomération qui effectuent quotidiennement :

0,51 déplacement pour le travail

0,07 déplacement pour les études

0,58 déplacements pour les achats et services

0,24 déplacements pour les loisirs

0,19 déplacements pour la fréquentation du réseau social”



- Des individus standardisés

“Je suis un habitant “standard” de l'agglomération.

Je me déplace à pied, en transport en commun ou en voiture particulière.

Je choisis mon mode de transport en fonction du coût et du temps de déplacement.”



- Des véhicules typiques du parc français

“Je suis un véhicule essence typique du parc français qui consomme

7 litres de carburant pour 100 km en moyenne.

Le pouvoir calorifique inférieur de l'essence (PCI) est de 33 kJ par litre.”



Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

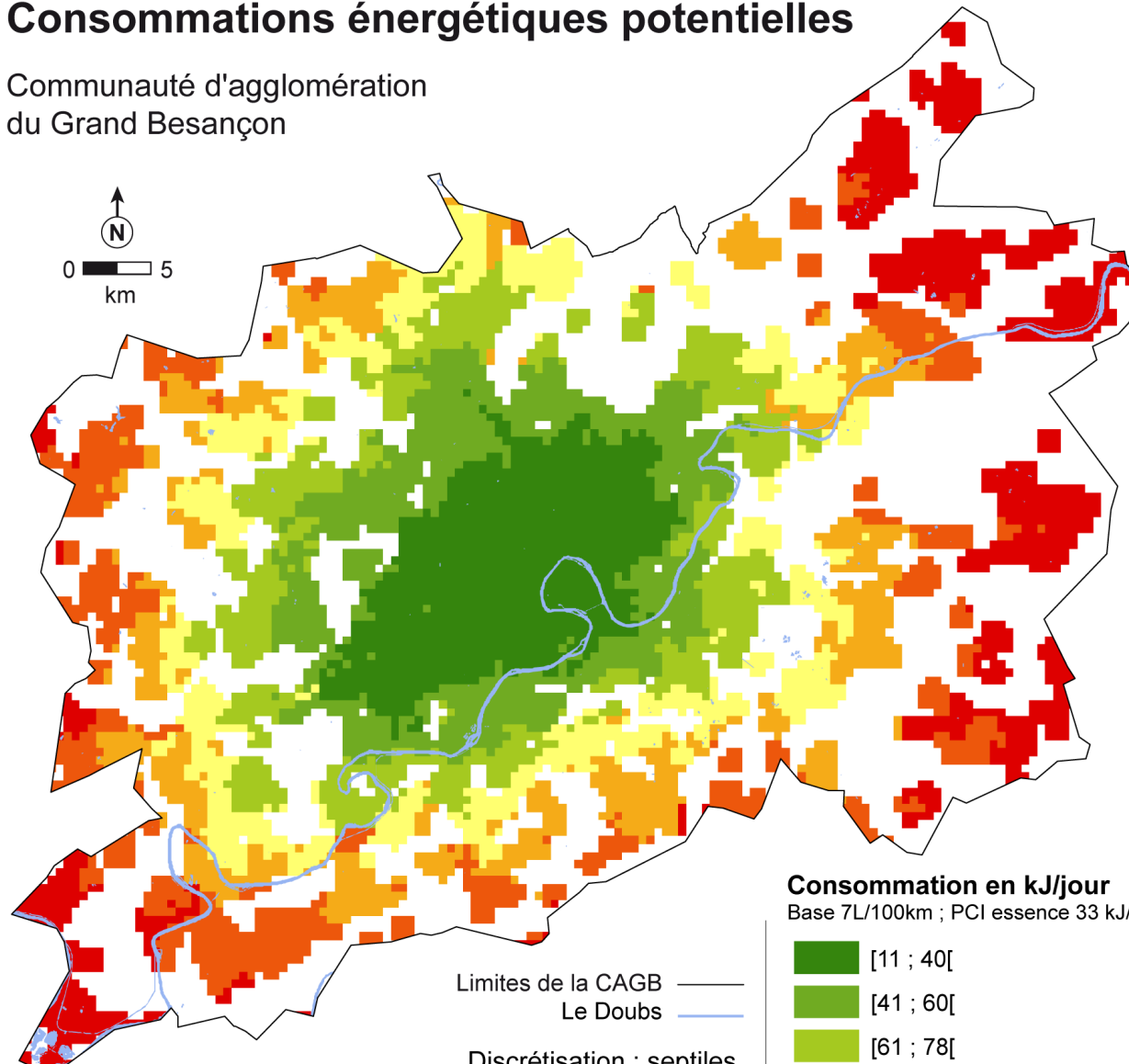
Karlsruhe
24-26 mai 2012

Laboratoire **ThéMA**
UMR 6049 CNRS
Université de Franche-Comté
Besançon

www.mobisim.org

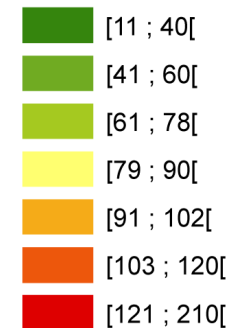
Consommations énergétiques potentielles

Communauté d'agglomération
du Grand Besançon



Consommation en kJ/jour

Base 7L/100km ; PCI essence 33 kJ/L



Limites de la CAGB —
Le Doubs —

Discretisation : septiles
Cellules de 200 m

Sources

Simulation MobiSim ; Fond de carte : IGN

C. Chanard, G. Vuidel, J.P. Antoni © ThéMA (2012)

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Laboratoire **ThéMA**
UMR 6049 CNRS
Université de Franche-Comté
Besançon

www.mobisim.org

Évaluer les questions énergétiques

Un outil pour la prospective territoriale



Un outil automatisé pour aider la mise en place d'un urbanisme réglementaire et mieux réfléchir à la durabilité des formes urbaines

- **Une méthode reproductible**

- Prise en compte des consommations d'énergie liées aux localisations et aux mobilités**

- Automatisation dans MobiSim

- Outil construit pour chaque territoire, donc relatif et évolutif

- Outil à manier avec précaution

- **Vers une requalification dans les PLU**

- **Un outil ouvert**

- Ouverture vers la simulation et l'aide à la décision pour l'aménagement par trois leviers**

- **Proposer la création d'aménités dans certains secteurs**
pour les programmes de logements afin de réduire les distances
 - **Proposer des degrés de densité de logements**
permettant d'optimiser le couple « localisation/densité de logements »
 - **Simuler une évolution du parc automobile**
et visualiser l'effet d'un parc électrique de 5%, 10%, 50%, etc

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Partie 4

Conclusion et perspectives

01. Contexte et problématique
02. Evaluer les questions énergétiques *in vitro*
03. Anticiper les stratégies de localisation *ex ante*
- 04. Conclusion et perspectives**

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

- **Une modélisation au bâtiment individu-centrée**

 - Des indicateurs environnementaux
 - Des indicateurs socio-économiques
 - Des étiquettes urbanisme

 - Développer de nouveaux indicateurs de durabilité

- **Des scénarios d'urbanisme**

 - Forme urbaine
 - Localisation

 - Étudier l'impact des villes fractales

- **Des scénarios de mobilité**

 - Nouvelle ligne de transport en commun
 - Véhicules électriques

 - Améliorer les paramétrages des déplacements TC

Transports, énergie,
localisation. Analyses,
outils et perspectives
d'avenir

Karlsruhe
24-26 mai 2012

Forme urbaine, mobilité et impacts socio-environnementaux

Indicateurs et étiquettes pour une meilleure prise en compte de l'énergie dans les stratégies de localisation

Camille Chanard, Jean-Philippe Antoni et Gilles Vuidel

Merci de votre attention !

Forme urbaine, mobilité et impacts socioenvironnementaux

Indicateurs et étiquettes pour une meilleure prise en compte de l'énergie dans les stratégies de localisation

Camille Chanard, Jean-Philippe Antoni, Gilles Vuidel

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 – CNRS - Université de Franche-Comté

32 rue Mégevand – 25000 Besançon

camille.chanard@univ-fcomte.fr - 03 81 66 52 94

Communication au 11e séminaire francophone est-ouest
de socio-économie des transports – Karlsruhe (Allemagne) – 23-26 mai 2012

1. Contexte et problématique

Quoique difficile à évaluer pratiquement, la question énergétique est devenue au début du 21^{ème} siècle politiquement cruciale, soulevant des enjeux qui portent autant sur la difficulté d'approvisionnement en énergie que sur l'importance des consommations et leurs impacts économiques, sociaux et environnementaux. Deux problèmes majeurs sont en effet liés à la consommation des combustibles fossiles : d'une part les pollutions dues aux émissions des gaz à effet de serre (GES) et, d'autre part, la forte augmentation des prix liée à l'épuisement des réserves.

En France, la consommation dans les bâtiments (secteurs résidentiel et tertiaire) représente le poste le plus important dans le bilan énergétique national (environ 43 % des consommations totales)¹, tandis que le secteur des transports est en deuxième position avec près de 32 % des consommations annuelles totales². Ce secteur, qui « *pour des raisons à la fois pratiques et traditionnelles, dépend plus que tout autre des carburants fossiles liquides* » (IEA, 2006), est le principal émetteur de CO₂ en France (36 %), le transport par la route étant très majoritairement responsable de cette situation. Dans ce contexte, des efforts doivent être réalisés sur différents fronts. D'une part du côté de l'efficacité, c'est-à-dire dans la mise en œuvre de solutions techniques ; d'autre part du côté de l'utilisation, c'est-à-dire dans le changement de comportement des consommateurs, mais surtout du côté du fonctionnement et de l'aménagement du territoire (Grenier, 2007).

¹ ADEME, *Bâtiment, Chiffres-clés*, [en ligne], consulté en avril 2011, disponible sur <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12612>

² ADEME, *Transport, Chiffres-clés*, [en ligne], consulté en avril 2011, disponible sur <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12576>

Différents indicateurs permettent aujourd'hui d'aborder la question de l'énergie dans l'habitat, et en particulier dans les logements, sous l'angle technique, environnemental, économique et social. Ainsi, les étiquettes de consommation énergétiques et d'émission de GES (Sjogren, 2007) qualifient les bâtiments en fonction de leur performance énergétique et environnementale afin d'en améliorer l'« enveloppe » bâtie. Les indicateurs de précarité énergétique portent quant à eux sur le couple habitat/habitant puisqu'ils mettent en relation les revenus des ménages et leurs dépenses engagées pour le chauffage de leur logement (OFGEM, 2006 ; Devalière, 2008).

Cependant, alors que la question de l'énergie dans l'habitat est fortement corrélée avec celle des mobilités induites par la localisation de cet habitat, notamment dans les milieux urbains (Newman et Kenworthy, 1989 ; Handy, 1996 ; Crane, 2004 ; Pouyanne, 2004), ce volet spatial reste encore peu traité. Peu d'indicateurs synthétiques portent actuellement sur le rôle de l'organisation de l'espace géographique dans les consommations d'énergie et les émissions de polluants.

En se basant sur les travaux effectués pour les bâtiments, cette communication propose de formaliser, selon trois méthodologies différentes, une information spatiale sur les consommations énergétiques liées à la mobilité. Deux indicateurs *ex post* visent à évaluer la situation énergétique d'une agglomération : (1) à travers les émissions de GES liées à la mobilité des habitants, (2) en estimant la vulnérabilité énergétique qui résulte du lien entre les déplacements effectués par les habitants et leurs revenus. Enfin, (3) des étiquettes énergétiques territoriales, construites *ex ante*, visent à anticiper les consommations énergétiques d'un nouvel espace ouvert à l'urbanisation dans une optique prospective.

Tous les résultats présentés dans cet article sont issus de simulations réalisées grâce au modèle MobiSim pour l'Agglomération du Grand Besançon.

2. Un modèle de simulation pour des indicateurs et des étiquettes

La méthodologie proposée dans le cadre de cette recherche repose sur le postulat suivant : chacun des espaces que l'on peut différencier au sein d'une aire urbaine induit nécessairement des consommations énergétiques qui lui sont propres et qui peuvent également être différenciées de deux manières au minimum : a) par la distance qui sépare cet espace des aménités et des zones d'emploi présentes dans l'aire urbaine ; b) par la densité de son habitat, qui multiplie d'autant les consommations énergétiques.

La méthodologie se fonde sur le programme MobiSim, modèle LUTI (*Land use and transport integrated*), qui intègre dans une même démarche la modélisation des transports et de l'urbanisation. MobiSim propose une modélisation individus-centrée (*agent-based modeling*) à échelle fine des comportements de mobilité quotidienne et résidentielle dans les agglomérations françaises. La modélisation de la mobilité quotidienne des agents dans leur environnement est réalisée en trois étapes (Antoni, 2010) :

- (1) Définition d'un programme d'activités pour chaque agent, qui permet de déduire une distribution des mobilités. Six motifs de déplacement sont pris en compte : travail, étude, achat, loisir, fréquentation du réseau social, accompagnement des enfants à l'école.
- (2) Choix des modes de déplacement. Les trois modes considérés sont la marche à pied, les transports en commun et la voiture particulière.

- (3) Affectation de ces déplacements sur le réseau de routes ou de transport en commun, qui permet de déterminer le nombre de véhicules sur chaque tronçon de route ainsi que la charge en usagers du système de transport en commun.

Les résultats des simulations livrent plusieurs informations. Ils permettent d'une part de calculer des indicateurs, en évaluant *ex-post* la situation de l'agglomération à partir de comportements de mobilité observés (en calant le modèle sur les Enquêtes ménages déplacements³, par exemple). Nous présentons ainsi un indicateur d'émission de gaz à effet de serre et un indicateur de vulnérabilité énergétique liée à la mobilité.

D'autre part, la simulation permet d'anticiper les consommations en cas de modification de l'aménagement urbain et de l'occupation du sol. Les étiquettes énergétiques territoriales, calculées en fonction de comportements normés des agents (tous les habitants de l'agglomération ont les mêmes fréquences de déplacements quotidiens), visent à identifier les espaces les plus consommateurs ou les plus vertueux en fonction de la croissance de la ville.

À partir d'un exemple de simulation issue du programme et réalisée sur l'agglomération de Grand Besançon (CAGB), trois séries de cartes sont proposées, calculées sur un espace cellulaire (la taille des cellules est de 200 m). Les résultats s'appliquent aux zones d'habitation (le lieu de domicile peut en effet être considéré comme le principal point structurant à partir duquel les individus vont organiser leurs déplacements quotidiens) et apportent un nouvel éclairage sur le lien entre localisation résidentielle et mobilités quotidiennes.

3. Évaluer les consommations énergétiques urbaines liées à la mobilité : un indicateur d'émission de GES

L'indicateur d'émission de GES proposé permet de dresser un état des lieux de la situation énergétique d'une agglomération. En affectant les émissions au domicile des agents, il est possible d'identifier les zones d'habitation dans lesquelles les émissions de GES liées à la mobilité quotidienne sont les plus importantes.

3.1. Méthodologie

Parmi les trois modes de transport retenus dans les simulations (marche à pied, transport en commun et voiture particulière), le calcul des émissions de GES est uniquement basé sur les trajets effectués en voiture particulière. D'une part, la marche à pied n'a par définition aucune conséquence directe sur les émissions de GES. D'autre part, les émissions par passager des transports en commun dépendent de leur taux de remplissage, information qui n'a pas été considérée dans ce travail⁴.

³ Dans le cadre de cet article, l'Enquête ménages déplacements utilisée a été réalisée en 2005 dans l'agglomération du Grand Besançon par l'INSEE selon la méthodologie mise en place par le CERTU.

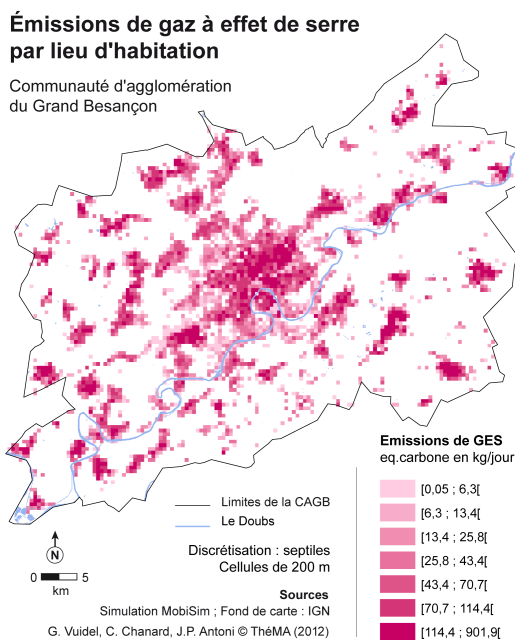
⁴ Il serait toutefois intéressant par la suite de calculer les émissions par voyageur, un bus interurbain fréquenté par très peu de passagers par exemple pouvant avoir un impact largement plus important qu'une voiture particulière.

Basée sur les facteurs de conversion COPERT à partir du logiciel CopCete développé en France par le CETE de Normandie et le CERTU, les émissions de GES sont calculées sur la base des trajets simulés dans MobiSim (nous présentons ici la totalité des émissions de GES en équivalent carbone, mais les valeurs sont disponibles pour chacun des gaz à effet de serre). Les trajets sont pris en compte dans leur totalité, ce qui permet de considérer dans le calcul d'émission la vitesse du véhicule ainsi que la distance parcourue, et donc de différencier les émissions des moteurs à froid et à chaud.

Chaque trajet et émissions associées sont ensuite affectés au domicile de l'agent, les émissions pouvant être sommées par cellule.

3.2. Résultats

Les résultats peuvent être présentés sous forme brute par une carte (Figure 1), permettant d'identifier ainsi les zones d'habitation les plus génératrices d'émissions de GES. En ramenant les émissions brutes par nombre d'habitants par cellule (Figure 2), l'indicateur tient compte de la densité et donne une information sur les GES émis par habitant en fonction de la localisation de son domicile.



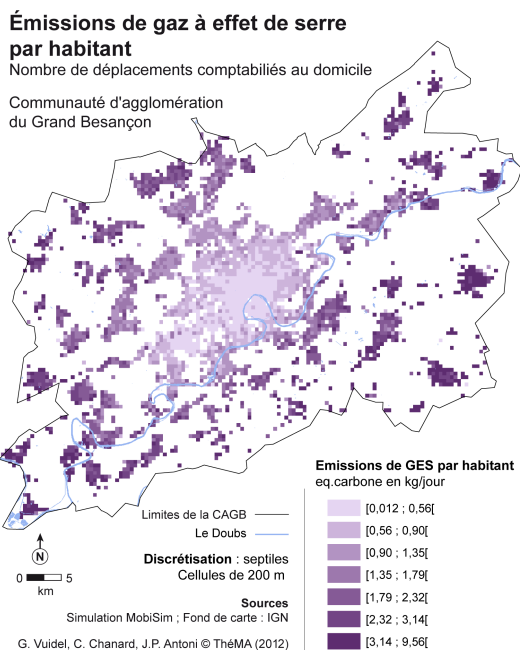


Figure 2 : Indicateurs de densité d'émission de GES

ure 1 : Indicateur d'émissions brutes de GES

Fig

Le centre-ville de l'agglomération de Besançon, présentant une forte densité de population, apparaît très émetteurs de GES. Les habitants des communes périphériques apparaissent par contre beaucoup plus émetteurs quand les émissions sont ramenées à la densité de population, car ils sont à la fois proportionnellement moins nombreux à se déplacer et utilisent majoritairement leur voiture particulière pour se rendre dans la ville centre qui concentre la plupart des activités.

4. Évaluer la situation énergétique des habitants : un indicateur de vulnérabilité énergétique

La précarité énergétique, malgré son inscription très récente à l'agenda politique français dans le cadre des négociations sur le deuxième projet de loi du Grenelle Environnement (Minoustchin, 2010), occupe aujourd'hui une place importante dans le débat public, largement corrélé avec l'augmentation des prix du carburant. Selon la définition classique établie par le centre de recherche britannique sur le bâtiment, la précarité énergétique (*fuel poverty*) désigne la situation dans laquelle se trouve un ménage « lorsqu'il éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison notamment de l'inadaptation de ses ressources et de ses conditions d'habitat » (Devalière, 2008). Cette notion recouvre donc traditionnellement les dépenses liées au logement (gaz et électricité).

Les dépenses associées à la mobilité, et en particulier liée au prix du carburant, commencent à être étudiées dans certaines recherches mais sont largement abordées sous l'angle économique (Dodson et Sipe, 2007 ; Nicolas *et al.*, 2012), sans que la localisation des ménages et des activités ne soit réellement prise en compte. La modélisation des mobilités possible avec MobiSim intègre des données spatiales et permet de simuler une information sur les trajets effectués par les habitants avec différents modes de transport. L'indicateur de vulnérabilité qui en résulte vise à localiser les ménages les plus exposés à une augmentation des prix du

carburant, à la fois en raison de leur faible niveau de revenus et des distances parcourues quotidiennement en véhicule particulier.

4.1. Méthodologie

La vulnérabilité énergétique liée à la mobilité peut provenir de deux causes principales : d'une part, des revenus par ménages peu élevés ; d'autre part, des coûts de déplacement importants. Les ménages combinant ces deux handicaps sont considérés comme étant en situation de vulnérabilité énergétique pour leurs déplacements quotidiens.

A partir des données INSEE-DGI (enquêtes de revenus fiscaux et sociaux), qui donnent une information sur les revenus médians par unité de consommation (UC) à l'échelle de l'IRIS, les ménages sont associés à un certain niveau de revenu, en fonction de trois critères :

- leur catégorie socio-professionnelle ;
- leur situation par rapport à l'emploi (actif occupé, chômeur, inactif) ;
- leur type de ménage (seul, monoparentale, couple sans enfant, couple avec enfant(s), autre).

Par ailleurs, les trajets effectués quotidiennement par les individus sont simulés dans Mobi-Sim puis réaggrégés au ménage. La distance parcourue, le mode et le coût du déplacement sont connus par un calage sur l'enquête ménages déplacements.

Le croisement des critères de revenus des ménages et des coûts de déplacement par ménage selon la méthode graphique des quadrants (Cauvin *et al.*, 2008) permet d'identifier neuf catégories théoriques allant des ménages présentant une vulnérabilité très faible (revenus élevés et coûts de déplacement faibles) à une vulnérabilité très forte (faibles revenus et coûts de déplacement élevés) (cf. légende de la figure 3).

4.2. Résultats

L'objectif n'est pas d'identifier des seuils au-delà desquels les ménages pourraient être considérés comme vulnérables, mais de comparer la situation des ménages dans l'agglomération afin de localiser les plus exposés.

Dans l'agglomération du Grand Besançon, les ménages présentant les revenus les plus faibles sont localisés sur l'ensemble du territoire et sont essentiellement présents au centre-ville. Les ménages ayant des coûts de déplacement élevés sont localisés en dans l'espace périurbain éloigné, selon une organisation globalement radioconcentrique. Finalement, les ménages les plus vulnérables sont plutôt localisés en périphérie éloignée, tandis que ceux qui présentent des revenus élevés et des coûts de déplacements faibles habitent essentiellement au centre-ville.

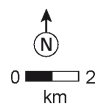
En partant du postulat que plus le prix de l'énergie est élevé, plus le risque de précarité énergétique est important, les résultats confirment l'intuition d'une augmentation du nombre de ménages en situation de vulnérabilité liée à la mobilité, et ce d'autant plus qu'ils habitent loin des zones d'emploi et de consommation.

Les limites de cet indicateur de vulnérabilité des ménages liée à la mobilité sont classiques dans ce type de travaux (Nicolas *et al.*, 2012) : les modes de déplacement alternatifs à la voiture ne sont pris que grossièrement en compte, les dépenses liées au logement ne sont pas comptabilisés dans les budgets des ménages, et la partie de la population qui n'a pas accès à l'automobile n'est pas considérée.

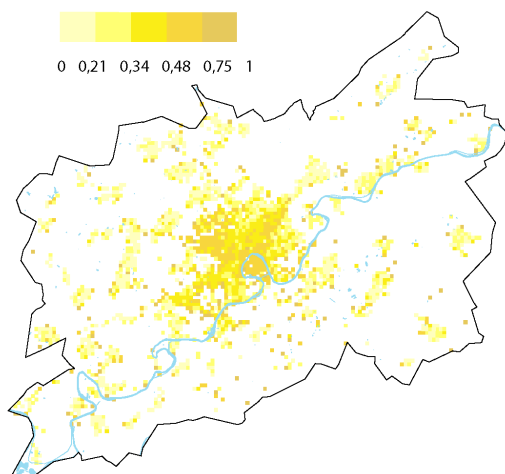
Notons en outre que X. Desjardins *et al.* (2010) ont mis en exergue le caractère quasi incompressible des dépenses de mobilité puisque les améliorations possibles (le covoiturage par exemple) ont un impact moins significatif sur la dépense énergétique totale des ménages que les améliorations techniques du bâti ou les changements de comportements au sein des logements.

Vulnérabilité énergétique des ménages liés aux déplacements quotidiens

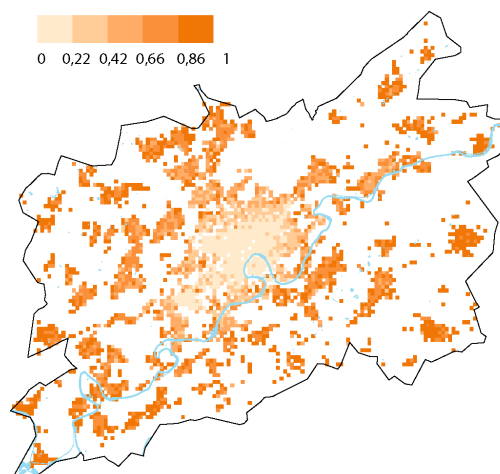
Flux réagregés à la cellule (200 m)
du Grand Besançon



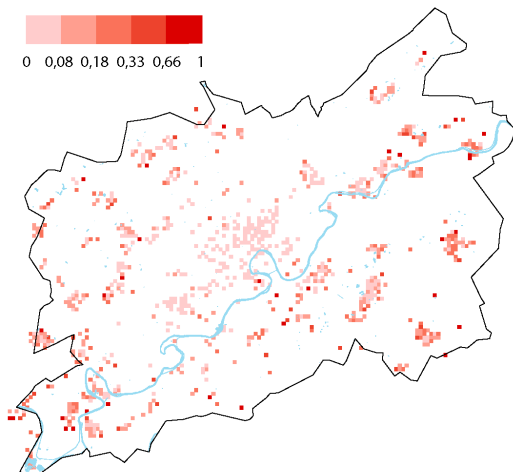
Proportion de ménages ayant des revenus faibles



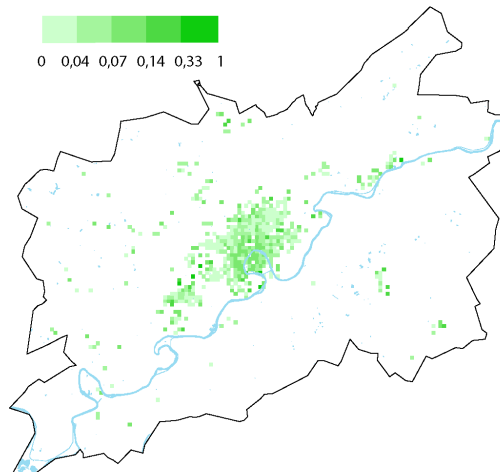
Proportion de ménages ayant des coûts de déplacement élevés



Proportion des ménages vulnérables (revenus faibles et coûts de déplacements élevés)



Proportion des ménages peu vulnérables (revenus élevés et coûts de déplacements faibles)



— Limites de la CAGB
— Rivière Doubs

Sources

Simulation MobiSim ; Fond de carte : IGN

C. Chanard, G. Vuidel, J.P. Antoni © ThéMA (2012)

Coûts de déplacement	Revenus		
	-	0	+
+			
0			
-			

Figure 3 : Revenus, coûts de déplacement et vulnérabilité énergétique des ménages

5. Anticiper les consommations énergétiques urbaines : les étiquettes énergétiques territoriales

L'objectif des étiquettes énergétiques territoriales (Antoni *et al.*, 2009) consiste à qualifier les territoires en terme d'énergie consommée suivant les déplacements qu'ils engendrent. La mise en place de ces étiquettes s'appuie sur une méthode identique à celle proposée pour les appareils électroménagers ou pour les bâtiments.

Pour ce faire, les étiquettes énergétiques territoriales s'inscrivent dans un objectif prospectif. Elles apportent une information synthétique et normalisée permettant aux aménageurs d'évaluer le « potentiel de déplacement » des habitants ou futurs habitants d'espaces différenciés au sein d'une agglomération.

5.1. Méthodologie

Comme précédemment, les déplacements sont simulés à l'aide du logiciel MobiSim et sont calculés pour les espaces déjà urbanisés ainsi que pour ceux susceptibles de l'être (en l'occurrence les espaces non-bâti situés à moins de 200 mètres autour des bâtiments existants) en considérant un comportement normé des habitants, tant dans le choix de leur mode de déplacement que dans leurs activités quotidiennes.

Pour calibrer ce comportement normé, les activités des ménages ont été synthétisées à partir de l'enquête ménages déplacements. Les étiquettes énergétiques territoriales sont donc calculées pour un agenda commun à tous les individus, dans lequel les activités considérées sont : le travail (fréquence de recours quotidien 0,51), les études (0,07), les achats et fréquentation des services publics (0,58), les loisirs (0,24) et la fréquentation du réseau social (0,19).

Le choix modal est quant à lui fonction de la distance et du temps de déplacement (et non du coût généralisé). Un déplacement inférieur à 200 m, par exemple, ne pourra être effectué qu'à pied tandis que la probabilité de choisir ce mode sera nulle au-delà d'un seuil maximal de 2000 m pour lequel l'automobile est l'unique mode de déplacement possible. Dans ce contexte, les étiquettes énergétiques tiennent uniquement compte des consommations engendrées par les déplacements en voiture particulière.

Ensuite, la distribution des déplacements reliant les lieux de départ (domicile) et d'arrivée (activités) sont déterminées en fonction de la localisation des aménités⁵. À chaque lieu du territoire (c'est-à-dire pour chaque cellule de 200m considérée), l'ensemble des destinations possibles pour un motif donné sont identifiées et une probabilité de se rendre dans ce lieu est déterminée à partir le modèle d'interaction spatiale de Huff.

Par ailleurs, à chaque motif d'activité est associé une masse (déterminée à partir de l'enquête ménages déplacements), qui permet de prendre en compte la distance de façon différenciée selon les motifs : alors que la distance est un paramètre très important dans le choix des lieux fréquentés pour les achats et les loisirs, elle n'est en revanche que très peu prise en compte dans le choix de localisation du lieu de travail.

Finalement, pour chacune des cellules, une distance moyenne réalisée en voiture particulière pour toutes les activités considérées est estimée en tenant compte de :

⁵ Cette localisation est déterminée à partir de différents fichiers IGN et INSEE.

- l'attractivité de l'ensemble des zones,
- la probabilité de se rendre dans chaque zone pour une activité,
- la probabilité de s'y rendre en voiture particulière,
- la distance réseau de la zone de départ à la zone d'arrivée.

La somme des distances pour chacun des motifs est affectée à la cellule de départ (domicile) et représente la distance potentiellement parcourue par un agent lors d'une journée standard, convertie en kJ/L essence (pour un véhicule consommant 7L/100 km, avec un pouvoir calorifique inférieur de l'essence de 33 kJ/L), soit une étiquette énergétique territoriale.

5.2. Résultats

Le calcul des étiquettes énergétiques territoriales dans l'agglomération du Grand Besançon (Figure 4) montre une augmentation concentrique des consommations énergétiques potentielles liées à la mobilité. Les habitants du centre-ville, où sont concentrées la majorité des activités, sont potentiellement moins consommateurs que les habitants des périphéries. Par ailleurs, le sud de l'agglomération apparaît comme potentiellement plus consommateur que le nord, ce qui s'explique par l'organisation du relief, les premiers contreforts du Jura rendant l'accès à cette zone plus difficile, l'implantation d'habitation, de commerces et services moins aisée et donc la déserte en transport collectif moins importante.

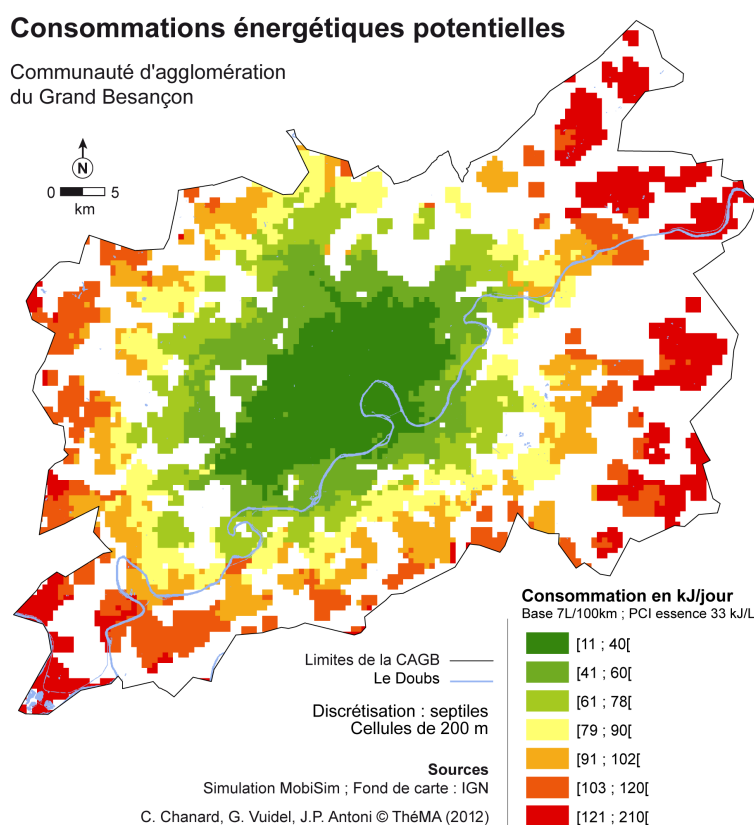


Figure 4 : Etiquettes énergétiques du Grand Besançon

6. Conclusion : enjeux d'aménagement et de politique publique

Les indicateurs présentés dans cette communication sont construits selon une méthode reproductible qui permet de considérer les consommations d'énergie en lien avec

l'urbanisation et les mobilités urbaines dans les agglomérations françaises, indépendamment de leur localisation, de leur spécialisation socio-démographique et de leur taille.

Ces différents indicateurs tiennent compte des trois modes de transport classiques que sont la marche à pied, les transports en commun et les véhicules particuliers, bien que seuls les déplacements en voiture particulière soient pris en compte pour le calcul des consommations et des émissions. Ainsi, les espaces desservis par les transports en commun, où la probabilité de choisir ce mode est plus importante, sont considérés comme davantage vertueux que les espaces non desservis. De la même manière, plus les lieux de travail, de commerces, de services et de loisir sont localisés à proximité des habitations, moins les déplacements en voiture particulière sont importants, et donc moins les dépenses liées à la mobilité sont élevées. Ces résultats, certes intuitifs, montrent également que plusieurs solutions existent pour rendre un espace moins consommateur d'énergie et donc moins émetteur de GES : développer les lignes de transport en commun ; relocaliser les commerces, les services, les lieux de loisir à proximité des habitations ; identifier les densités de logement adéquates à construire compte tenu des distances moyennes à parcourir ; etc. L'action peut être engagée à la fois sur la forme urbaine, en particulier des réseaux de transport, et sur la localisation des fonctions urbaines.

Les étiquettes énergétiques apparaissent plus spécifiquement comme un outil d'aide à la décision, ce qui leur confère un rôle potentiel pour l'étude prospective de l'urbanisation et de la planification territoriale. L'objectif est désormais de proposer aux décideurs et aménageurs des indicateurs quantitatifs sur les consommations énergétiques des espaces en fonction de leur morphologie et de leurs fonctionnalités.

Références bibliographiques

Alterre Bourgogne, 2007, *Cartographie de la vulnérabilité énergétique des ménages bourguignons*, Rapport technique, 61 p.

Antoni J.P., Fléty Y., Vuidel G., De Sède-Marceau M.H., 2009, *Vers des indicateurs locaux de performance énergétique : les étiquettes énergétiques territoriales*. Rapport de recherche 0804C0129 pour le compte de l'ADEME. 47 p.

Antoni J.P., 2010, *MobiSim : un modèle multi-agents et multi-scalaire pour modéliser les mobilités urbaines*. In : Antoni J.P. (ss. dir.), *Modéliser ville. Forme urbaine et politiques de transport*, pp. 124-148.

Cauvin C. Escobar F., Serradj A., 2008, *Cartographie thématique. Tome 3 : méthodes quantitatives et transformations attributaires*, Hermès-Lavoisier, 28 p.

Chanard C., 2011, *Territoire et énergie : politiques locales, échelles d'intervention et instruments de mobilisation, de connaissance et d'action*, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, 309 p.

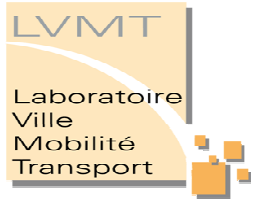
COPERT, logiciel de modélisation des émissions polluantes imputables aux transports routiers, version 4, site officiel du projet en ligne le 12/05/2009, <http://lat.eng.auth.gr/copert/>

Crane R., 2000, *The Influence of Urban Form on Travel : An Interpretative Review*, *Journal of Planning Literature*, n°15, pp.3-23.

Devalière I., 2008, *Au-delà des impayés d'énergie, comment évaluer la précarité énergétique*, *Espace, population, société*, 1, pp. 191-201.

Dodson J., Sipe N., 2007, *Oil Vulnerability in the Australian City: Assessing Socioeconomic Risks from Higher Urban Fuel Prices*, *Urban studies*, Vol.44, n°1, pp.37-62

- Ewing R., Cervero R., 2001, Travel and the built environment. A synthesis. *Transportation Research Record*, n°1780, pp.87-113.
- Grenier A., 2007, Ville et Énergie, spécificité et complexité de la question en France, *Les annales de la recherche urbaine*, 103, pp. 129-136.
- Handy S., 1996, Methodologies for exploring the link between urban form and travel behaviour, *Transportation Research Part D*, Vol 1, n°2, pp.151-165.
- IEA (International Energy Agency), 2009, *Key World Energy Statistics*, 82 p.
- Masson S., 2000, *Les interactions entre système de transport et système de localisation en milieu urbain et leur modélisation*, Thèse de Doctorat, Université Lyon 2, 566 p.
- Minoustchin M., 2010, *Les politiques publiques européennes de lutte contre la précarité énergétique : étude comparative des dispositifs existants*, l'Observatoire des précarités énergétique et hydrique du groupe GDF SUEZ, 41 p.
- Newman P., Kenworthy, J., 1989, *Cities and Automobile Dependence: A Sourcebook*, Aldershot: Gower Technical.
- Nicolas J.-P., Vanco F., Verry D., 2012, Mobilité quotidienne et vulnérabilité des ménages, *Revue d'économie régionale & urbaine*, n°1, pp.19-44.
- OFGEM, 2006, *Defining fuel poverty in the United Kingdom*, London
- Orfeuil J.-P., 2000, La mobilité locale : toujours plus loin et plus vite, in BONNET M., DESJEUX D., (dir.), *Les territoires de la mobilité*, PUF, collection sciences sociales et société, Paris, 224 p.
- Pouyanne G., 2004, *Forme Urbaine et Mobilité Quotidienne*, Thèse de doctorat, Université Montesquieu-Bordeaux IV, 301 pp.
- Raux C., 2007, Habitat et déplacements dans les aires urbaines, *Annales de la recherche urbaine*, n°103, pp. 30-41.
- Sjorgen J., Andersson S., Olofsson T., 2007, An approach to evaluate the energy performance of buildings based on incomplete monthly data, *Energy Buildings*, n°39, pp.945-953



Réunion 11^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

Karlsruhe, 23 au 27 mai 2012

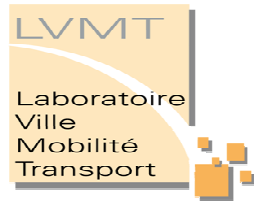
PROSPEG : modèle de PRévision de l'Occupation du Sol pour la Prospective Energétique et les émissions des GES à l'échelle de l'agglomération

**Seghir ZERGUINI (seghir.zerguini@enpc.fr)
LVMT (Université Paris-Est)**

Karlsruhe, le 25 mai 2012

Plan de la présentation

- **Contexte et travaux réalisés dans le projet ASPECT**
 - Le consortium
 - Les objectifs & enjeux du projet
 - Contraintes et verrous
 - L'approche adoptée
- **Élaboration du modèle d'usage du sol PROSPEG**
 - Le modèle global
 - L'articulation du modèle LUTI
 - La fonction d'utilité des ménages
 - Le mécanisme d'affectation spatiale des ménages
- **Application sur l'agglomération mulhousienne**
 - Les caractéristiques de l'agglomération
 - La calibration de PROSPEG
 - Scénario prospectif



11^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

Karlsruhe, 23 au 27 mai 2012

Le projet ASPECT 250

**Approche systémique pour les Plans Climat-
Energie Territoriaux : mise en perspective 2050**

Le projet ASPECT 2050

Les partenaires du consortium



Financements



Le projet ASPECT 2050

Objectifs & enjeux

Les objectifs du projet ASPECT 2050 sont :

- Mise au point d'une méthodologie permettant d'élaborer, de suivre et de prédire les effets des Plans Climat-Energie Territoriaux (PCET) à l'échelle des agglomérations.
- Analyser les interactions multisectorielles comme les formes urbaines, la mobilité et la gestion de l'énergie et leurs effets sur la consommation de l'énergie et les émissions de GES.

Le projet ASPECT 2050

Contraintes et verrous

- ❑ Absence d'un modèle LUTI dans le commerce qui permet de répondre aux exigences du projet ASPECT
- ❑ Difficultés d'adapter les modèles LUTI existants qui sont au stade R&D
- ❑ Contraintes de délais liées au projet ASPECT

Le projet ASPECT 2050

Approche adoptée

- **Elaborer sur une plate-forme multi-agents (AnyLogic) un outil informatique US (usage du sol) simplifié (modèle d'équilibre) mais qui prend en compte les particularités du projet ASPECT**
- **Cet outil permettra pour un horizon donné de prévoir l'occupation du sol pour chaque zone et d'en déduire les consommations d'énergie et émissions GES relatives aux secteurs : transport et mobilité, construction et bâtiment, génie urbain, urbanisme et logement et activités économiques**



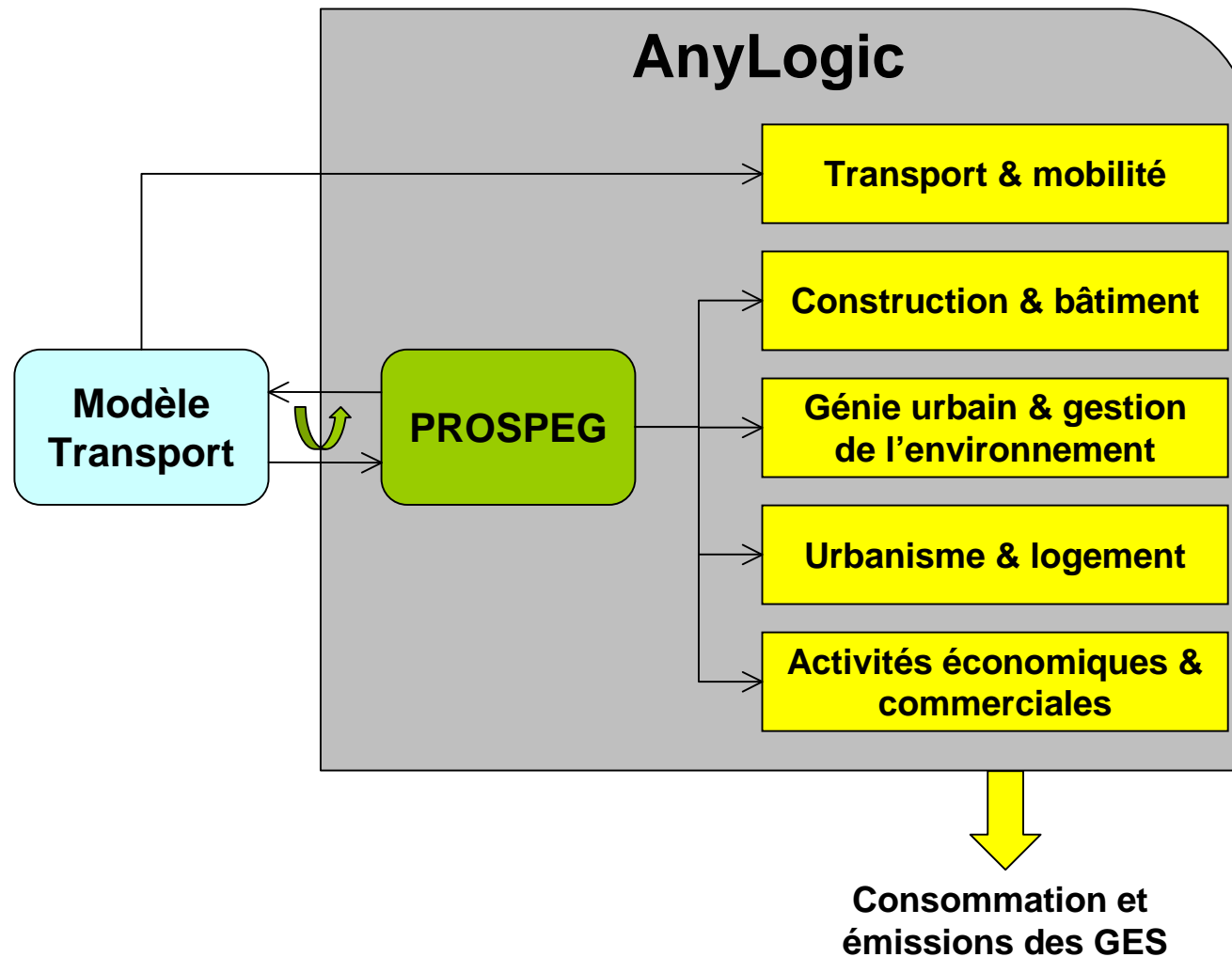
11^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

Karlsruhe, 23 au 27 mai 2012

Élaboration du modèle d'usage du sol PROSPEG

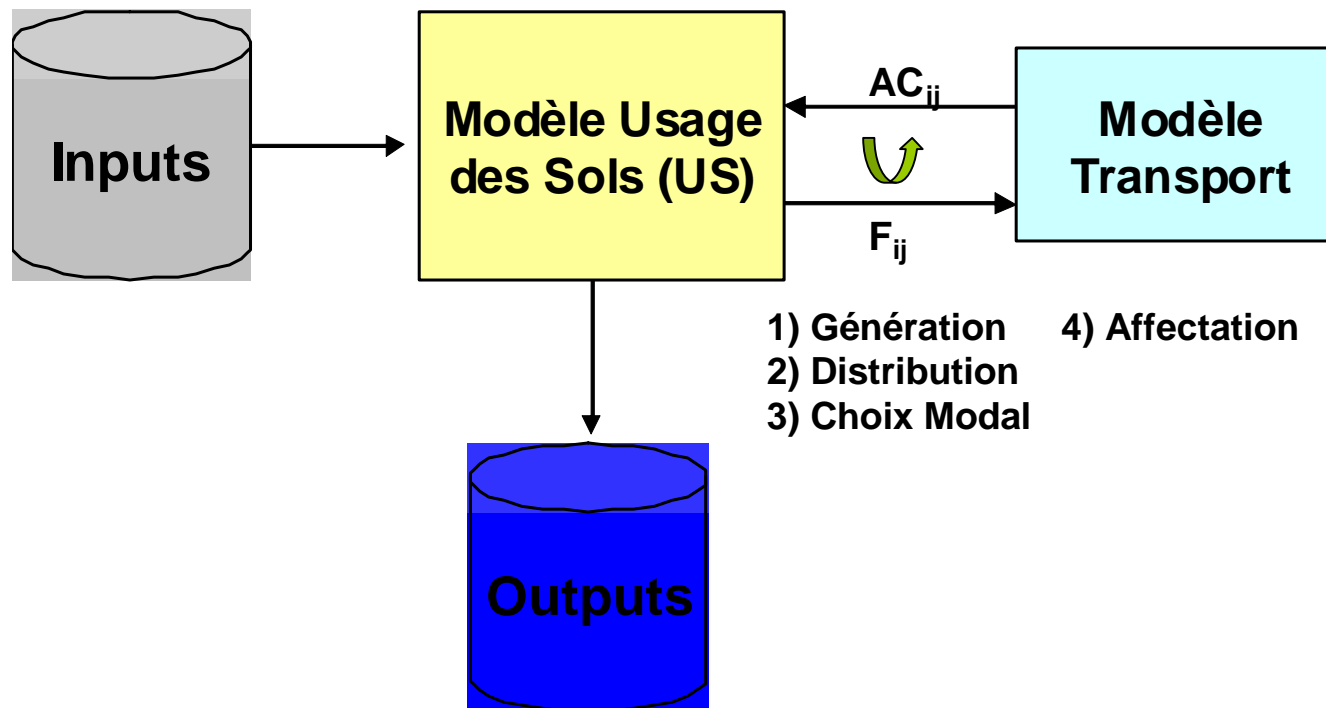
Élaboration du modèle usage du sol (PROSPEG)

Modèle global



Élaboration du modèle usage du sol (PROSPEG)

Articulation des modèle US – T



Élaboration du modèle usage du sol (PROSPEG)

Fonction d'utilité

$$U = \alpha_1 AC + \alpha_2 NO + \alpha_3 SL - EA - FE - P_x SL$$

Avec :

- Accessibilité (AC) de la zone considérée vers les autres zones
- Notoriété (NO) de la zone considérée. Cette composante de l'utilité intègre tous les avantages qui ne sont pas dans les autres composantes comme l'accessibilité par exemple. Il traduit par exemples les aspects de qualité de l'habitat (standing,...) et l'environnement immédiat (espaces verts, présence de monuments architecturaux,...)
- Surface du logement (SL) désirée
- Equipement automobile (EA) de la zone considérée
- Facture énergétique (FE) de la zone considérée (énergie liée au logement comme le chauffage, ECS, électricité spécifique,...)
- Prix du logement (Px) au m²
- α_i : paramètres à calibrer en fonction des classes de revenu des ménages

Élaboration du modèle usage du sol (PROSPEG)



Le mécanisme d'affectation spatiale des ménages

Modèle d'équilibre multi-agents

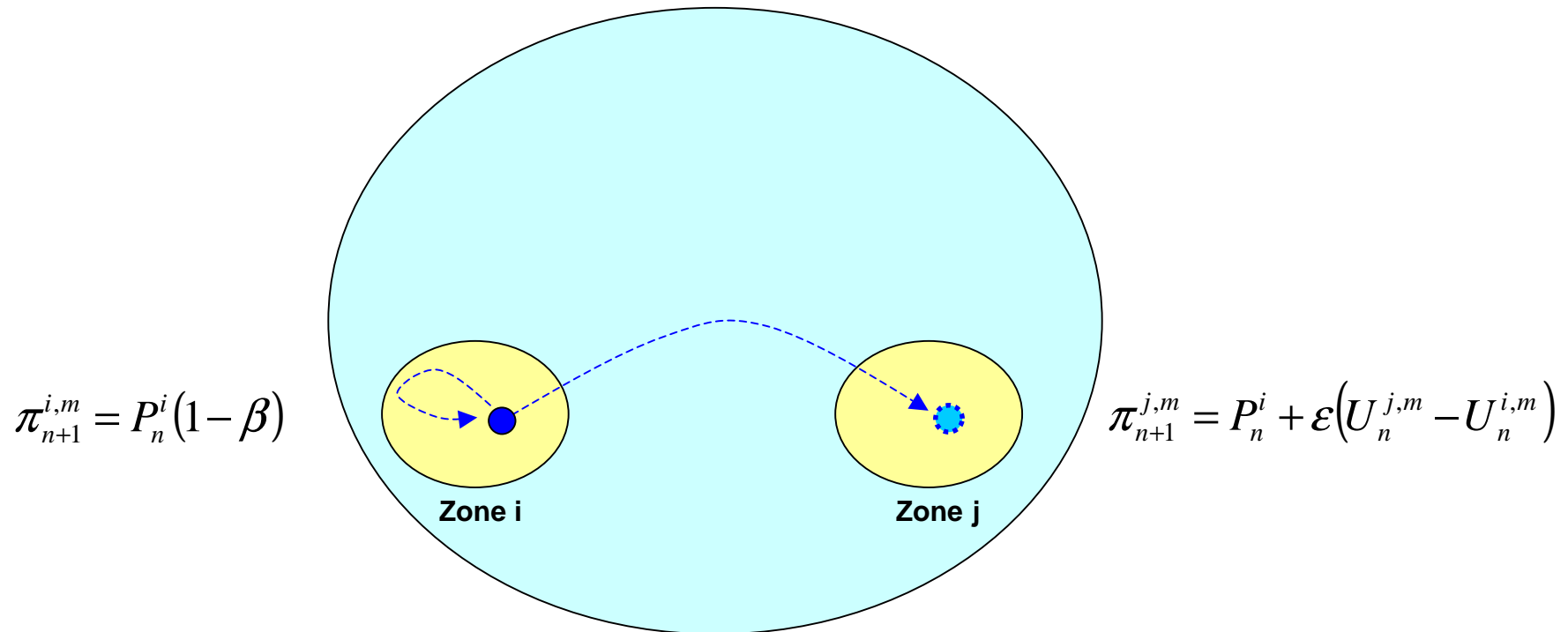
- Chaque ménage tiré au sort va se localiser en cherchant à maximiser son utilité
- Les zones ont une capacité limitée en terme d'offre de logement

Seize catégories de ménages sont modélisées en croisant :

- La taille de ménage (1, 2, 3 et 4 personnes par ménage)
- La classe socioprofessionnelle du ménage
 - CSP+ Occupé
 - CSP+ Non Occupé
 - CSP- Occupé
 - CSP- Non Occupé

Élaboration du modèle usage du sol (PROSPEG)

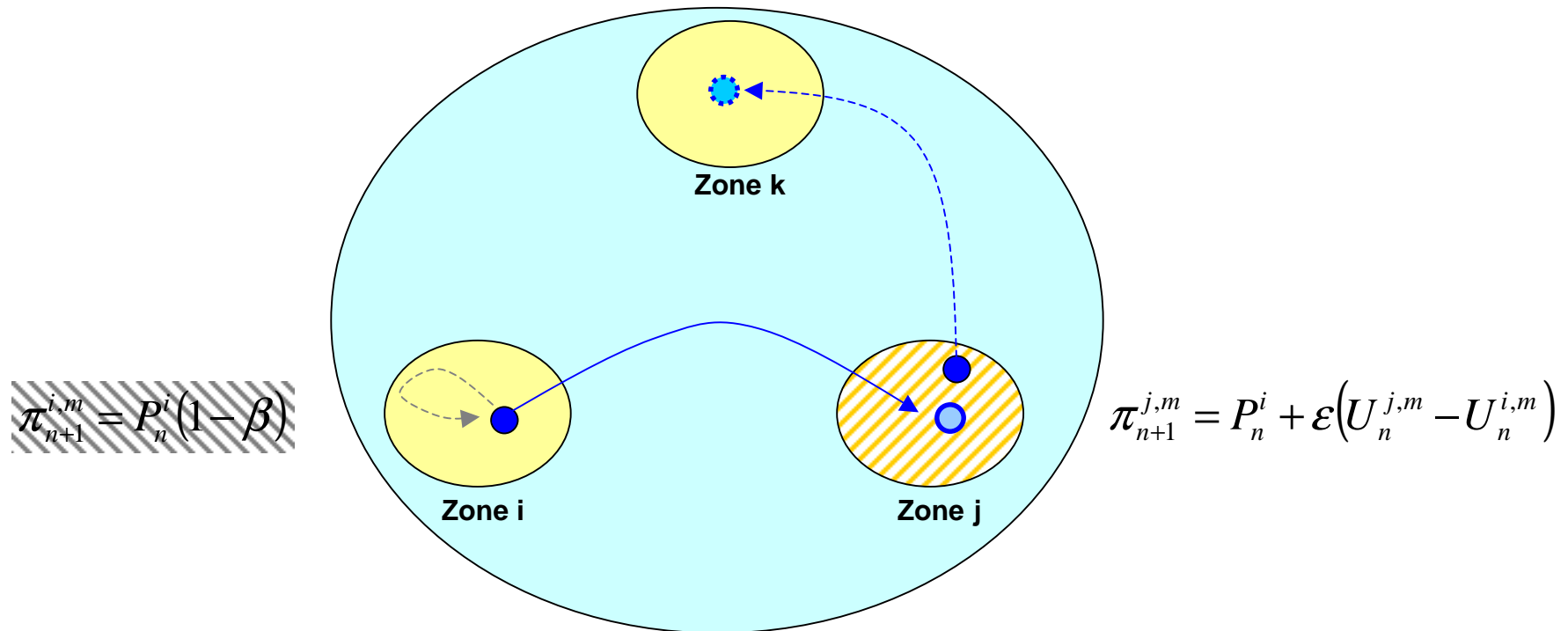
Le mécanisme d'affectation spatiale des ménages



- Si $U(\pi_{n+1}^j) > U(\pi_{n+1}^i)$ alors le ménage déménage en j et le prix de la zone j devient le prix de l'enchère que vient de faire le ménage π_{n+1}^j
- Si $U(\pi_{n+1}^j) \leq U(\pi_{n+1}^i)$ Alors le ménage m renonce au déménagement et le prix de la zone i devient le prix avec rabais π_{n+1}^i

Élaboration du modèle usage du sol (PROSPEG)

Le mécanisme d'affectation spatiale des ménages

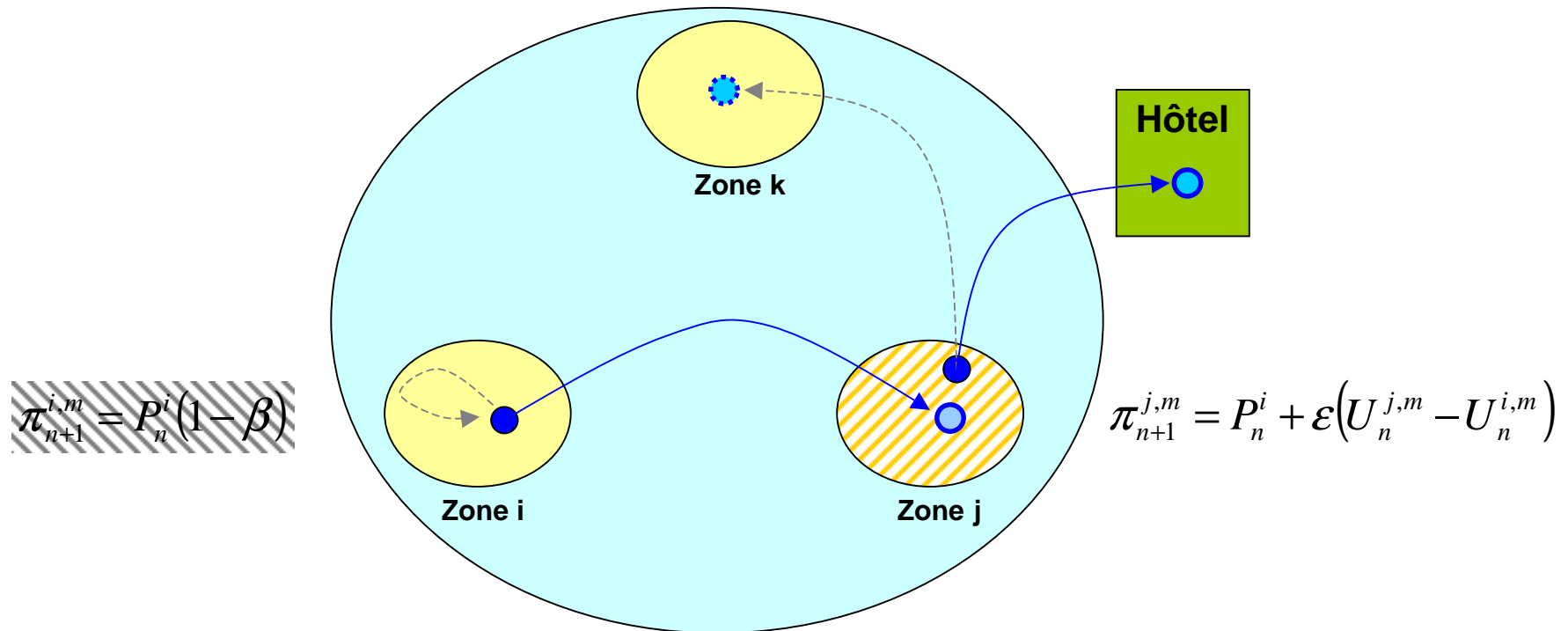


On déplace quand même le ménage m de la zone i vers la zone j .

Et on prend un ménage m' qui a la plus faible utilité dans la zone j et on simule sa relocalisation dans la zone k tirée au sort.

Élaboration du modèle usage du sol (PROSPEG)

Le mécanisme d'affectation spatiale des ménages



Si l'utilité du ménage m' est plus faible ou égale dans la zone k que la zone j : $U_{n+1}^{j,m'} > U_{n+1}^{k,m'}$

Alors on met le ménage m' dans la zone « Hôtel ».



11^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

Karlsruhe, 23 au 27 mai 2012

Application sur l'agglomération mulhousienne

Application sur l'agglomération mulhousienne

Les caractéristiques socio-économiques

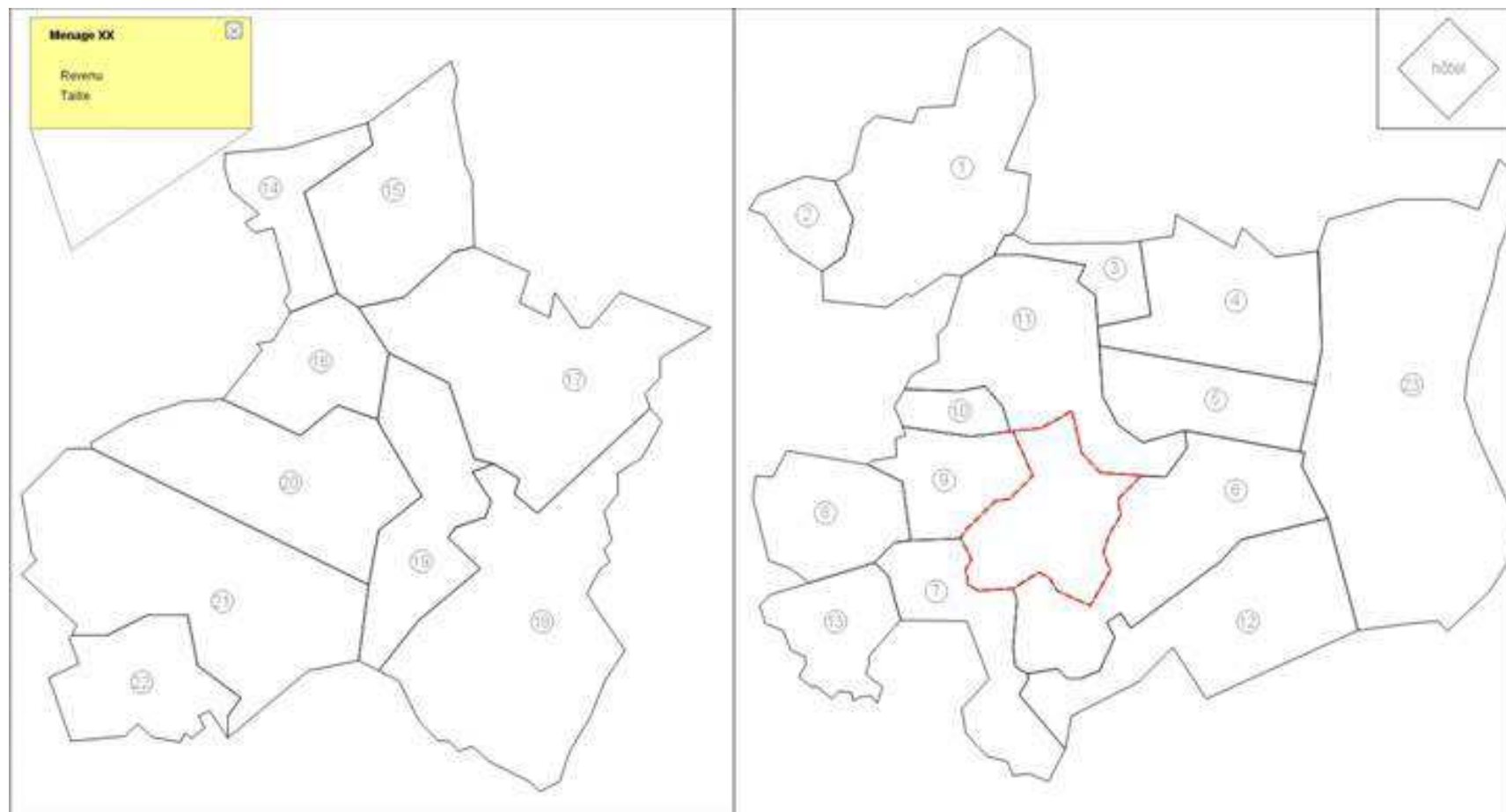
La situation géographique



Application sur l'agglomération mulhousienne

Les caractéristiques socio-économiques

Le zonage



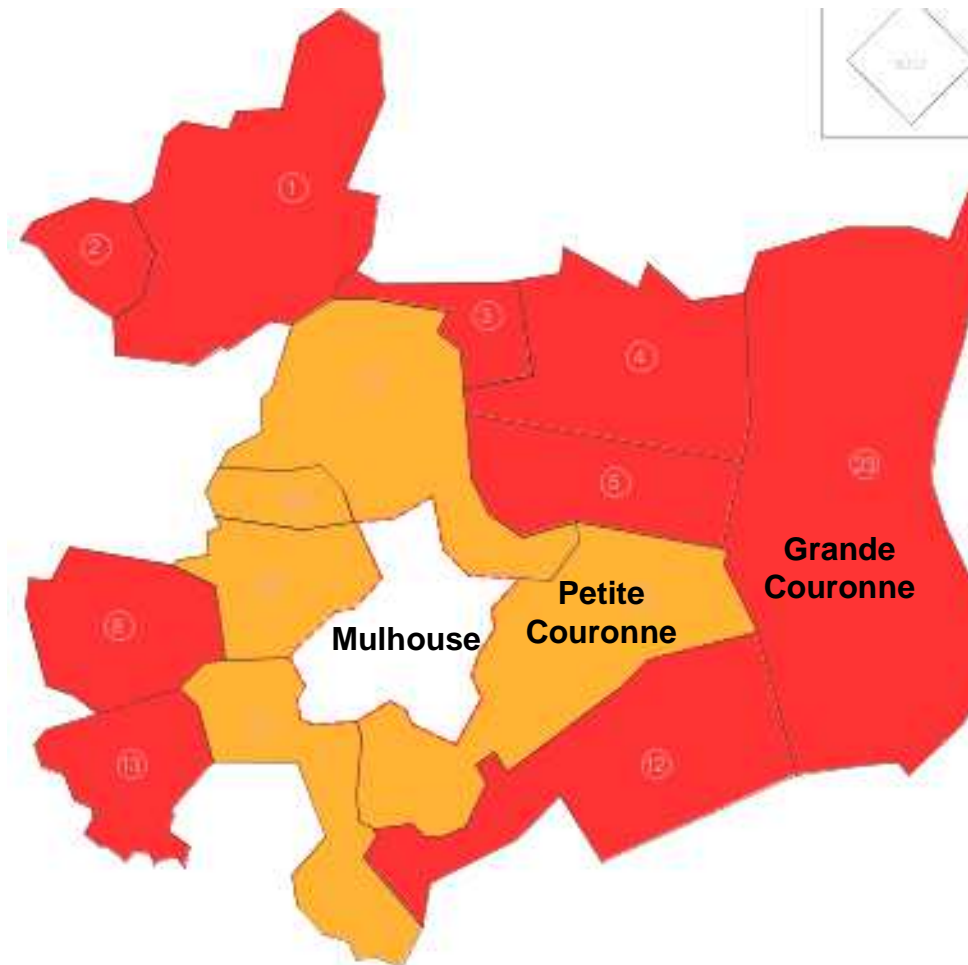
Mulhouse

Agglomération

Application sur l'agglomération mulhousienne

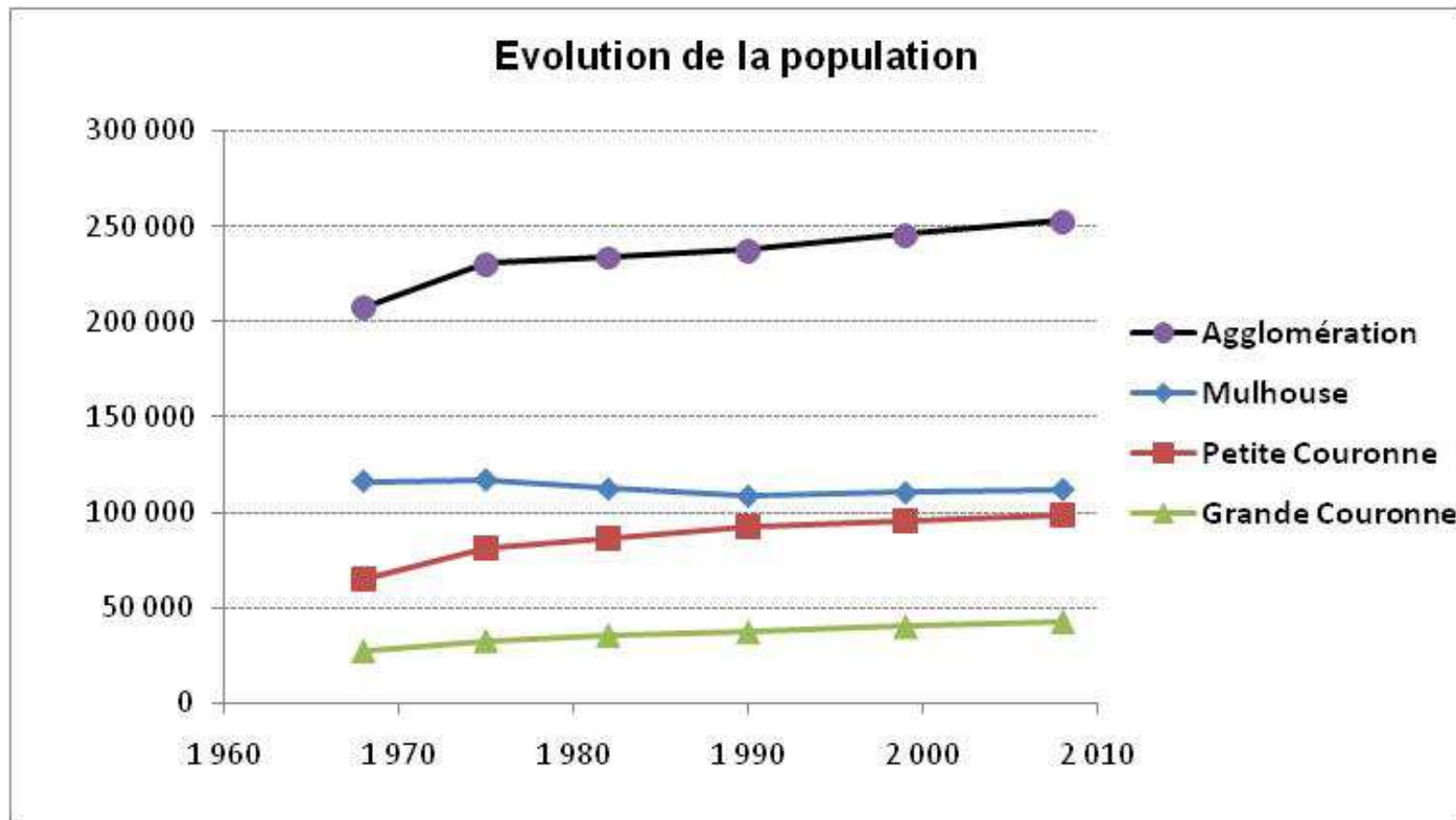
Les caractéristiques socio-économiques

Définition d'un macro-zonage



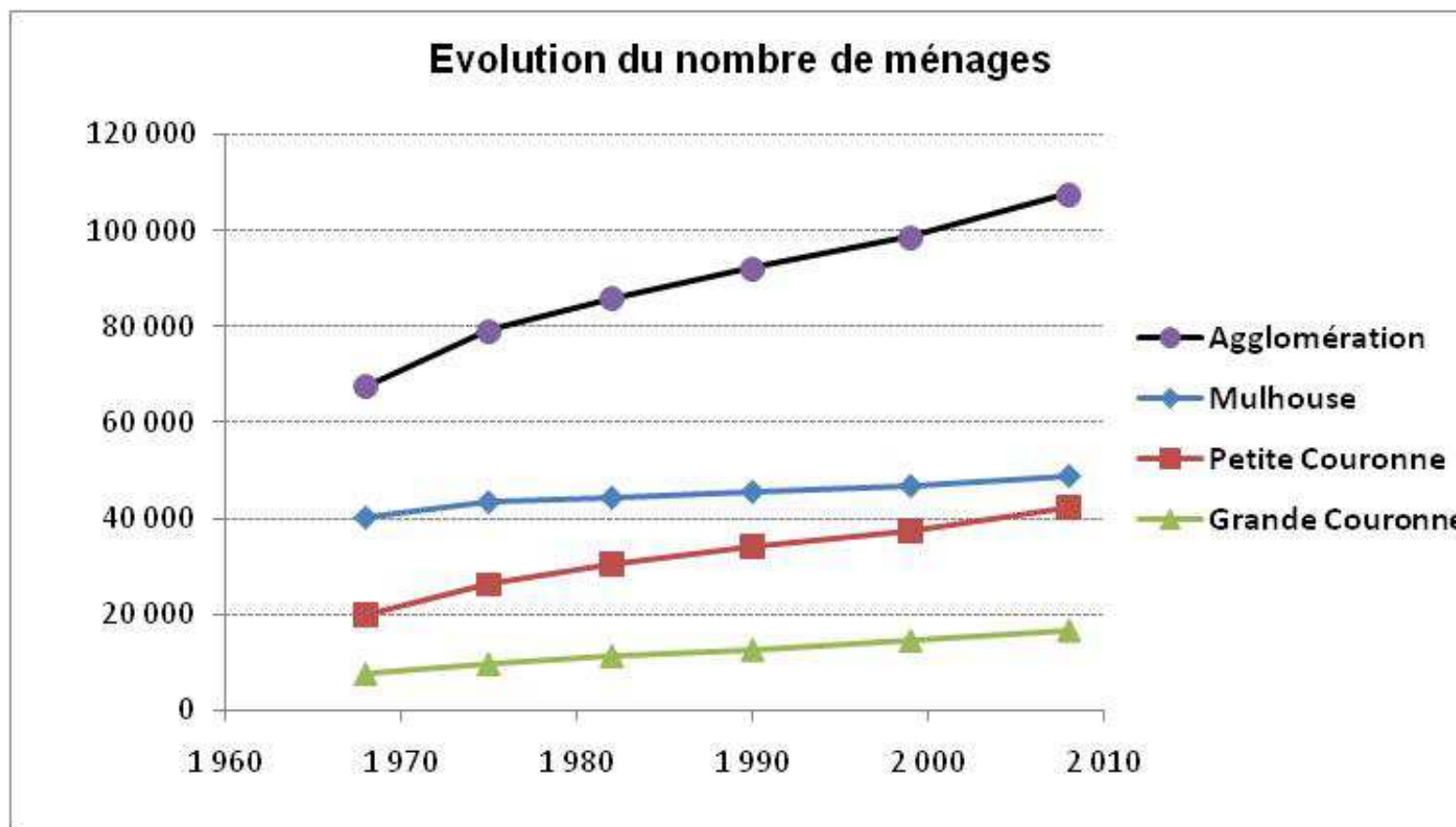
Application sur l'agglomération mulhousienne

Les caractéristiques socio-économiques



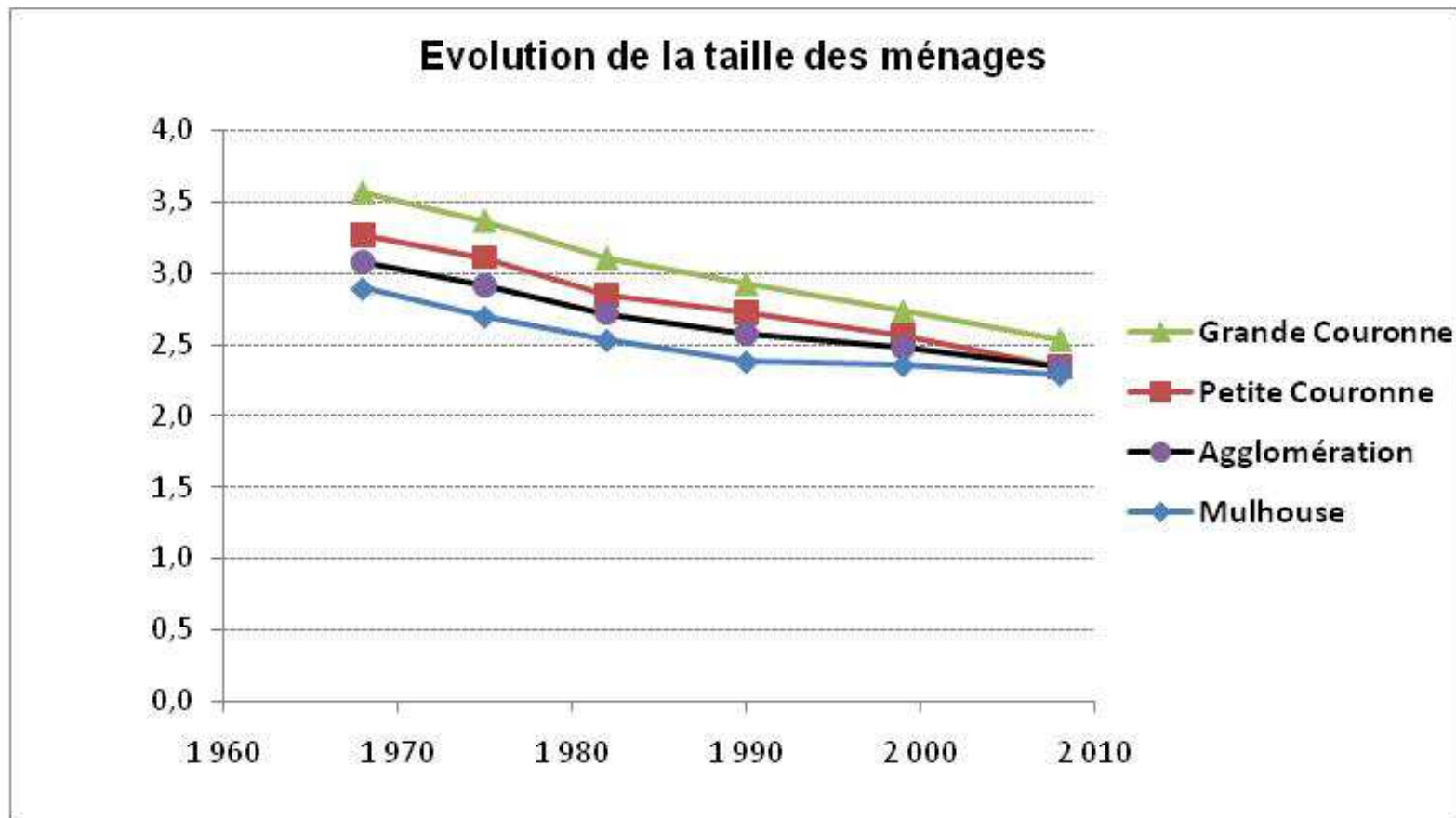
Application sur l'agglomération mulhousienne

Les caractéristiques socio-économiques



Application sur l'agglomération mulhousienne

Les caractéristiques socio-économiques



Application sur l'agglomération mulhousienne

Les caractéristiques socio-économiques

Les données par zones

Zone	Surface construite (m ²)	Prix €/ m ² meilleursagents.com (2011)	Prix annuel €/ m ² (15 ans)	AC	NO	FE(€/ m ²)
1	480 296	1 994	133	0,44	51,79	17,31
2	49 716	1 705	114	0,54	40,00	13,63
3	98 560	1 607	107	0,37	44,00	16,50
4	156 823	1 629	109	0,33	44,00	16,38
5	217 149	1 894	126	0,30	44,00	15,07
6	1 300 471	1 786	119	0,36	46,39	15,25
7	317 623	1 656	110	0,46	43,02	15,09
8	78 167	2 314	154	0,46	52,00	14,26
9	563 589	1 959	131	0,42	50,88	14,59
10	140 251	1 914	128	0,40	49,71	17,22
11	1 492 581	1 774	118	0,29	52,00	15,88
12	477 440	1 725	115	0,35	50,00	15,38
13	95 931	1 607	107	0,40	50,00	14,43
14	145 184	1 459	97	0,50	37,89	16,49
15	208 534	1 459	97	0,44	37,89	16,37
16	159 466	1 459	97	0,50	37,89	15,19
17	879 834	1 459	97	0,48	37,89	15,44
18	464 359	1 459	97	0,44	37,89	13,20
19	478 566	1 459	97	0,45	37,89	18,17
20	561 261	1 459	97	0,48	37,89	17,18
21	387 252	1 459	97	0,51	37,89	15,57
22	268 662	1 459	97	0,48	37,89	13,60
23	280 093	1 807	120	0,44	46,93	16,04

Application sur l'agglomération mulhousienne

La calibration du modèle PROSPEG

La calibration consiste à reconstituer la situation observée selon deux variables (prix de l'immobilier, nombre de ménages) sur les différentes zones de l'agglomération.

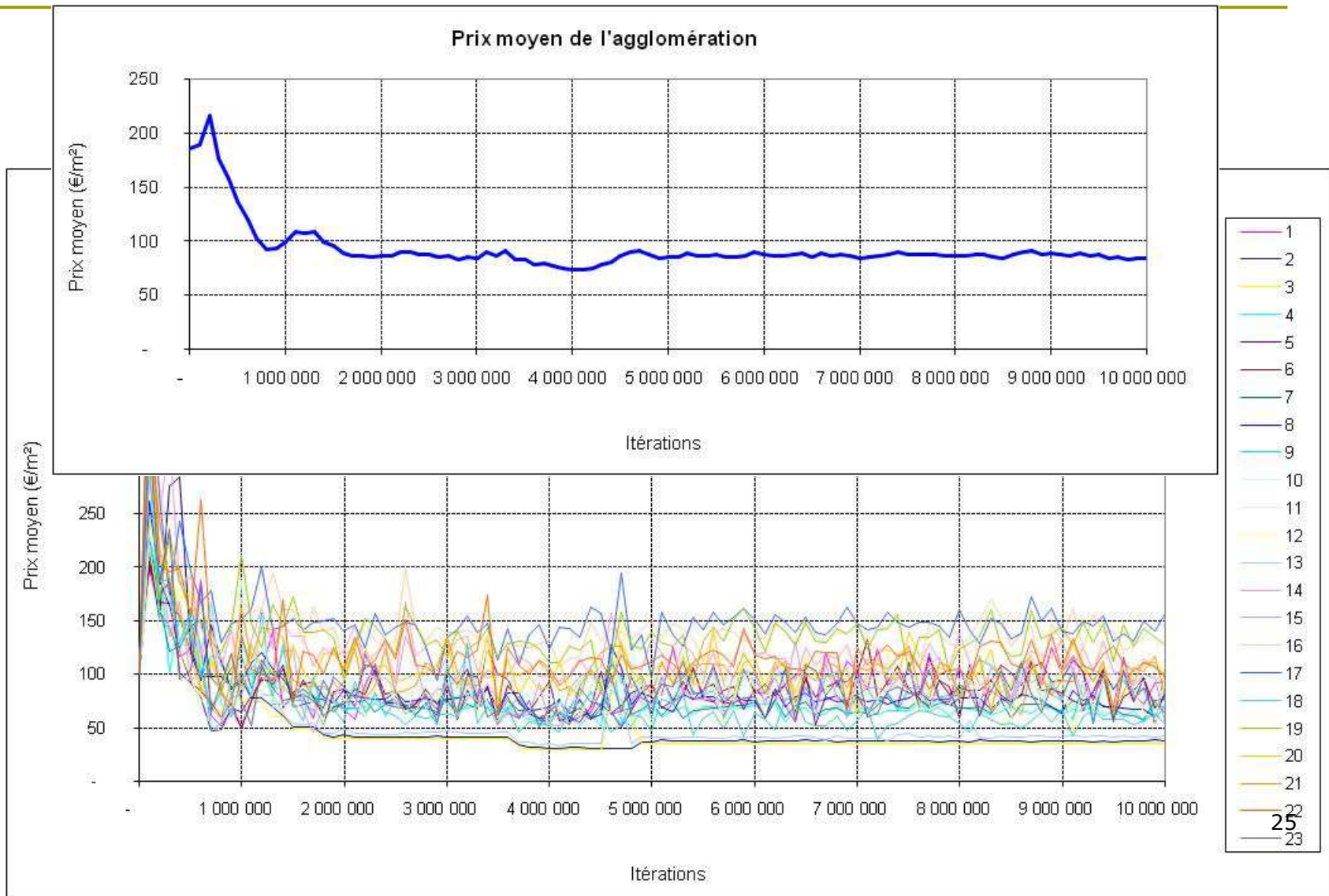
Dans un premier temps, il s'agit d'estimer la valeur de la notoriété (NO) pour chaque zone pour la situation actuelle (2008). Pour cette étape, qu'on désigne par le calage du modèle, on fixera 3 pondérations de la fonction d'utilité du couplet (AC, NO).

$$\frac{\alpha_1 AC}{\alpha_1 AC + \alpha_2 NO} = 25\%, 50\% \text{ et } 75\%$$

La validation du modèle consiste à vérifier la capacité de ce dernier à reconstituer les observations sur une période passée (1975 ou 1968). Ainsi, la couplet (AC, NO) de pondération de la fonction d'utilité qui donne de meilleurs résultats en retro-prospective sera considéré comme le plus pertinent en prospective.

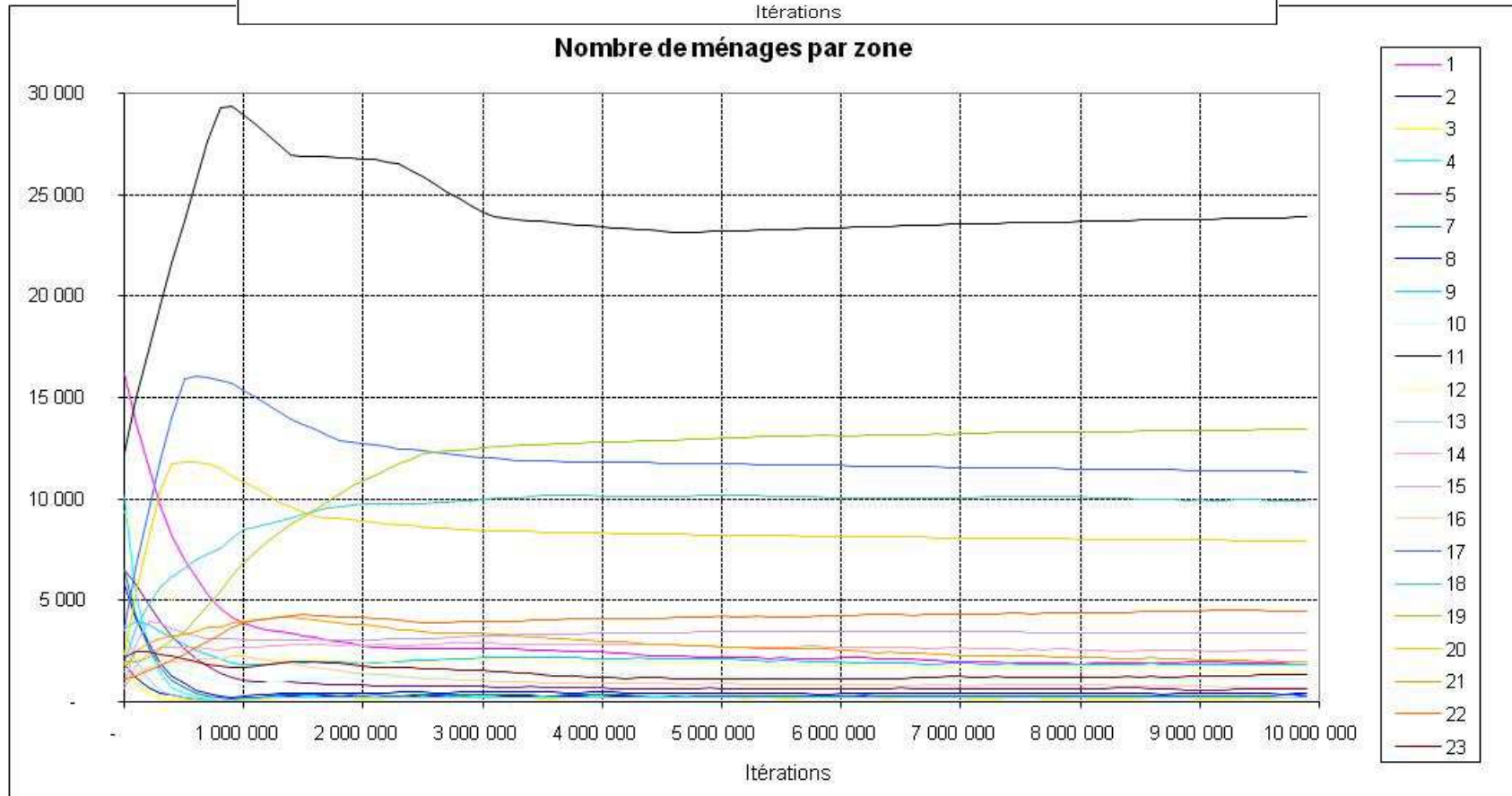
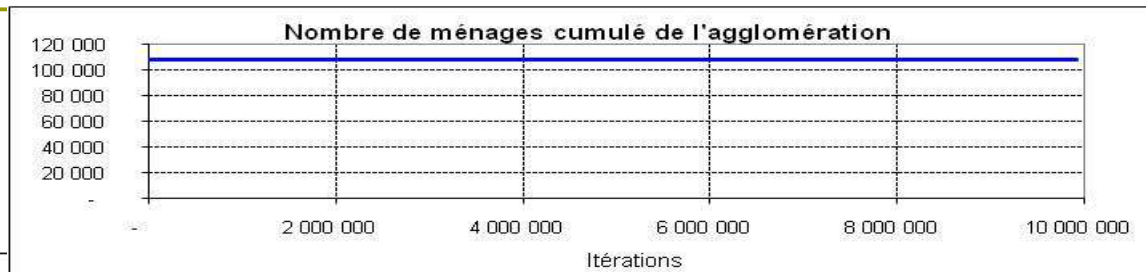
Application sur l'agglomération mulhousienne

Fonctionnement itératif du modèle



Application sur l'agglomération mulhousienne

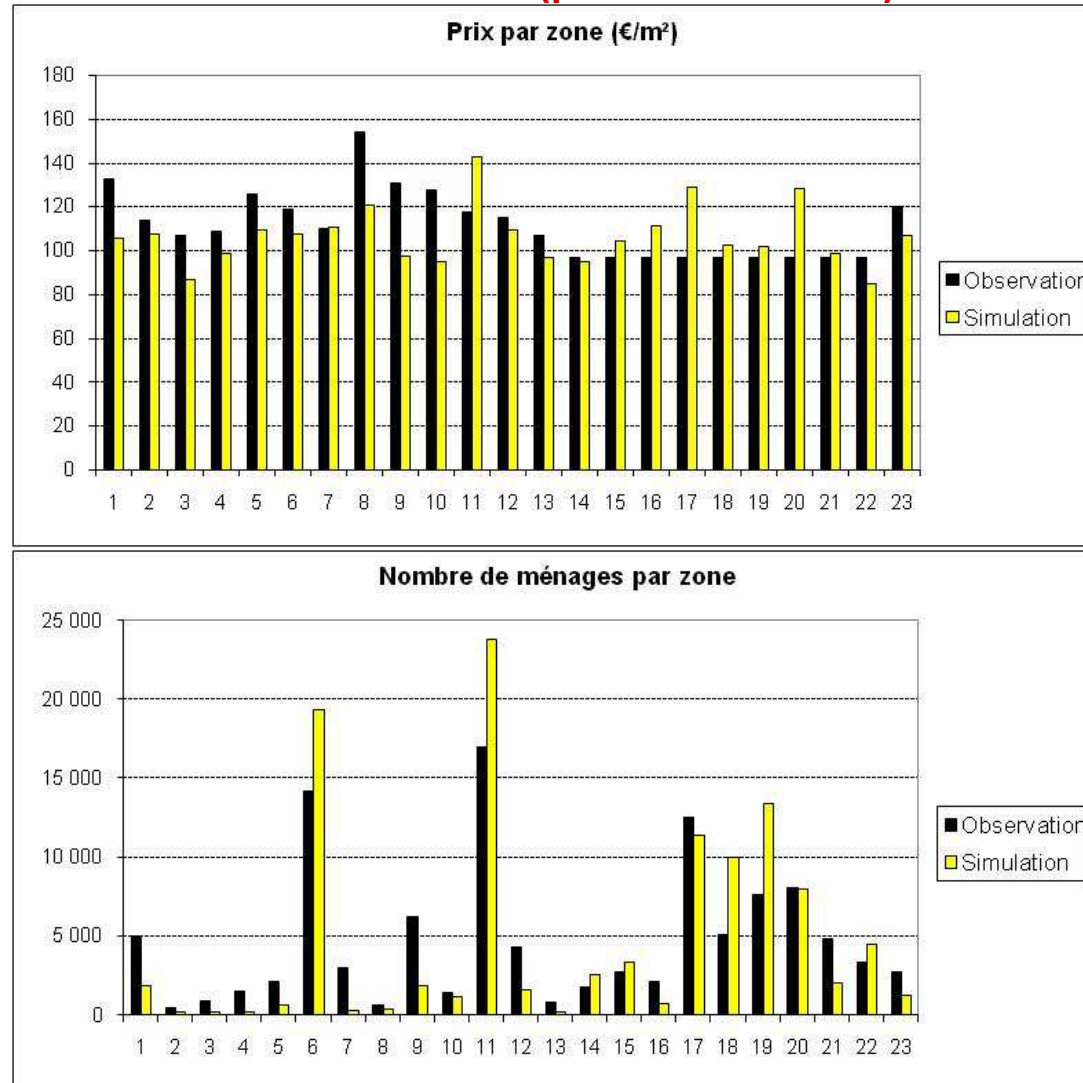
Fonctionnement itératif du modèle



Application sur l'agglomération mulhousienne

La calibration du modèle PROSPEG

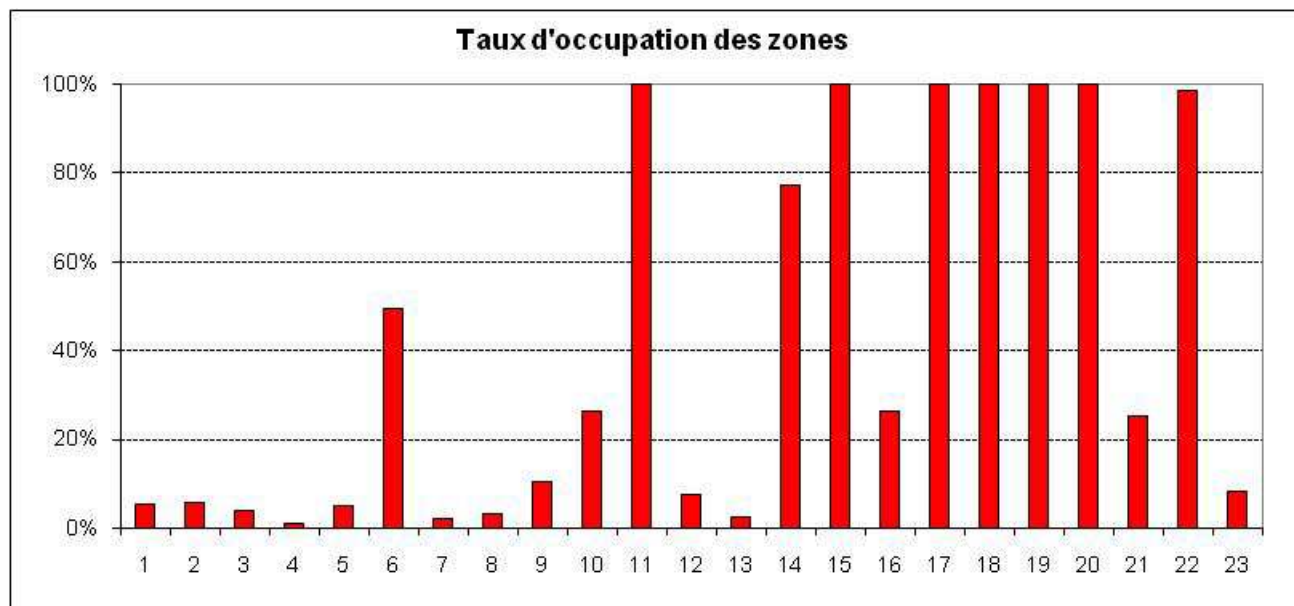
Le modèle calibré (pondération = 50%)



Application sur l'agglomération mulhousienne

La calibration du modèle PROSPEG

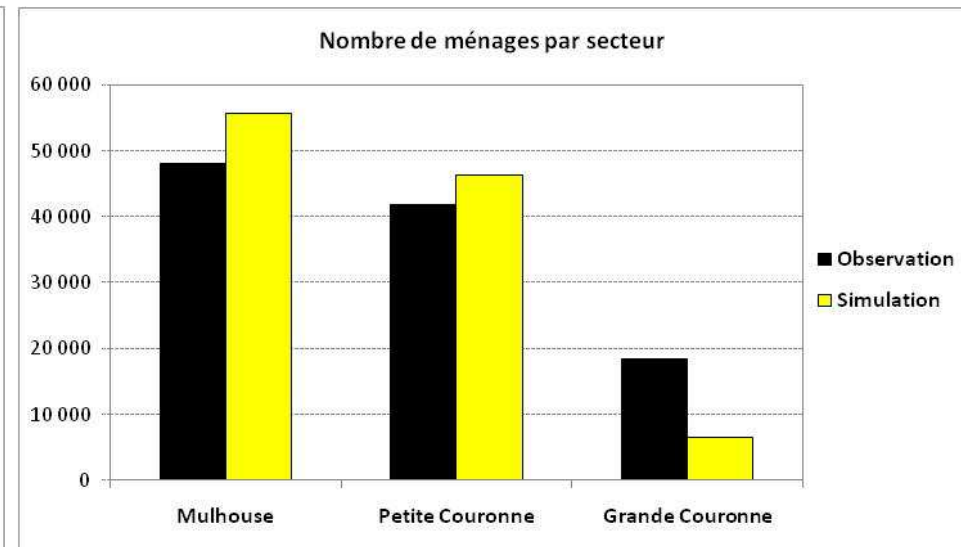
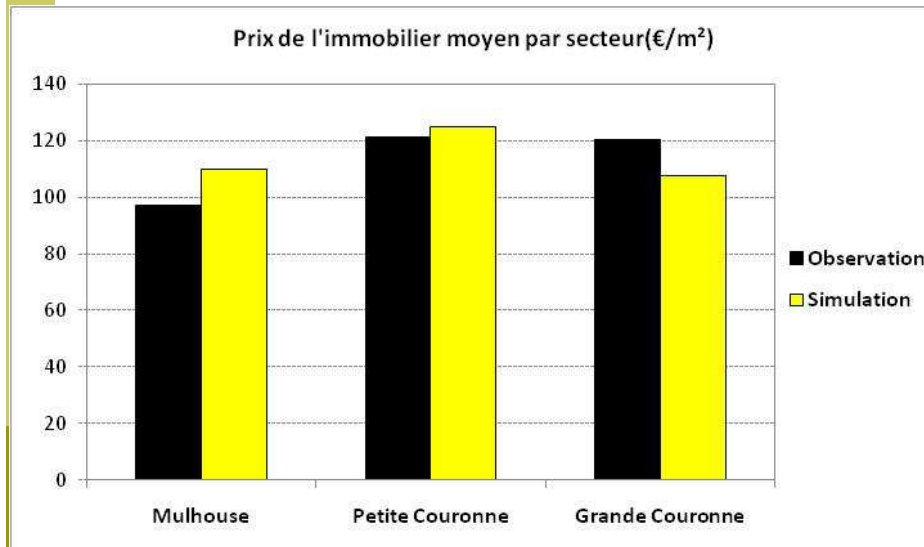
Le modèle calibré (pondération = 50%)



Application sur l'agglomération mulhousienne

La calibration du modèle PROSPEG

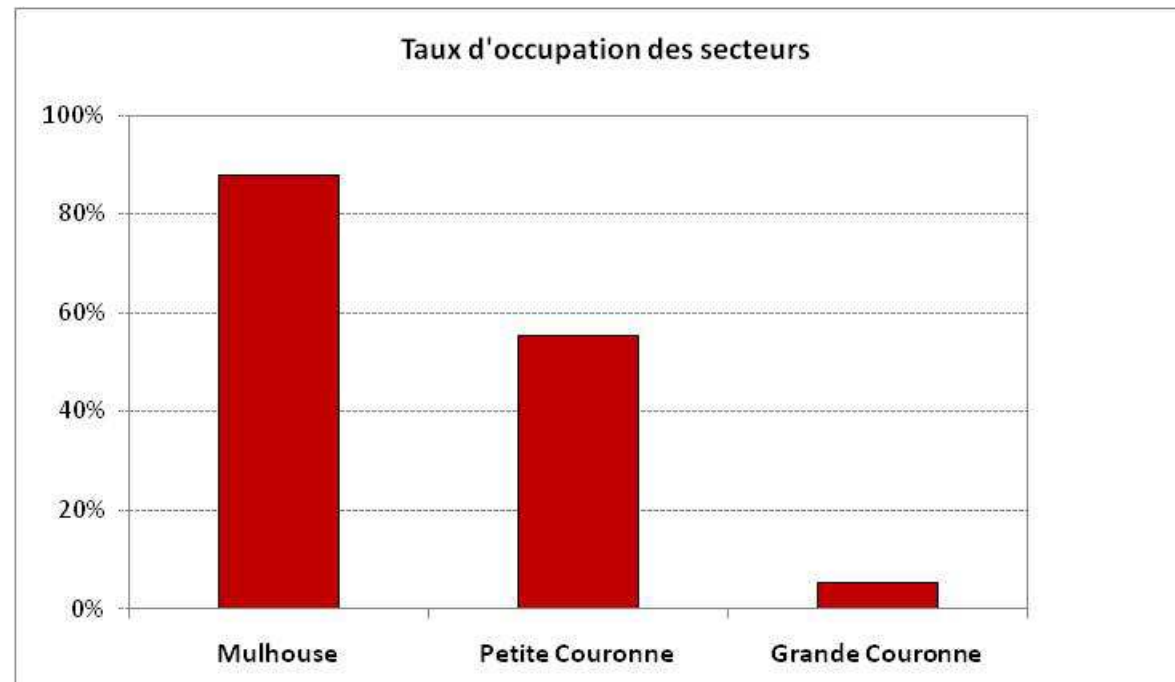
Le modèle calibré (pondération = 50%)



Application sur l'agglomération mulhousienne

La calibration du modèle PROSPEG

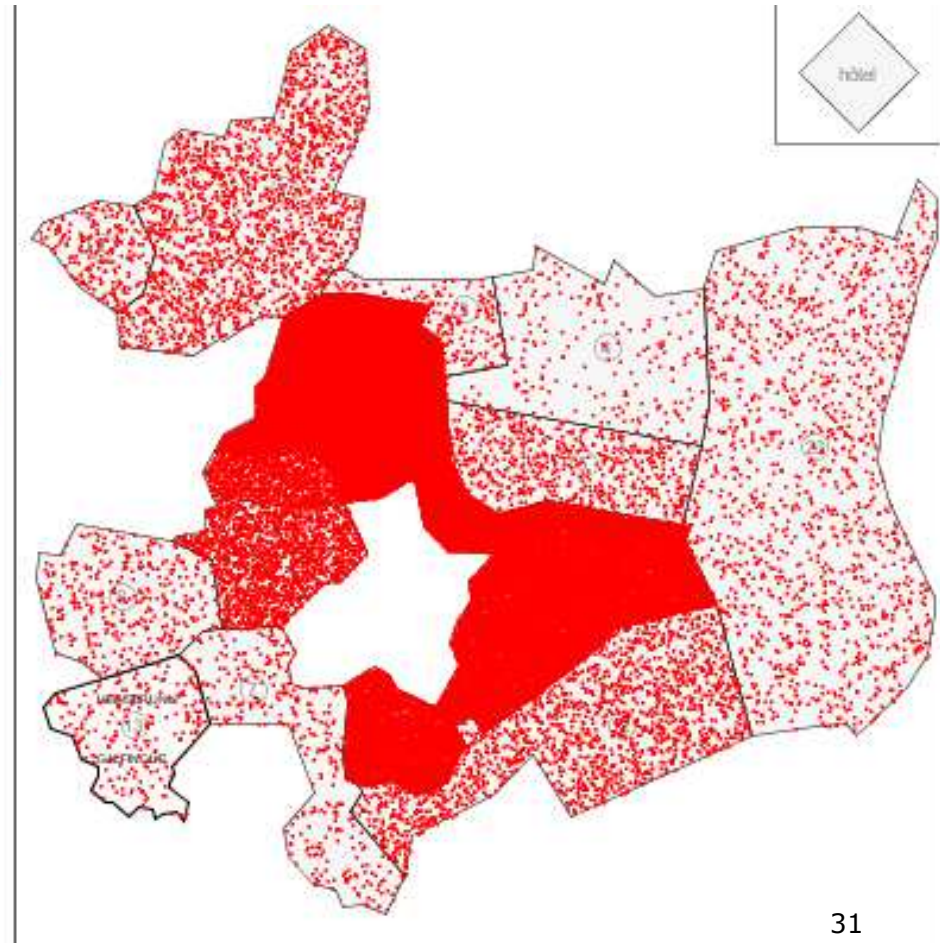
Le modèle calibré (pondération = 50%)



Application sur l'agglomération mulhousienne

La calibration du modèle PROSPEG

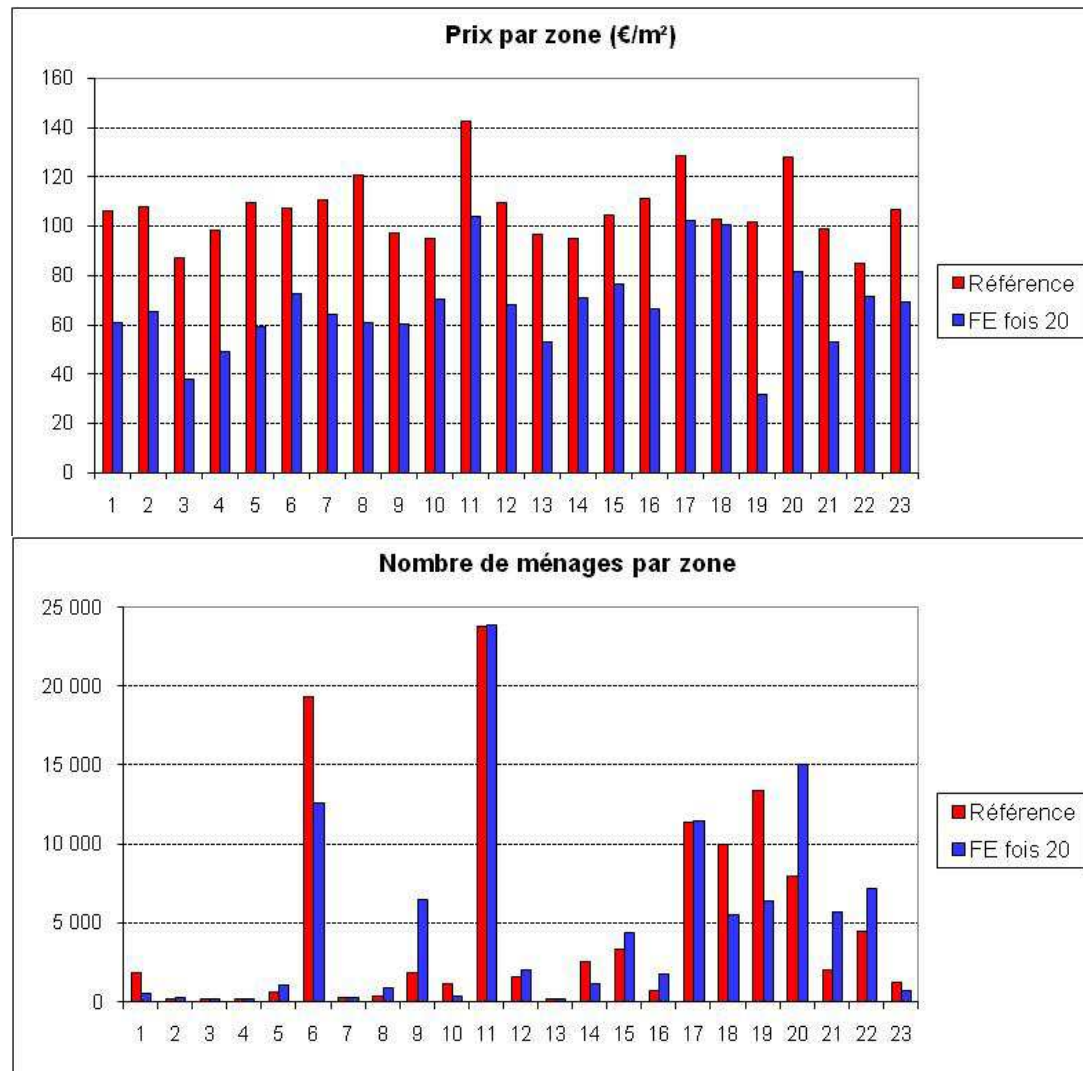
Le modèle calibré (pondération = 50%)



Application sur l'agglomération mulhousienne

Evaluation de l'effet de l'augmentation de la facture énergétique

Facture énergétique du logement multipliée par 20

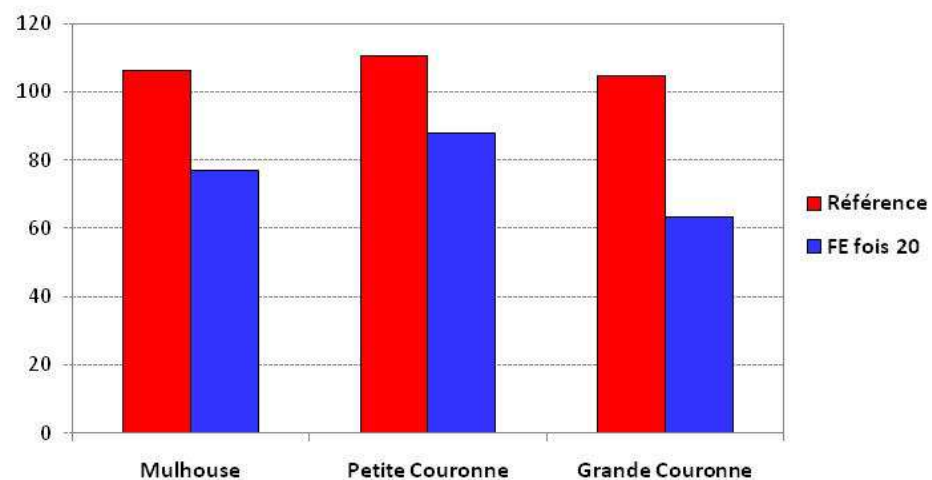


Application sur l'agglomération mulhousienne

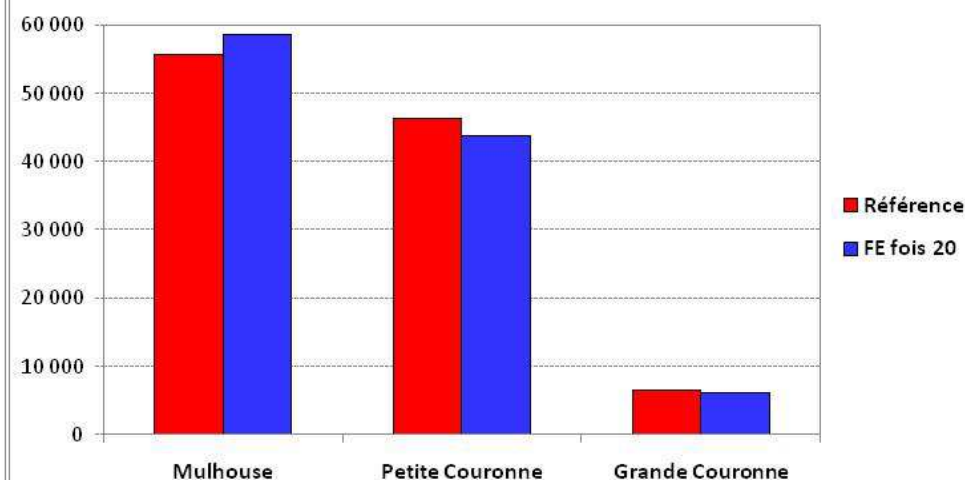
Evaluation de l'effet de l'augmentation de la facture énergétique

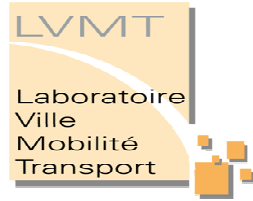
Facture énergétique du logement multipliée par 20

Prix de l'immobilier moyen par secteur(€/m²)



Nombre de ménages par secteur





11^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

Karlsruhe, 23 au 27 mai 2012

MERCI

Seghir ZERGUINI (*seghir.zerguini@enpc.fr*)

Université Paris-Est

LVMT

(Ecole des Ponts ParisTech, IFSTTAR, Université de Marne-la-Valée)

**11^{ème} séminaire francophone est-ouest
de socio-économie des transports**

Karlsruhe, 23 au 27 mai 2012

Transport, énergie, localisation
Analyses, outils et perspectives d'avenir

PROSPEG : modèle de **PR**évision de l'**O**ccupation du **S**ol pour la **P**rospective **E**nergétique et les émissions des **GES** à l'échelle de l'agglomération

Jean Laterrasse¹, Seghir Zerguini¹, Florent Le Néchet¹,
Simon Aulagnier², Monika Heider³, Markus Peter³

¹ : *Laboratoire Ville Mobilité Transport (Université Paris-Est)*

² : *BURGEAP*

³ : *EIFER (EDF/KIT)*

Abstract

L'objectif du projet ASPECT 2050, financé par l'ANR, est de proposer une méthodologie qui permette d'élaborer des Plans Climat-Energie Territoriaux (PCET) selon une approche systémique. Celle-ci est centrée sur le « noyau dur » des politiques territoriales constitué par l'ensemble « transport - bâtiment - occupation des sols » qui constitue un levier d'action essentiel pour les politiques publiques relevant des compétences des collectivités territoriales. Cette méthodologie s'appuie sur la mise au point de l'outil PROSPEG qui a pour ambition de permettre aux collectivités territoriales l'évaluation prospective des impacts attendus sur les plans des consommations d'énergie et des émissions de GES selon les scénarios d'aménagement retenus.

Pour répondre à cette fonction, l'outil PROSPEG doit prendre en compte non seulement les effets liés aux infrastructures de transport, mais à leurs multiples interactions avec les marchés fonciers et immobiliers, et avec les problématiques de localisation des résidences et des activités. Cela nous a amenés à développer un modèle d'usage des sols visant à reconstituer les choix résidentiels des ménages dans une agglomération, traités ici de manière endogène. Dans ce modèle, pour les résidences privées, l'affectation des ménages est assurée par une fonction d'utilité qui tient compte à la fois de leurs caractéristiques et de leurs attentes propres, via un mécanisme d'enchère, en faisant l'hypothèse, à notre sens plus réaliste que l'utilisation de lois de prix plus ou moins arbitraires (du type de la loi monocentrique) qu'il est possible de définir sur le territoire étudié des zones homogènes du point de vue du marché immobilier. Ce parti pris est notamment motivé par la nécessité d'intégrer dans les éléments d'arbitrage des ménages les consommations d'énergie, en particulier la facture énergétique liée au transport et au logement (chauffage, ECS, électricité spécifique,...). PROSPEG se distingue aussi d'autres outils existants par le fait qu'il prend en compte le parc de logements aidés (HLM,...) dans les choix résidentiels des ménages. Ce modèle en cours de développement sur une plateforme informatique multi-paradigmes (système dynamique et simulation orientée agent) est conçu pour l'évaluation de scénarios prospectifs à l'horizon 2050.

Le présent article s'articule en trois parties. La première situe l'apport et l'originalité de l'outil PROSPEG par rapport aux modèles LUTI (Land Use and Transport Interaction) existants. La seconde est consacrée à la présentation des principes de modélisation retenus dans le modèle PROSPEG. Enfin, la dernière phase est l'occasion de présenter les premiers résultats obtenus sur l'agglomération de Mulhouse.

Mots clés

Modèles LUTI, Consommation d'énergie, Emissions de GES, Prospective territoriale, Localisation résidentielle, Politiques publiques, Mécanisme d'enchères, Modèle multi-paradigmes, Modèle d'équilibre général, Utilité des ménages.

Abstrakt

Der vorliegende Beitrag beschreibt Ansätze und Ergebnisse, die im Rahmen des französisch-nationalen Forschungsprogramms der *Agence national de la recherche* (ANR) erarbeitet worden. Zu den gegenwärtigen Herausforderungen französischer Kommunen gehört neben der Erstellung konsistenter Klimaschutzkonzepte die strukturierte Anfertigung eines integrativen *Plans Climat-Energie Territoriaux* (PCET), der die prospektive Erfassung kommunaler und territorialer Treibhausgas-Emissionen als Grundlage einer vorausschauenden Stadtentwicklung erlaubt. Gegenstand ist dabei die Analyse und Abbildung von Wechselwirkungen von Verkehr, Gebäude und Bodennutzung im städtischen Umfeld, die mit mehr als 60 % zu den kommunalen Emissionen beiträgt. Zielsetzung der hier vorgestellten Methodologie sind, ausgehend von der vorhandenen Simulationsmethode PROSPEG, sowohl der Anspruch der Abbildung und Verfolgbarkeit des gegenwärtigen Standes der Emissionseinflussfaktoren von Kommunen und Gebietskörperschaften, als auch die Abschätzbarkeit von Auswirkungen der Implementierung spezifischer Maßnahmen in der Zukunft. Im vorliegenden Forschungsrahmen sollen insbesondere Abschätzungen bis in das Jahr 2050 vorgenommen werden können.

Auf der Basis der Definition städtisch-räumlicher Zonen zur Abbildung und Lokalisierung von Emissionen und auf Basis des vorgestellten Modells der Klassifizierung und Verteilung von Gebäudetypologien können die klassischen LUTI-Modelle (Land Use and Transport Interaction) mit hier vorgestellten Funktion, und hier insbesondere die spezifischen räumlichen Energieverbrauchsmuster, als Grundlage der Emissionsberechnungen dargestellt werden. Die Modellansätze (basierend auf System Dynamics Ansätzen und agentenbasierter Modellierung) sind damit in der Lage, unter Berücksichtigung der politischen Zielsetzung und Entscheidungen, Ansätze für die Abschätzungen des Emissionsverlaufs in Agglomerationen vorzunehmen.

Mit vorliegendem Papier beschreiben die Autoren in drei Phasen die Positionierung innerhalb vorhandener LUTI-Modelle, die Prinzipien der erweiterten Modellierung sektorieller Interaktion und geben abschließend Einblicke in erste Resultate. Zudem werden Ausblicke über die methodische Bewertbarkeit, die über die spezifischen französisch-nationalen Rahmenbedingungen der Erstellung eines PCET hinausgehen, dargestellt.

Stichwörter

LUTI Modelle, Energieverbrauchsmuster, Treibhausgasemissionen, Kommunale Energiepolitik, Verbrauchslokalisierung, Kommunale Gebäudebestandsmuster

I. Pertinence d'un modèle usage du sol

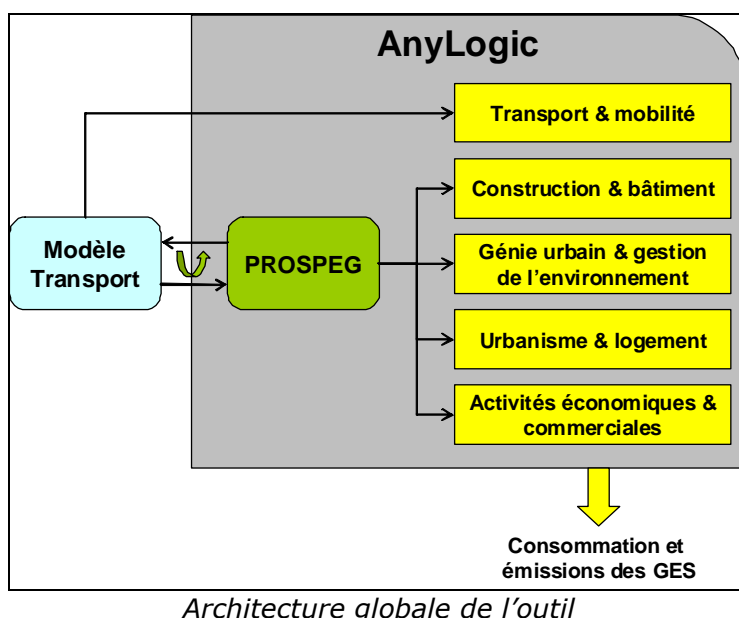
L'objectif du projet ASPECT 2050 est de proposer une méthodologie qui permette d'élaborer des Plans Climat-Energie Territoriaux (PCET) selon une approche systémique.

Dans le cadre de ce projet, nous avons fait le choix de développer un modèle LUTI (Land Use and Transport Interaction) afin d'effectuer des prévisions sur l'occupation du sol et d'en déduire la consommation énergétique et les émissions de GES du territoire considéré. En effet, à notre connaissance (IAU-IdF, 2011) les modèles LUTI existants n'intègrent pas des éléments de choix de localisation résidentielle des ménages comme la facture la facture énergétique liée au logement (chauffage, ECS, électricité spécifique,...). Ce modèle, nommé PROSPEG (PRévision de l'Occupation du Sol pour la Prospective Energétique et les émissions des GES à l'échelle de l'agglomération) en cours de développement sur la plate-forme informatique multi-paradigmes AnyLogic (système dynamique et simulation orientée agent), a pour but l'évaluation prospective (à l'horizon 2050) de la consommation d'énergie et les émissions GES en fonction des scénarios et des politiques publiques mises en œuvre dans les agglomérations.

II. Architecture globale de l'outil

PROSPEG vise pour un horizon donné à prévoir l'occupation du sol pour chaque zone et d'en déduire les consommations d'énergie et émissions GES relatives à cinq secteurs : transport et mobilité, construction et bâtiment, génie urbain et gestion de l'environnement, urbanisme et logement, activités économiques.

La figure ci-dessous montre l'architecture globale de l'outil. Il convient de noter que le modèle transport est extérieur aux développements à effectuer sous AnyLogic.



L'évaluation de la consommation d'énergie et des émissions GES pour l'horizon considéré se fait à partir des outputs du modèle Transport pour le secteur « Transport et Mobilité » et basée sur les outputs du modèle PROSPEG pour les quatre autres secteurs.

III. Principes de modélisation de PROSPEG

PROSPEG est un modèle d'équilibre orienté-ménage qui est basé sur une fonction d'utilité et un mécanisme d'enchère. Les ménages sont considérés individuellement dans la simulation et sont décrits selon leurs catégories socioprofessionnelles et tailles.

III.1. La fonction d'utilité

La fonction d'utilité traduit le bien-être que peut tirer le ménage d'une localisation et d'un type de logement donnés. L'expression de la fonction d'utilité utilisée dans le modèle PROSPEG est :

$$U = \alpha_1 AC + \alpha_2 NO + \alpha_3 SL - EA - FE - P_x SL$$

Avec :

- Accessibilité (AC) de la zone considérée vers les autres zones
- Notoriété (NO) de la zone considérée. Cette composante de l'utilité intègre tous les avantages qui ne sont pas dans les autres composantes comme l'accessibilité par exemple. Il traduit par exemples les aspects de qualité de l'habitat (standing,...) et l'environnement immédiat (espaces verts, présence de monuments architecturaux,...)
- Surface du logement (SL) désirée
- Equipement automobile (EA) de la zone considérée
- Facture énergétique (FE) de la zone considérée (énergie liée au logement comme le chauffage, ECS, électricité spécifique,...)
- Prix du logement (Px) au m²
- α_i : paramètres à calibrer en fonction des classes de revenu des ménages

III.2. Le mécanisme d'affectation spatiale des ménages

L'affectation des ménages sur les différentes zones que constitue l'agglomération est basée sur un mécanisme d'enchères pour l'acquisition des logements par les ménages. Le principe est que chaque ménage va se localiser dans une zone de l'agglomération en cherchant à maximiser son utilité.

Les ménages sont décrits et classés selon leur taille et leur catégorie socioprofessionnelle. Pour cette dernière, on considère les CSP+ et CSP- couplées avec le fait que le chef de famille est occupé ou non-occupé.

Le mécanisme d'enchère est basé sur le fait que le ménage candidat à déménager d'une zone à une autre fait une enchère tenant compte du prix immobilier dans sa zone initiale et du gain d'utilité procuré par son déménagement de sa zone initiale vers sa zone de destination. Ce mécanisme s'inspire des travaux de (Lemoy et al., 2010) avec quelques différences comme le fait de considérer l'enchère que fait le ménage est proportionnelle au gain d'utilité absolue.

Au départ, les ménages sont affectés arbitrairement sur les zones de l'agglomération. Le principe général du modèle est le suivant : tant qu'un ménage a intérêt à changer de localisation, l'équilibre n'est pas atteint, et un tirage supplémentaire permet de se rapprocher de l'équilibre. Nous allons maintenant détailler le fonctionnement d'une itération.

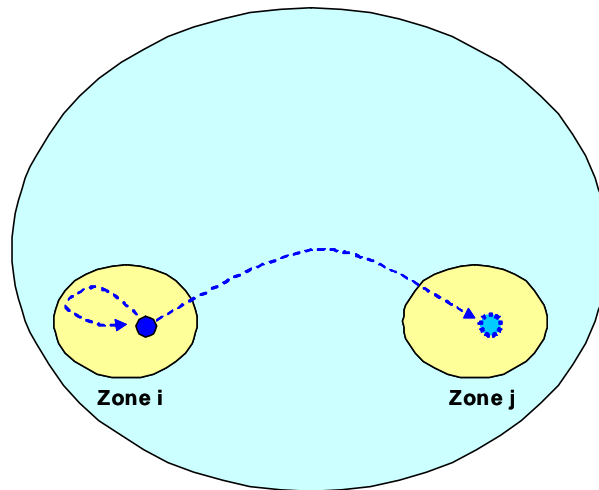
On tire aléatoirement un ménage m candidat à déménager situé dans la zone i et on lui désigne aléatoirement une zone de destination potentielle j .

A l'itération n , l'enchère que va faire le ménage m pour emménager dans la zone j dépend du prix du logement dans sa zone d'origine i et de la différence des utilités entre les zones i et j de l'itération $n-1$ et a pour expression.

$$\pi_{j,n}^m = P_{i,n-1} + \delta(U_{j,n-1}^m - U_{i,n-1}^m) \text{ tout en vérifiant la condition : } U_{j,n-1}^m > U_{i,n-1}^m$$

On suppose que le ménage m peut renoncer à déménager si on lui fait un rabais sur le prix du logement dans sa zone d'origine i . L'expression de ce nouveau prix est :

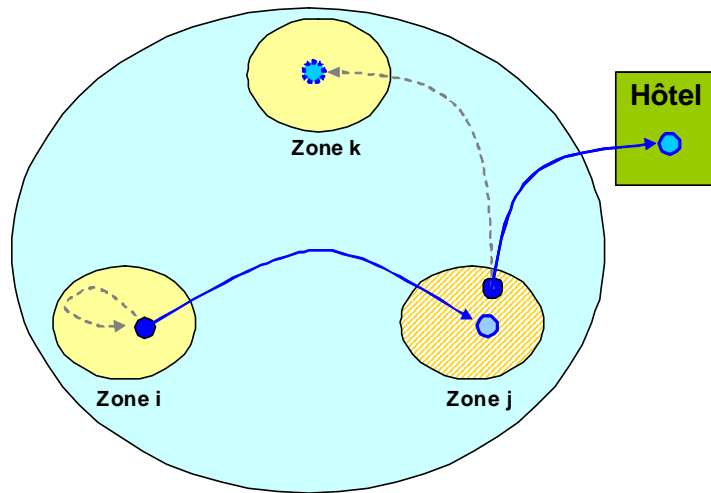
$$\pi_{i,n}^m = P_{i,n-1}(1 - \beta)$$



Il convient de noter que dans les travaux de (Lemoy, 2010), le mécanisme de décroissance du prix est fonction de la surface occupée ; c'est-à-dire une zone verra son prix diminué en fonction de sa surface libre (capacité – surface occupée).

Le ménage m choisi ainsi de se localiser dans l'une des deux zones où il retire la plus grande utilité. Si $U(\pi_{j,n}^m) > U(\pi_{i,n}^m)$ le ménage m choisi donc de se localiser dans la zone j sinon il restera dans la zone i .

Dans le cas où l'utilité d'emménager dans la zone j est la plus élevée et que la zone j est déjà saturée, le ménage m est tout de même relocalisé dans la zone j . Pour respecter la contrainte de capacité des zones, on prend le ménage m' qui a la plus faible utilité dans la zone j et on lui tire une zone de destination potentielle k pour le déménager. Dans le cas où le ménage m' a une utilité plus faible dans la zone k par rapport à celle qu'il a dans la zone j alors on le relocalise temporairement dans la zone « hôtel ».



Il convient de noter que les ménages « éjectés » des zones saturées vers la zone « hôtel » verront leur utilité diminuée d'une certaine proportion fixe pour l'ensemble des ménages. Il nous semble que le mécanisme de passage par l'hôtel joue implicitement le rôle de contrainte budgétaire des ménages notamment ceux qui ont des faibles revenus. En effet, les ménages passant par l'hôtel au cours de la simulation sont des ménages appartenant aux CSP- et qui vont faire des enchères de faible valeur (Cf. formulation de l'enchère qui dépend de l'utilité des ménages).

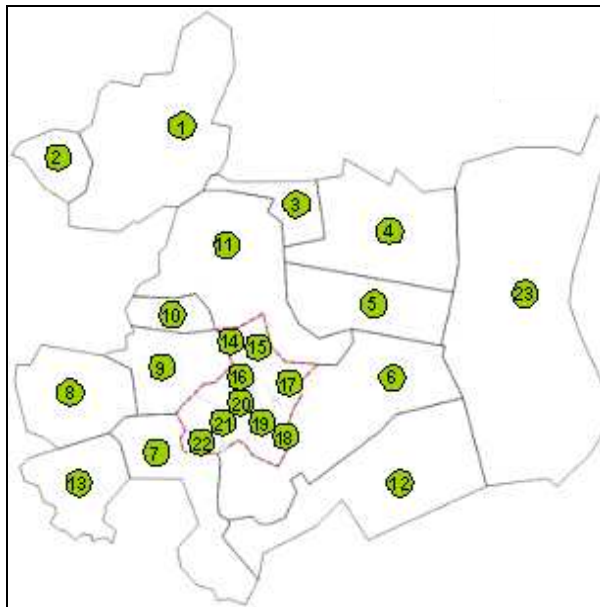
IV. Application sur l'agglomération Mulhouse

Dans le projet ASPECT 2050, trois agglomérations ont été choisies comme terrains d'étude : Lyon, Dunkerque et Mulhouse. Le choix de Mulhouse pour l'application du modèle PROSPEG nous a été dicté par le fait que cette agglomération s'est montrée particulièrement intéressée et nous a apporté une assistance, notamment pour la définition du découpage de l'agglomération en zones homogènes.

IV.1. Description de l'agglomération

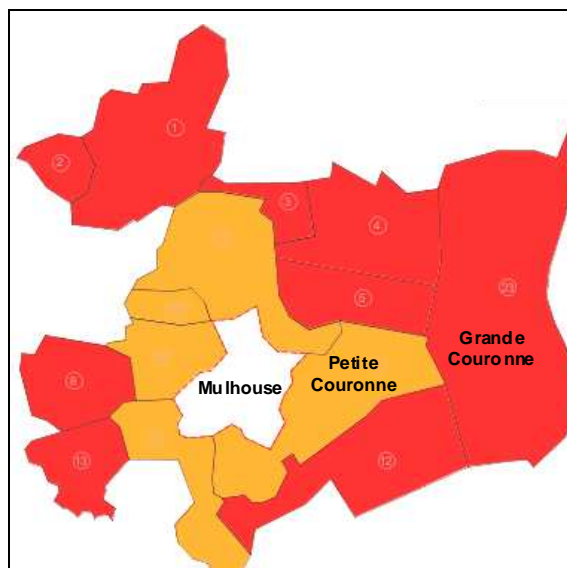
IV.1.1. Découpage et zones

L'agglomération mulhousienne est découpée en 23 zones dont 9 zones (14-22) sont dans la commune de Mulhouse. Les zones à l'extérieur de la commune de Mulhouse sont composées d'une ou plusieurs communes. Nous avons vérifié de manière empirique la stabilité du comportement de ces zones au sein du marché immobilier local, à la fois en faisant appel aux données disponibles et à l'expertise des professionnels et des praticiens (d'où l'importance de l'implication des services de la collectivité territoriale).



Découpage en zones de l'agglomération de Mulhouse

Pour faciliter l'interprétation des résultats nous avons réalisé un macro-zonage comprenant la ville-centre, la petite couronne et la grande couronne comme illustré dans la figure ci-dessous.

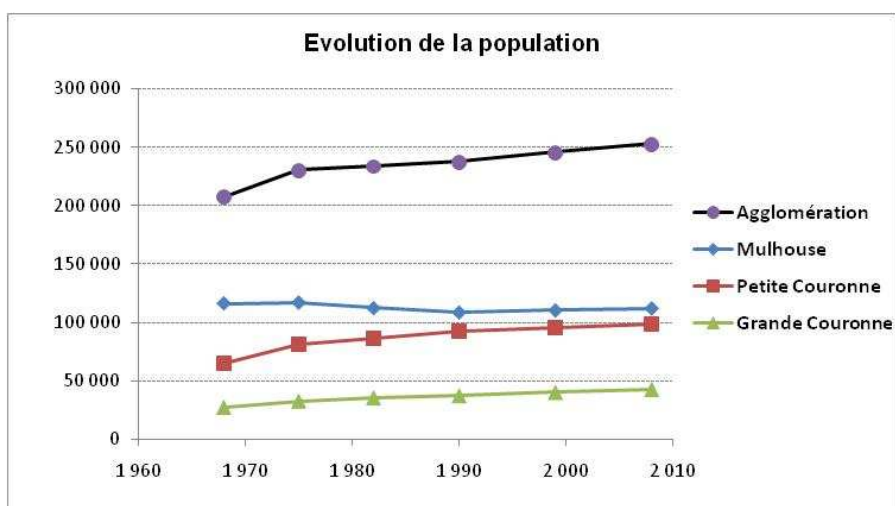


Découpage en macro-zones de l'agglomération de Mulhouse

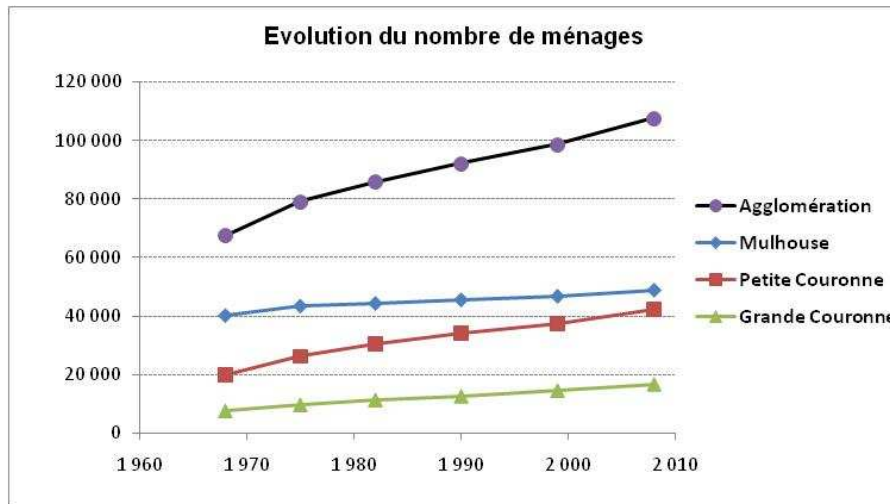
IV.1.2. Données socio-économiques

Les données présentées ci-après sont issues des recensements de populations réalisés successivement en 1968, 1975, 1982, 1990, 199 et 2008.

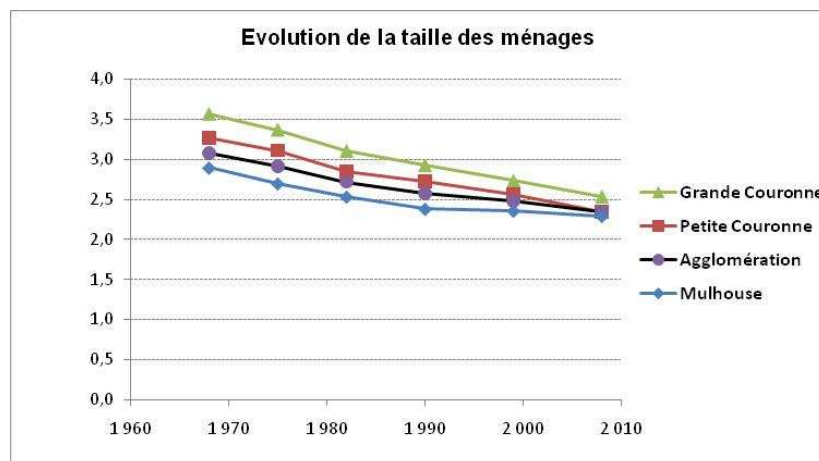
Ce graphique montre que la population augmente sur tout le territoire de l'agglomération à l'exception de la ville de Mulhouse où la population a diminué dans les années 70 et stagnée dans les 3 dernières décennies.



Le graphique ci-dessous montre que le nombre de ménages est en croissance permanente. La croissance la plus marquée est observée au de la petite couronne et celle la moins marquée est dans la ville de Mulhouse.



Le graphique ci-après montre que de manière corrélative la taille des ménages décroît au fil du temps. En 1968, la taille moyenne des ménages de l'agglomération est de 3.1 avec la taille maximale au niveau de la grande couronne (3.6) et la taille minimale est enregistrée sur la commune de Mulhouse (2.9). Par contre, en 2008 la taille moyenne des ménages est de 2.3 avec une homogénéité relative entre le centre et la périphérie.



Dans l'application au cas de Mulhouse, nous avons considéré 16 catégories de ménages s'appuyant sur 4 tailles des ménages (1 personne, 2 personnes, 3 personnes, 4 personnes et plus) et 4 catégories socioprofessionnelles du chef de famille du ménage (CSP+ occupé, CSP+ non-occupé, CSP- occupé, CSP- non-occupé). Il convient de noter que l'ensemble des données socioéconomiques sont issues des recensements de l'INSEE et des données d'enquêtes fournies par Mulhouse Alsace Agglomération (M2A).

IV.1.3. Variables d'entrée

Les variables d'entrée pour l'application du modèle sur territoire mulhousien sont explicitées ci-dessous :

Accessibilité

Nous sommes partis des accessibilités calculées par le modèle d'affectation Visum calibré par PTV* sur l'agglomération mulhousienne à partir des données de 1999. Ces accessibilités ont été actualisées sur les données d'emplois 2008 et ajustées pour tenir compte de la centralité des zones.

Notoriété

La notoriété a été estimée proportionnellement au prix de l'immobilier des zones calculés par *MeilleursAgents.com* sur la base des ventes enregistrées par les Notaires en juin 2011. Il est à noter que les valeurs de la notoriété sont modifiées dans la phase de calibration du modèle sur l'agglomération mulhousienne (voir ci-après).

Surface du logement

On considère pour chaque taille de ménage correspond une surface de logement unique : 25 m² par personne et au-delà de 4 personnes on considère que le ménage occupe 100 m².

Equipement d'automobile

Le coût annuel d'équipement des ménages en automobile est le produit du prix moyen d'utilisation d'un véhicule (amortissement, assurance,...) et du taux de motorisation des ménages différencié selon les zones (données d'enquêtes).

Facture énergétique

La facture énergétique liée au logement (€/m²/an) est issue des consommations observées sur les différentes zones de l'agglomération de Mulhouse.

IV.2. Calibration du modèle PROPEG

La calibration ou le calage du modèle consiste à reconstituer la situation observée pour une année donnée. Les paramètres du modèle seront calibrés dans le but d'avoir une meilleure adéquation entre les résultats obtenus par la simulation et ceux observés selon deux variables (nombre de ménages, prix de l'immobilier) sur les différentes zones de l'agglomération mulhousienne.

La difficulté à laquelle nous nous sommes confrontés dans la phase de calibration est que nous ne connaissons pas le poids respectif de la notoriété (NO) et de l'accessibilité (AC) dans la fonction d'utilité telle que définie précédemment (tous les autres composants sont des coûts monétaires). La démarche proposée pour surmonter cette difficulté est de corrélérer ces 2 composantes selon 3 ratios et d'effectuer pour chacun un calage pour la situation actuelle (2008).

$$\frac{\alpha_1 AC}{\alpha_1 AC + \alpha_2 NO} = 25\%, 50\% \text{ et } 75\%$$

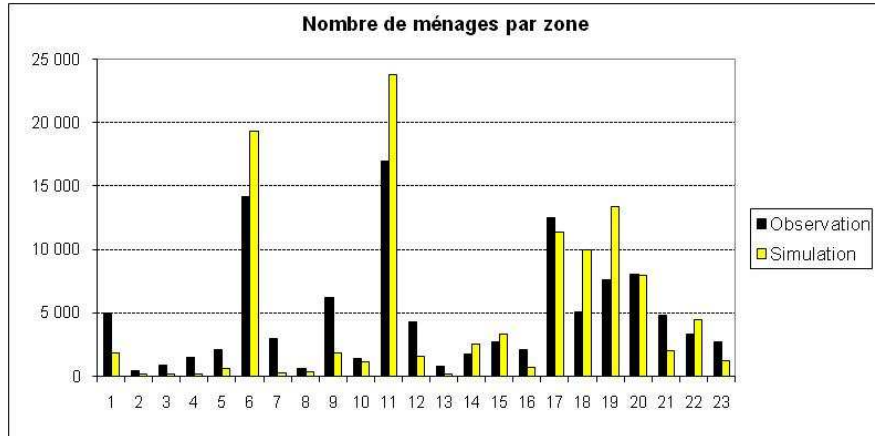
La validation du modèle consiste à vérifier la capacité de ce dernier à reconstituer les observations sur une période passée (1975 ou 1968). Ainsi, le couplet (AC, NO) de pondération de la fonction d'utilité qui donne les meilleurs résultats en retro-prospective sera considéré comme le plus pertinent pour la prospective.

Les résultats de calage du modèle PROSPEG (dans le cas d'égalité des poids de l'accessibilité et de la notoriété dans la fonction d'utilité) sur l'agglomération mulhousienne pour l'année 2008 sont présentés ci-après.

* PTV est éditeur allemand de logiciels et services d'information géographique. Son offre s'adresse aux professionnels du transport et de la logistique, de la mobilité et du géomarketing.

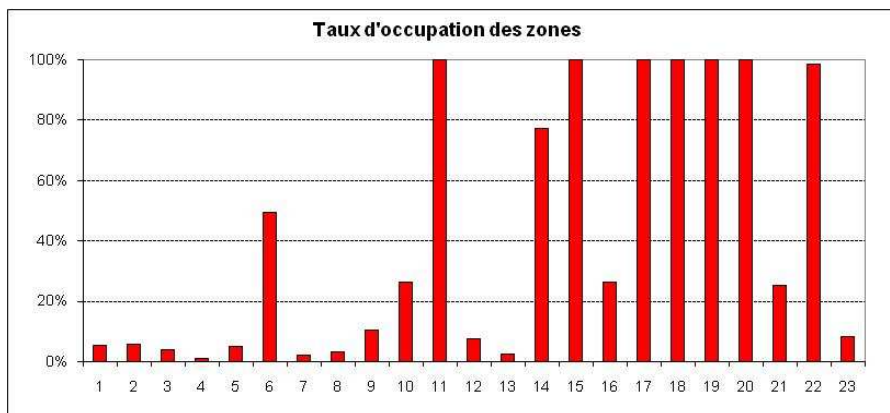
Nombre de ménages

La figure ci-dessous montre pour chacune des 23 zones le nombre de ménages observé et celui obtenu par simulation.



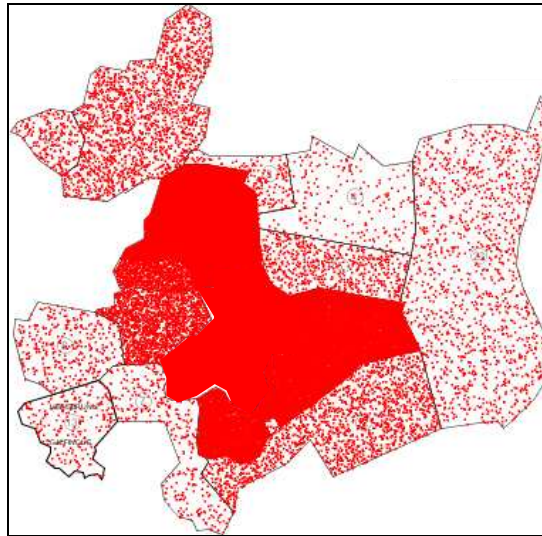
On constate que le modèle surestime l'occupation des zones 6 et 11 situées dans la petite couronne et les zones 18 et 19 situées dans la ville de Mulhouse. A l'inverse il sous-estime le nombre de ménages dans les zones 1, 7, 9 et 12 de la grande couronne.

Le graphique ci-dessous montre le taux saturation des zones qui représente le ratio entre la surface occupée et la surface totale disponible dans chaque zone.



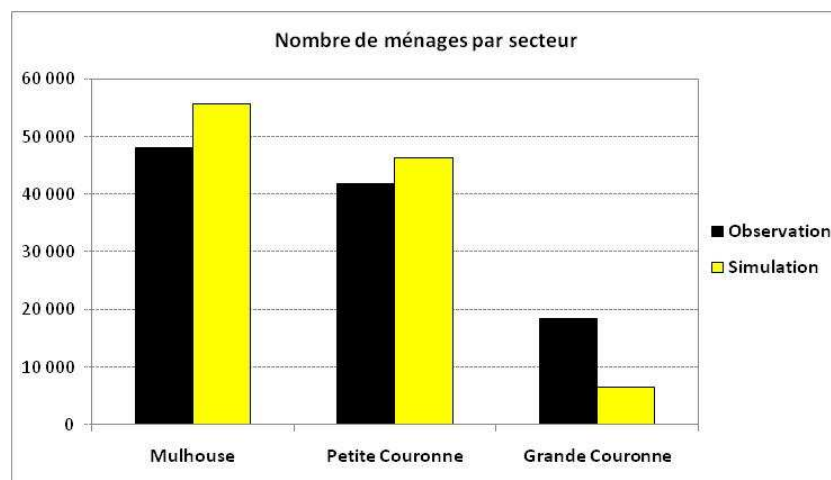
On constate que les zones les plus saturées sont celles de la ville de Mulhouse et la zone 11 située dans la petite couronne au nord de Mulhouse.

La figure ci-dessous, extraite de l'outil AnyLogic, montre l'occupation des zones par les ménages (un point équivaut un ménage).

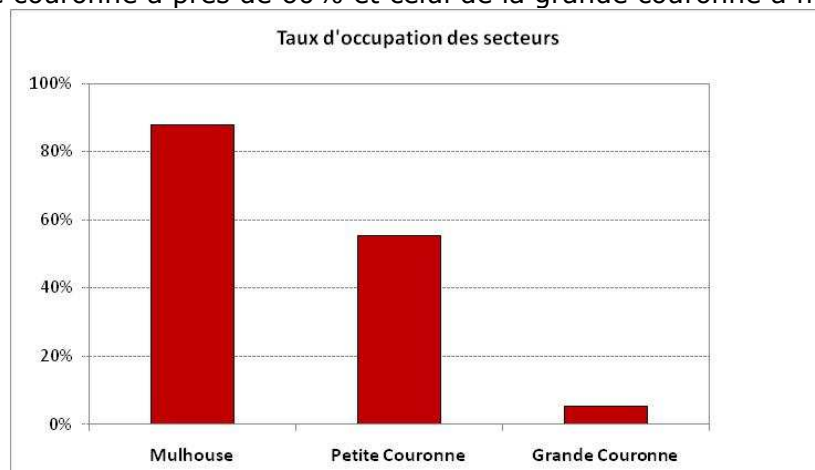


Occupation des zones par les ménages

L'agrégation des résultats par secteur montre que le modèle surestime l'occupation de la ville de Mulhouse et la petite couronne et à l'inverse il sous-estime l'occupation de la grande couronne.

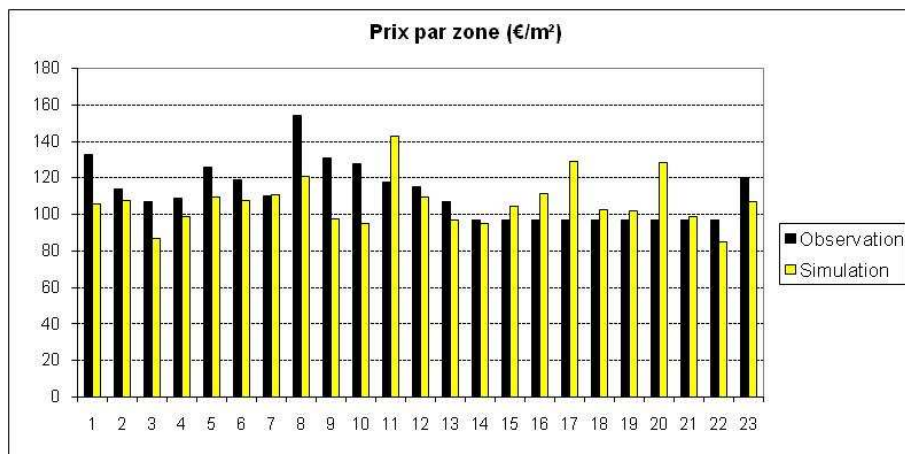


En ce qui concerne le taux d'occupation par secteur, on constate par rapport à la surface de logement disponible que le parc immobilier de la ville-centre est occupé à près de 90%, la petite couronne à près de 60% et celui de la grande couronne à moins de 5%.



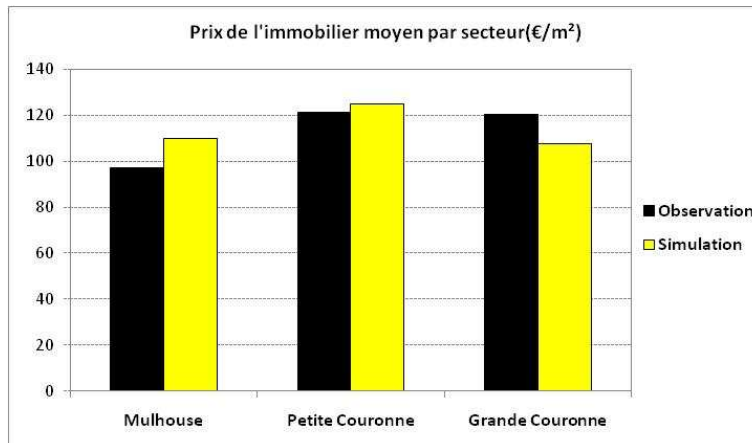
Prix de l'immobilier

La figure ci-dessous montre pour chacune des 23 zones le prix de l'immobilier (en €/m²) observé et celui obtenu par simulation.



On constate que le modèle estime assez bien le prix de l'immobilier comparativement à la localisation des populations.

Le prix moyen (pondéré par le nombre de ménages) par secteur montre une surestimation pour la ville de Mulhouse et une sous-estimation pour la grande couronne.

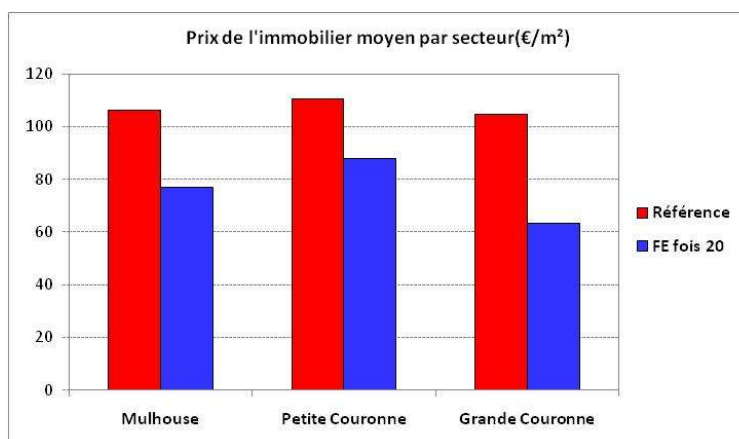
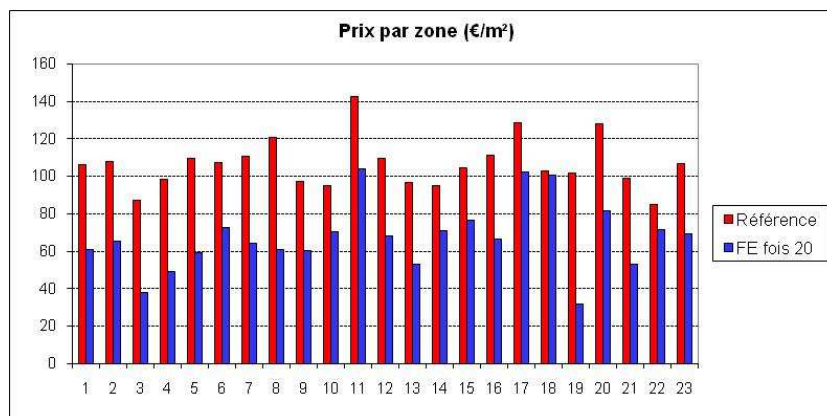


V. Partie exploratoire : analyse de sensibilité à une augmentation du prix de l'énergie

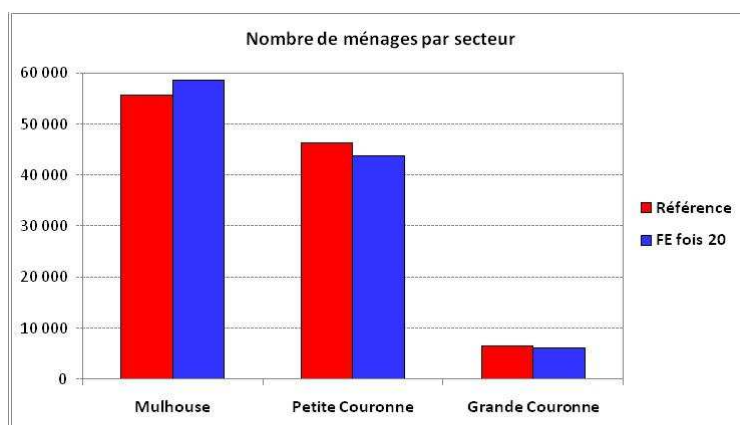
La facture énergétique (FE) telle qu'introduite dans la fonction d'utilité est un élément de choix de localisation résidentielle des ménages au même titre que les autres composantes de leur utilité (ex : prix du logement). Pour évaluer d'une manière sensible l'effet que produira un enchérissement du prix de l'énergie sur la localisation des ménages, nous avons multiplié le prix de l'énergie observé actuellement sur le territoire mulhousien par un facteur de 20. Il convient de noter que le modèle est utilisé en état

actuel sans qu'il soit calibré et que donc exploratoire à ce stade. On désigne par la situation de référence celle où le prix de la facture énergétique est celui observé en situation actuelle.

Les graphiques ci-dessous montrent que le renchérissement du prix de l'énergie se traduit par une baisse du prix d'immobilier d'équilibre sur toutes les zones et par conséquent sur les trois macro-zones. Ce phénomène est conforme à l'intuition et peut s'expliquer par la contrainte budgétaire des ménages.



L'effet de l'augmentation de la facture énergétique sur la localisation des ménages montre à travers le graphique ci-dessous un resserrement des populations de la petite couronne vers le centre de l'agglomération. La faible quantité de ménages qui déménagent de la petite couronne vers la ville-centre est due au fait que la ville de Mulhouse est presque saturée et que le poids de la facture énergétique n'est toujours pas prépondérant dans la fonction d'utilité malgré sa multiplication par le facteur 20.



VI. Conclusion

Le modèle PROSPEG paraît à ce stade comme un outil prometteur dans les prévisions de l'occupation du sol au regard de l'évaluation de l'impact des politiques territoriales sur les plans énergétique et d'émissions de GES. L'approche ménage-centrée et le mécanisme d'enchères modélisé nous ont permis d'introduire des règles comportementales dans les choix de localisation résidentielle des ménages dans une aire urbaine et d'estimer le prix de l'immobilier d'une manière endogène. L'innovation de POSPEG réside dans la prise en compte de la facture énergétique liée au logement dans l'utilité des ménages.

Son application sur le cas mulhousien donne des résultats encore partiels à ce stade mais intéressants quant à la prospective énergétique des territoires urbains. Il faudra cependant finaliser le calage sur la situation actuelle et aller au bout de la calibration du modèle en rétrospective (en reconstituant un passé assez lointain) avant d'utiliser le modèle en prospective, et a fortiori d'envisager son application de manière opérationnelle.

VII. Références

LEMOY, R. ; RAUX, C. ; JENSEN, P., 2010. An agent-based model of residential patterns and social structure in urban areas. **Cybergeo : European Journal of Geography**, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 512. URL : <http://cybergeo.revues.org/index23381.html>.

IAU-IdF, 2011, **ULTISIM : Vers un modèle intégré transport-urbanisme européen. Première phase**, URL : [http://www.iau-idf.fr/fileadmin/Etudes/etude_844/ULTISIM Vers un modele integre transport urbanisme europeen 1re phase.pdf](http://www.iau-idf.fr/fileadmin/Etudes/etude_844/ULTISIM_Vers_un_modele_integre_transport_urbanisme_europeen_1re_phase.pdf).

AULAGNIER S. ; COME J-M. ; HEIDER M. ; JEANNIERE E. ; LAIGLE L. ; LATERRASSE J. ; LEFEBVRE-NARE F. ; PETER M. ; POUTREL S. ; ZERGUINI J. , 2012. Aide à la décision pour les plans climat énergie territoriaux : exploration des interactions à l'aide d'une simulation dynamique multi-agents. Article pour le Colloque « **La modélisation des flux au service de l'aménagement urbain** ». Lille, 13-14 juin 2012.

NICOLAS J-P., 2010, SIMBAD : un outil pour intégrer le développement durable dans les politiques publiques, **in ANTONI J-P. (ED.), MODELISER LA VILLE.**

NGUYEN-LUONG D., 2010, SIMAURIF : un modèle dynamique de simulation de l'interAction transport-urbanisation en région Ile-de-France, **in ANTONI J-P. (ED.), Modéliser la ville.**

CAMBIEN A., 2010, La modélisation urbaine : une approche historique, **in ANTONI J-P. (ED.), Modéliser la ville.**

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement Olivier Morellet du LVMT qui a suivi et contrôlé les principaux fondements et concepts économiques du modèle usage du sol. Nous remercions également, Raphael Nahon de Burgeap qui a programmé la première version du modèle usage du sol sous AnyLogic.

Nos remerciements vont à l'ANR également pour le co-financement accordé au projet ASPECT-2050 ainsi qu'aux services techniques de la M2A pour la fourniture des données de modélisation.

EVOLUTIONS DES ÉMISSIONS DE CO₂ LIÉES AUX DÉPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL DES FRONTALIERS DU LUXEMBOURG

**11^{ÈME} SÉMINAIRE FRANCOPHONE EST-OUEST
DE SOCIO-ÉCONOMIE DES TRANSPORTS**

Karlsruhe, 25 May 2012

Frédéric Schmitz

Evolution des émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail des frontaliers travaillant au Luxembourg

1. Problématique
2. Méthodologie
3. Résultats
4. Discussion

Les émissions de gaz à effet de serre (GES)

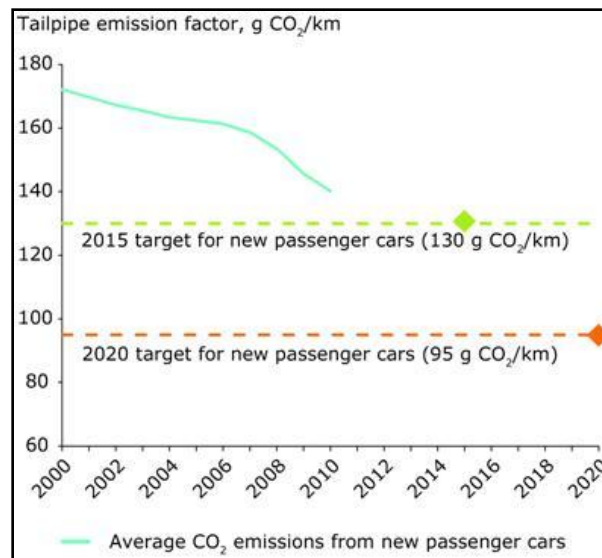
Le secteur des transports = $\frac{1}{4}$ des GES en Europe ;

Les GES liés aux transports ne diminuent pas ;

Pour le transport de voyageurs :

Développer les transports en commun (changements de mobilité)

Diminuer les émissions unitaires des voitures particulières

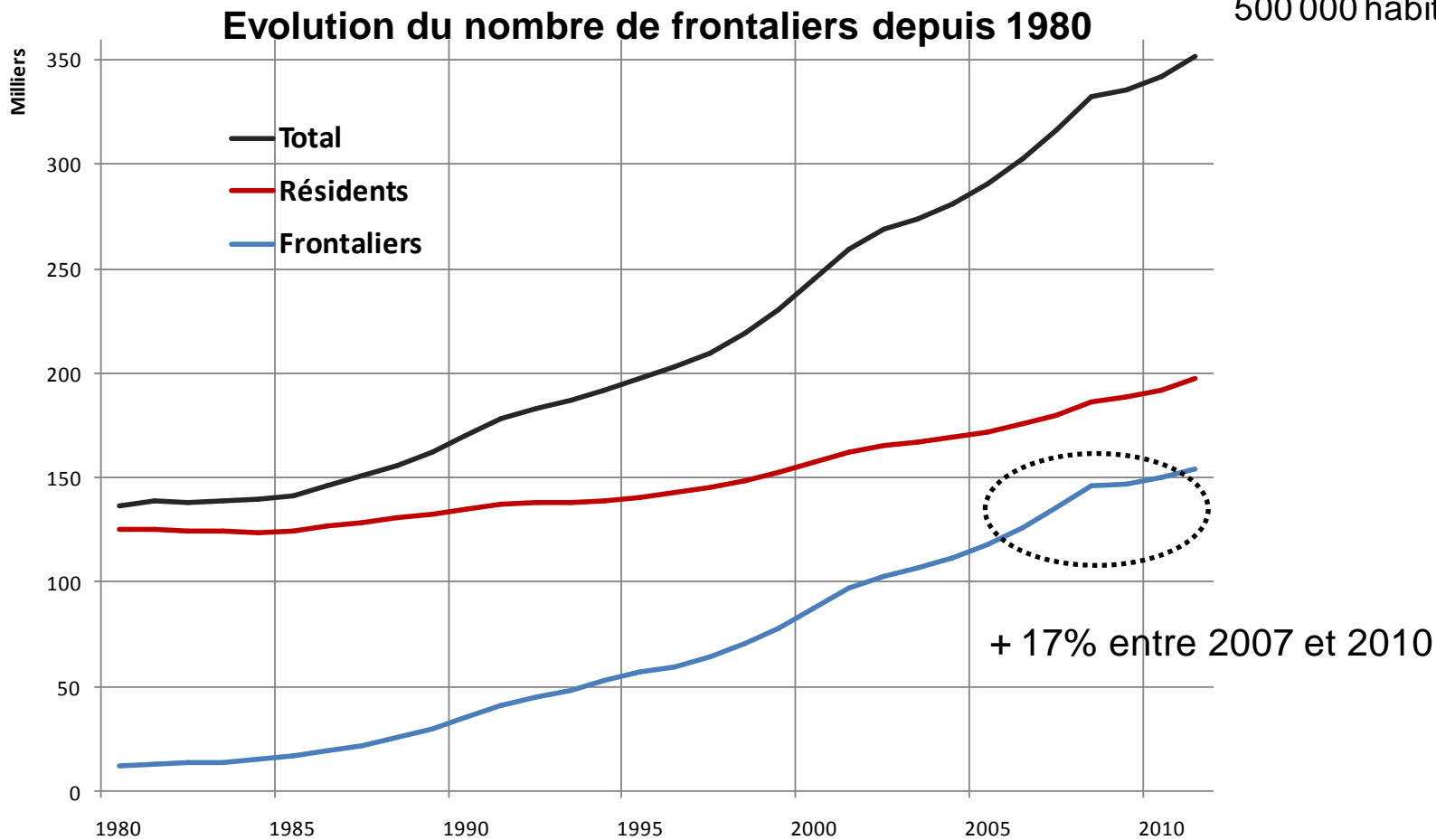


Le poids du travail frontalier au Luxembourg

40% des emplois occupés

350 000 emplois

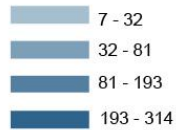
500 000 habitants



Problématique

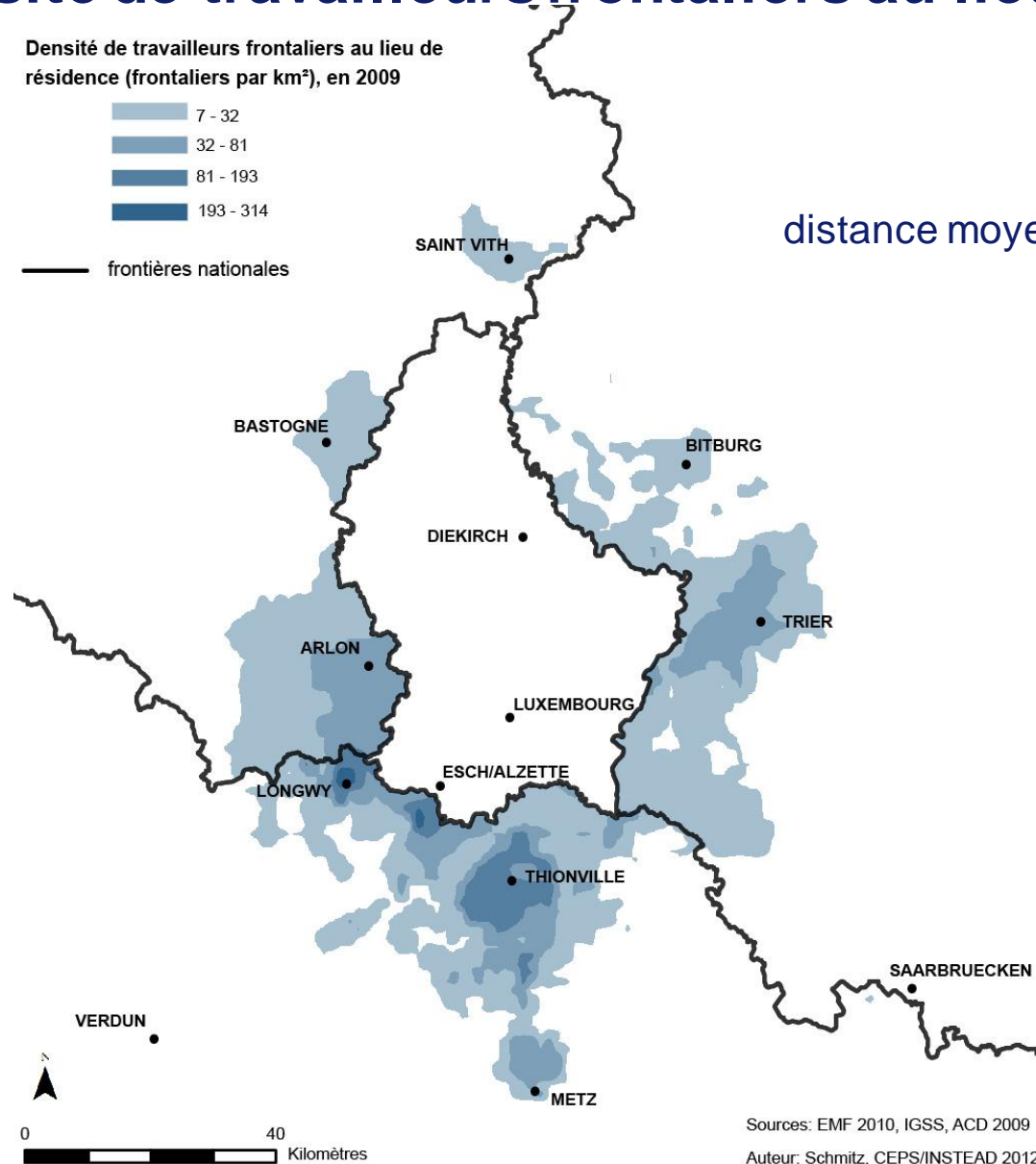
Densité de travailleurs frontaliers au lieu de résidence

Densité de travailleurs frontaliers au lieu de résidence (frontaliers par km²), en 2009



— frontières nationales

distance moyenne domicile-travail : 44km



Sources: EMF 2010, IGSS, ACD 2009

Auteur: Schmitz, CEPS/INSTEAD 2012



Problématique

Progression des TC entre 2007 et 2010

		Voiture	Train	Bus	Total
Belgique	2007	89.5%	8%	2.5%	100%
	2010	88%	9%	3%	100%
Allemagne	2007	95%	1%	4%	100%
	2010	90%	2.5%	7.5%	100%
France	2007	89%	9.5%	1.5%	100%
	2010	83%	11.5%	5.5%	100%
Total	2007	91%	7%	2%	100%
	2010	86%	9%	5%	100%

Sources: enquête "Dépenses des frontaliers," CEPS/INSTEAD, STATEC 2007 (5 724 répondants) □

enquête mobilité des frontaliers, CEPS/INSTEAD (7 235 répondants)

Dans le cas des déplacements multimodaux, le mode de transport principal est celui avec lequel le frontalier parcourt la plus longue distance.

-> Quelle est la conséquence de la progression de l'usage des TC sur les émissions de CO2 ? Compense la hausse du nombre de frontaliers ?

-> Quel est l'impact de la baisse des émissions unitaires des voitures particulières ?



Choix de la méthodologie de calcul des émissions de CO2

Contraintes :

- Manque de données sur le parc de véhicules
 - Manque de données sur les TC transfrontaliers (type de matériel, origine de l'électricité, taux d'occupation, etc.)
 - Territoire d'étude sur 4 pays
 - Mesure que certains déplacements (pas les flux interne, de transit)
 - Peu de moyen mobilisable
- > utilisation d'une méthode simplifiée (comparable à un bilan carbone)**



Paramètres pris en compte

- **Distance** domicile – travail
- **Nombre de frontaliers par mode** de transport
- **Emissions unitaires des voiture particulières** : données d'enquêtes + statistiques luxembourgeoises
- **Emissions unitaires bus et train** : statistiques européennes

-> calculs agrégés (par pays et mode)

(calcul des émissions du “puits à la roue”)



Emissions de CO2 des automobilistes

- Pas assez de données pour des modèles agrégés (ARTEMIS, COPERT4, etc.),
- Hypothèse : parc de véhicules des frontaliers = parc des voitures immatriculées au Luxembourg,

Evolution des émissions de CO2 (gCO2/km) des voitures immatriculées au Luxembourg (STATEC)

	<i>2007</i>	<i>2010</i>	<i>2012</i>
Phase de fonctionnement	178.5	167.6	160.1
Phases amont + fonctionnement	205.2	192.6	130.9

 - 6%

Taux d'occupation stable (1,08)



Emissions de CO2 des usagers des TC

1ère approche : estimation par ligne de TC (superposition du trafic, nombreux opérateurs, données difficiles à obtenir)

2ème approche : émissions unitaires par voyageur.km

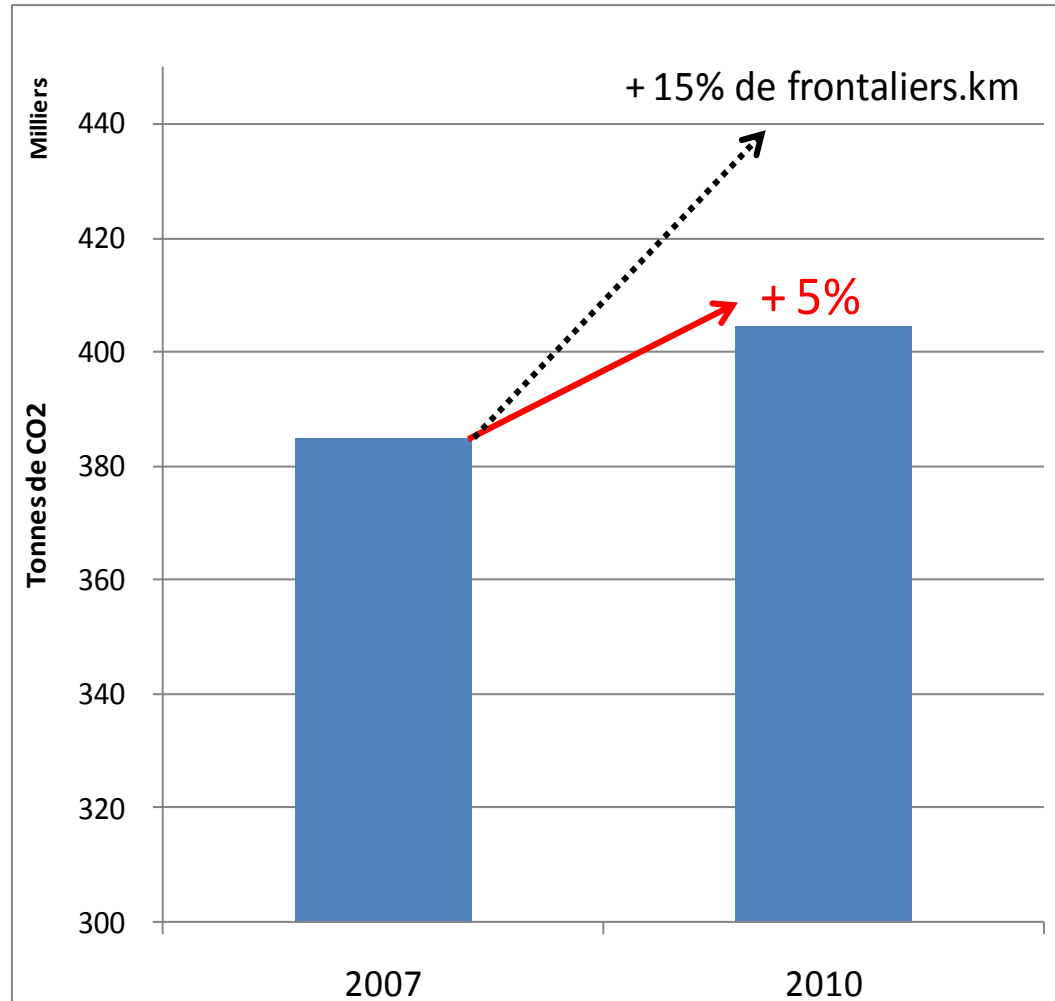
Emissions de CO2 (g CO2/voyageur.km) pour le train: ECOPASSENGER
(IFEU : Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg)

	France	Belgique	Allemagne
Trajet de référence	Thionville - Luxembourg	Arlon - Luxembourg	Trèves - Luxembourg
Phases amont + fonctionnement	46	44	67

Ne prend pas en compte les spécificités locales, mais suffisant pour répondre à la problématique



Evolution des émissions de CO2 liées à la mobilité des frontaliers entre 2007 et 2010

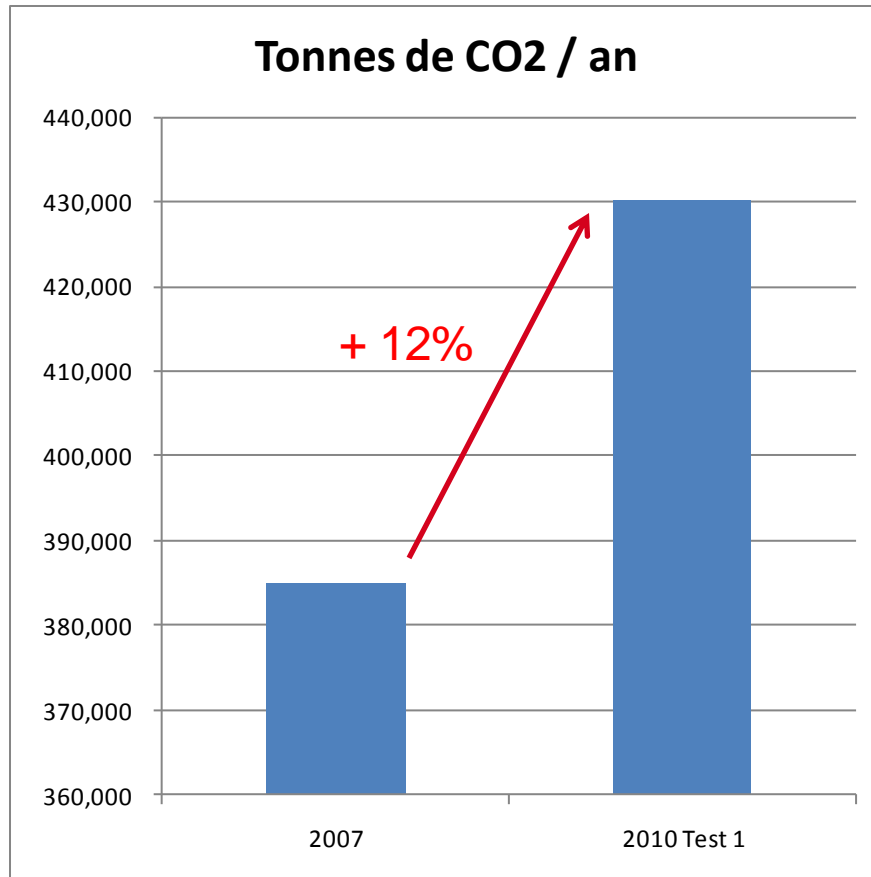


Résultats

Effets du report modal

Test 1 : pas d'évolutions des émissions unitaires des voitures en 2007 et 2010

= mesure seulement l'effet de la hausse de l'usage des TC

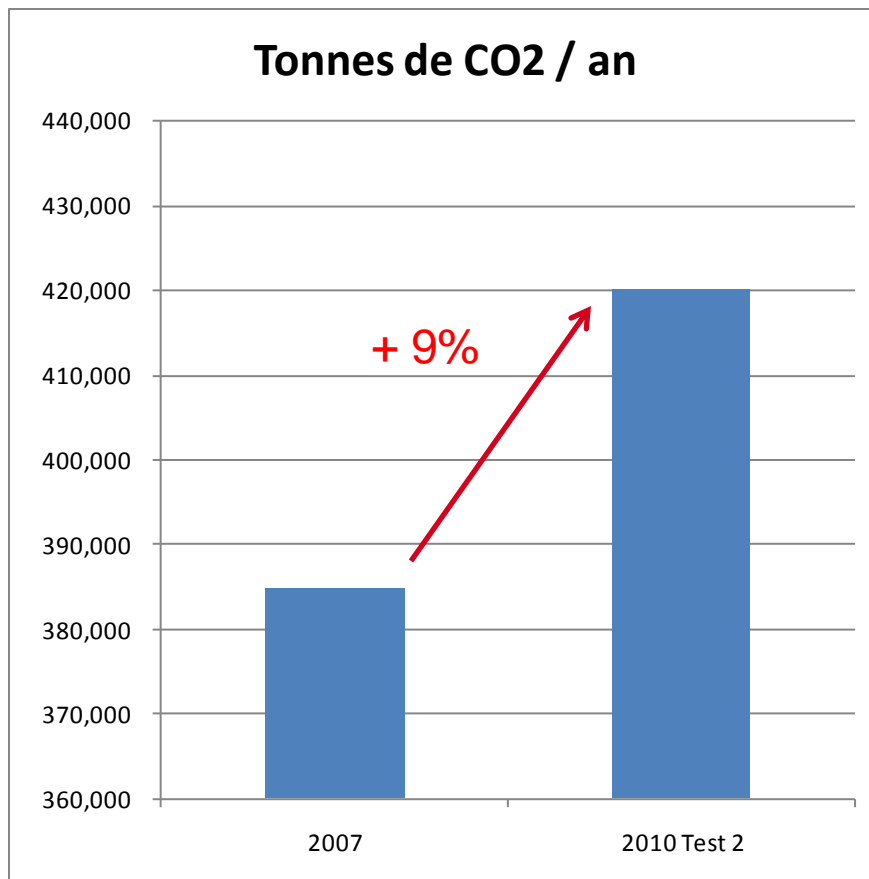


Résultats

Effets de la baisse des émissions unitaires VP

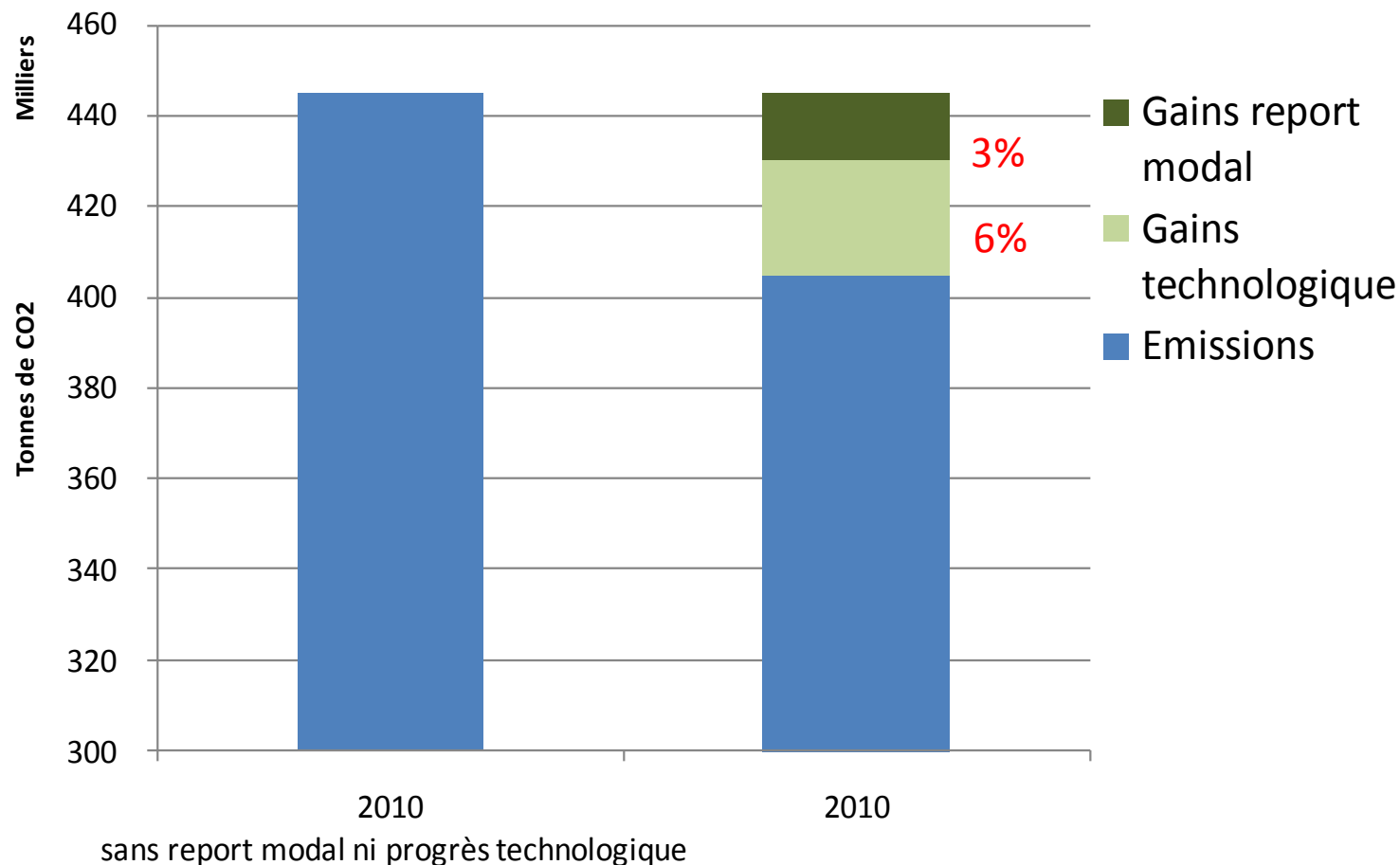
Test 2 : même parts modales en 2007 et 2010

= mesure seulement l'effet de la baisse des émissions des voitures

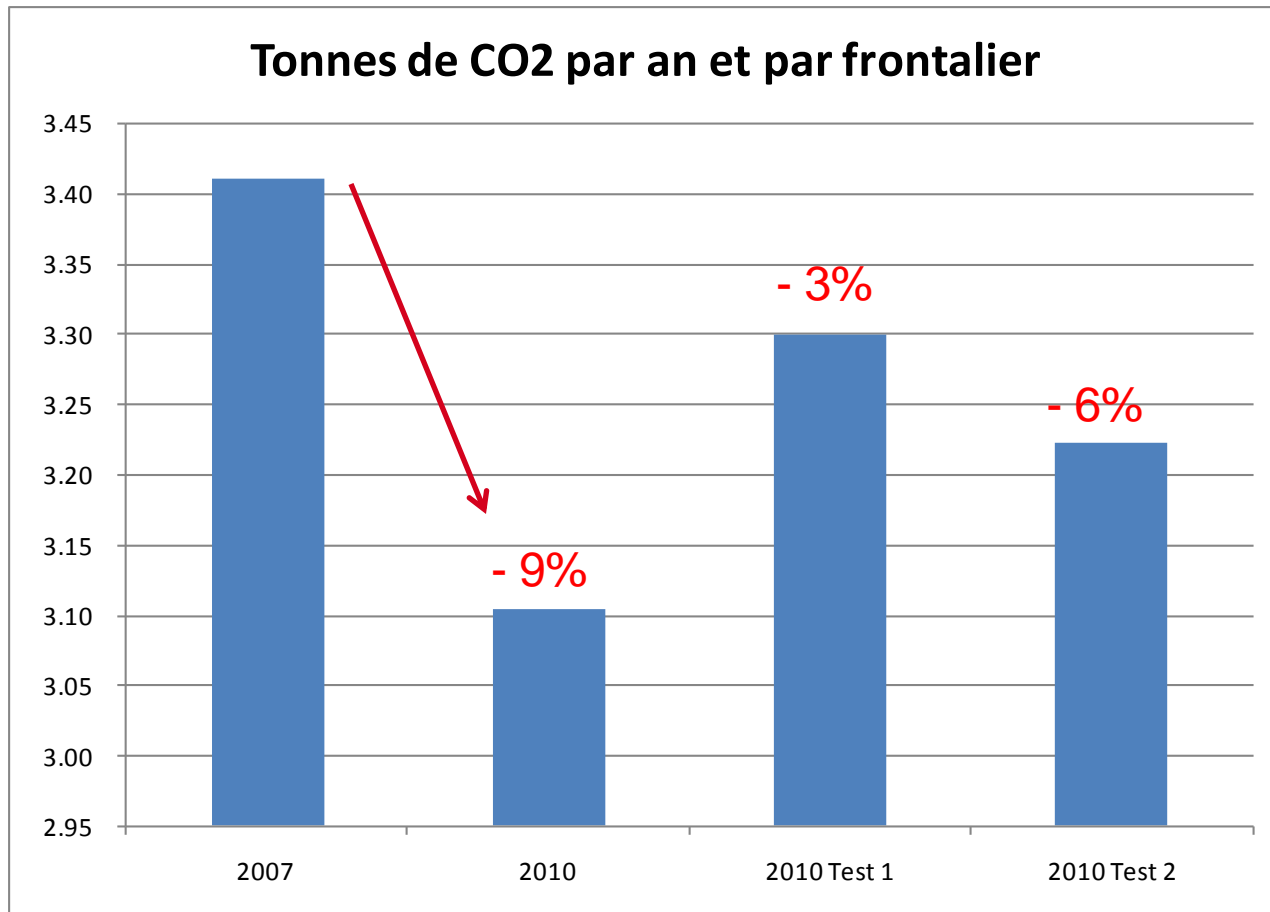


Résultats

Impacts du report modal et du progrès technologique sur les émissions de CO2 en 2010



Emissions par frontalier



(en France : 2 tonnes de CO2 par an pour tous les déplacements, y compris longue distance)



Résultats

Scénario pour 2020

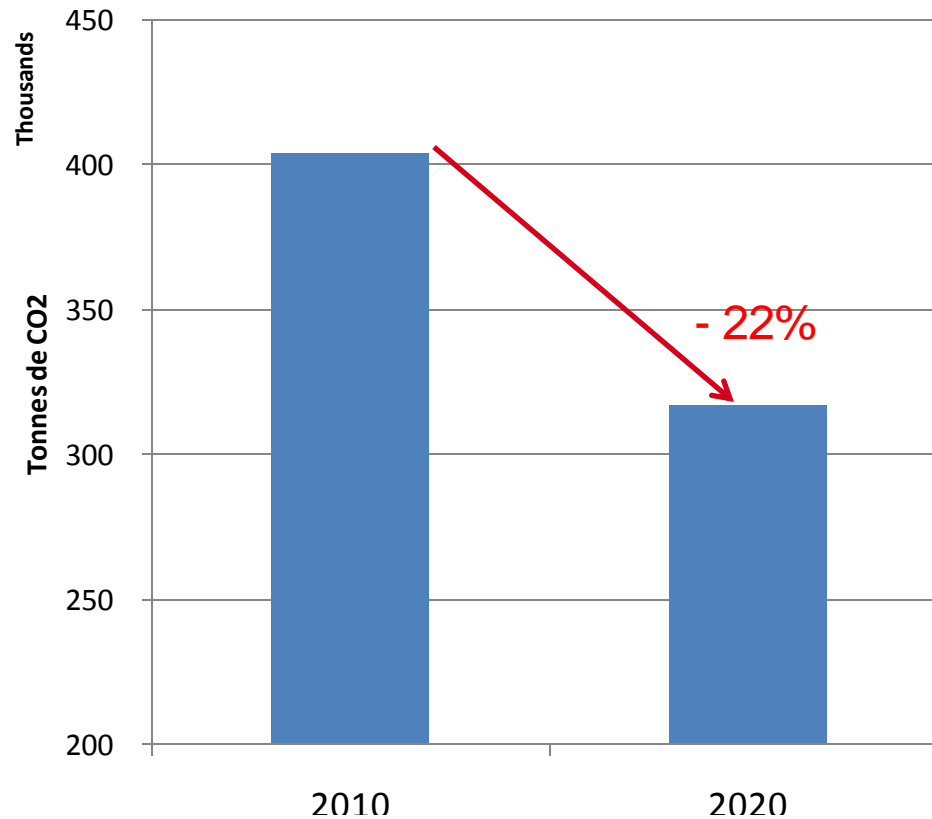
Hypothèses :

170 000 frontaliers (STATEC) +30%

Distance domicile-travail stable

25% de TC

Baisse linéaire des émissions unitaires des VP



Résultats

Discussions

1. Méthodes de calcul des émissions de GES plus élaborées ?
2. Progrès technologiques / changements de mobilité ?
Les impacts négatifs et les incertitudes sur le transport routier ne se limitent pas aux GES (prix et disponibilité de l'énergie, consommation d'espace, etc.)
3. Développement économique VS protection de l'environnement ? (dans le cas du travail frontalier)
4. Besoins (et limites) de fixer des objectifs de réduction par secteur et type de mobilité ?



**11ème séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports,
23 au 27 mai 2012**

Evolution des émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail des frontaliers travaillant au Luxembourg

Frédéric Schmitz

*Centre d'Étude de Populations, de Pauvreté et de Politiques Socio-Économiques
(CEPS/INSTEAD), Esch-sur-Alzette, Luxembourg*

Introduction

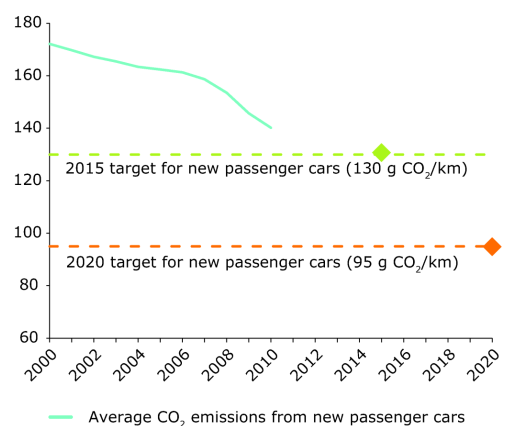
La réduction des émissions de gaz à effets de serre est l'un des principaux objectifs de la politique environnementale depuis plusieurs années. L'Union Européenne (UE) s'est engagée à réduire de 20 % ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2020 par rapport au niveau de 1990. Contrairement à d'autres secteurs, comme l'industrie, les émissions liées au secteur des transports, responsable d'environ un quart des émissions en Europe (Commission Européenne, Statistical pocketbook 2011), ne diminuent pas (European Environment Agency 2009). Les trafics de marchandises et de voyageurs en constante augmentation, du moins jusqu'à la crise de 2008, expliquent en partie cet échec.

Les actions mises en œuvre pour diminuer les émissions des transports varient selon le type de trafic : transport de marchandises ou transport de personnes, mobilité locale ou mobilité longue distance, déplacements dans des territoires ruraux ou des aires urbains, etc. De nombreuses actions différentes peuvent ainsi contribuer à diminuer les émissions de CO₂ dues aux transports. Hickman et Banister (2007) définissent par exemple 122 mesures, allant de la diminution des émissions unitaires des véhicules à une tarification des transports reflétant leur impact carbone.

Pour les transports de voyageurs, le développement des transports collectifs constitue une des principales réponses des pouvoirs publics. La lutte contre le changement climatique devient ainsi un des arguments majeurs pour la réalisation des projets de transports collectifs. Elle s'accompagne, selon les cas, d'autres motivations telles que l'amélioration de l'accessibilité, la diminution de la congestion routière, l'augmentation des capacités pour faire face à la croissance des déplacements, la diminution des temps de parcours, etc.

Parallèlement au développement des TC, et de toutes les mesures favorisant la mobilité alternative à la voiture, l'autre réponse face au réchauffement climatique se trouve dans la baisse des émissions unitaires des véhicules particuliers. En lien avec les constructeurs automobiles, l'UE a fixé des objectifs de réduction des émissions moyennes sur les 10 ans à venir. Le graphique n°1 illustre la baisse des émissions moyennes des voitures neuves depuis 2000 ainsi que les deux objectifs à atteindre (130g CO₂/km en 2015 et 95g CO₂/km en 2020).

Figure : Evolution des émissions de CO₂ des voitures neuves (en gCO₂/km),



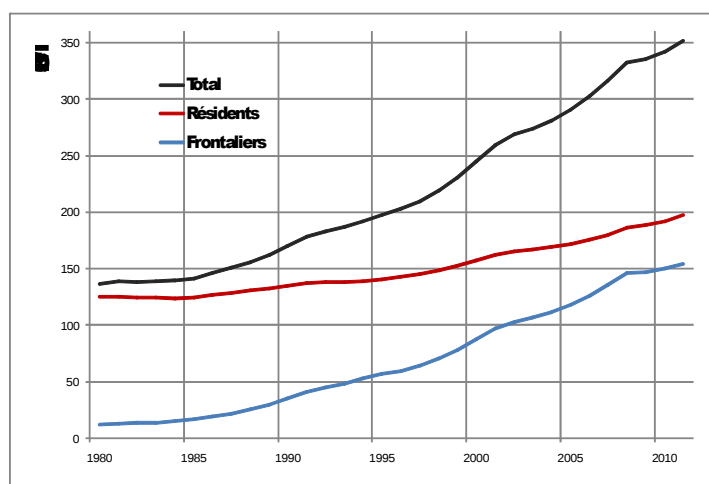
Source : Agence Européenne pour l'Environnement

Les acteurs publics locaux, en général responsable des transports collectifs sur leur territoire, peuvent contribuer au développement de l'usage des TC. Ils ne jouent en revanche pratiquement aucun rôle dans l'amélioration technologique des véhicules, les négociations entre les constructeurs et les pouvoirs publics ont lieu au niveau européen et les incitations fiscales se décident plutôt au niveau national.

1 La mobilité quotidienne des frontaliers du Luxembourg

Au cours de la dernière décennie, le taux de croissance annuel moyen de l'emploi était de 3,4% au Luxembourg, grâce à une croissance économique soutenue. La progression de l'emploi a particulièrement profité aux travailleurs frontaliers. Depuis les années 1990, l'emploi frontalier est en augmentation, et entre 2000 et 2010, il a été multiplié par 2,7 contre 1,2 pour l'emploi résident. L'emploi frontalier représente ainsi 40% des emplois occupés au Luxembourg. Entre 2007 et 2010, malgré un ralentissement dû à la crise financière, le nombre de frontaliers a continué d'augmenter fortement (+ 16%).

Figure : Evolution de l'emploi au Luxembourg



Source : Institut national de la statistique et des études économiques du Grand-Duché du Luxembourg (STATEC)

our faire face à la saturation de certaines parties du réseau de transport transfrontalier, et pour diminuer les impacts négatifs du trafic automobile, les pouvoirs publics ont ciblé ces dernières années leurs investissements dans le développement des réseaux de transports en commun. Le renforcement des dessertes ferroviaires, plus généralement, les améliorations apportées au système ferroviaire transfrontalier, ainsi que la création de lignes de bus transfrontalières se concrétisent par une hausse de l'usage des transports en commun : + 5 points entre 2007 et 2010. La hausse est plus marquée pour les frontaliers français, c'est en effet entre la Lorraine et le Luxembourg que les principales améliorations ont eu lieu, notamment grâce au Schéma stratégique de Mobilité Transfrontalière élaboré entre les deux pays. Les données proviennent de deux enquêtes réalisées en 2007 (n = 5724) et 2010 (n = 7 235) auprès de deux échantillons de travailleur frontaliers.

Figure : Mode de transport principal pour le déplacement domicile-travail des frontaliers du Luxembourg, selon le pays de résidence en 2007 et 2010

		Voiture	Train	Bus	Total
Belgique	2007	89.5%	8%	2.5%	100%
	2010	88%	9%	3%	100%
Allemagne	2007	95%	1%	4%	100%
	2010	90%	2.5%	7.5%	100%
France	2007	89%	9.5%	1.5%	100%
	2010	83%	11.5%	5.5%	100%
Total	2007	91%	7%	2%	100%
	2010	86%	9%	5%	100%

Sources : Enquête Dépenses Frontaliers, CEPS/INSTEAD, STATEC 2007 (5 724 répondants)
Enquête Mobilité Frontaliers, CEPS/INSTEAD 2010 (7 235 répondants)

Dans le cas des déplacements multimodaux, le mode de transport principal est celui avec lequel le frontalier parcourt la plus longue distance.

Le développement des TC transfrontalier n'a pas pour principal objectif la lutte contre le réchauffement climatique. La réduction des émissions de CO2 est cependant un argument important en faveur des TC lors des débats relatifs aux transports. Sur une période courte (2007-2010), l'amélioration des TC a eu un impact positif sur le report modal. Quels sont les

impacts sur les émissions de CO2 ? Est-ce que le développement des TC a permis de compenser la hausse du nombre de frontaliers pour contenir les émissions de CO2 ? Il n'existe pas d'objectif de réduction des émissions par secteur, encore moins par type de mobilité, néanmoins la connaissance des évolutions des émissions de CO2 liées à la mobilité des frontaliers est importante pour évaluer les politiques mises en œuvre.

2 Méthodologie de calcul des émissions de CO2

Le calcul des émissions intègre la phase « amont » (l'extraction, la culture des biocarburants, le raffinage, la transformation, le transport et la distribution des sources d'énergie.) et la phase du fonctionnement, ce que l'on appelle également les émissions « du puits à la roue ». Il s'agit ici des émissions de CO2, principal gaz à effet de serre (GES) dû aux transports. La méthode utilisée s'apparente à un Bilan Carbone® de l'ADEME.

Pour les automobilistes

Plusieurs travaux européens ont mis au point des méthodologies permettant de calculer les émissions des voitures particulières. Il existe ainsi plusieurs modèles agrégés (COPERT4, HBEFA ou ARTEMIS, etc.) qui fournissent des courbes d'émissions en fonction du type de véhicule (cylindrée, type de carburant, année de construction) et selon la vitesse moyenne du parcours ou les conditions de trafic (Chanut, Chevallier 2012).

Les données relatives aux véhicules des frontaliers et permettant d'alimenter ces modèles d'émissions n'ont pas été collectées lors des enquêtes. A l'avenir, il est indispensable d'intégrer dans ces enquêtes le minimum de question permettant d'utiliser ces modèles d'émissions. Les trois principales variables disponibles sont l'âge, la marque et le type de carburant.

Figure : Caractéristiques des voitures des frontaliers comparées aux autres pays

Caractéristiques des voitures		Frontaliers	Luxembourg	France	Allemagne
Age moyen des véhicules ¹		5	5,2	8,2	8,1
Part des véhicules diesel ²		83%	77%	77%	44%
Principales marques	Volkswagen	12%	14%	-	-
	BMW	8%	9%	-	-
	Audi	8%	8%	-	-
	Renault	12%	7%	-	-
	Peugeot	11%	7%	-	-

¹ année de référence 2008, sauf pour les frontaliers (2010)

² Part de voitures neuves vendues en 2008, sauf pour les frontaliers (2010)

Sources : Enquête Mobilité Frontaliers 2010, European Automobile Manufacturers Association 2011, STATEC

Les véhicules des frontaliers sont plus récents que ceux de l'ensemble des français ou des allemands, et l'âge moyen est proche de celui des voitures immatriculées au Luxembourg. La distribution des principales marques des voitures des frontaliers se rapproche également de celles du Luxembourg, avec une majorité de Volkswagen et un pourcentage comparable de BMW ou d'Audi. La distance élevée parcourue pour aller au travail peut expliquer le fort pourcentage de véhicules diesel (83%), supérieur à la moyenne du Luxembourg. Sur la base de cette analyse, et à défaut d'autres données plus précises, on pose l'hypothèse que le parc de véhicules des frontaliers est comparable au parc des véhicules immatriculés au

Luxembourg. Cette hypothèse permet d'utiliser les statistiques, très précises, sur les caractéristiques du parc de véhicules au Luxembourg, en particulier concernant les émissions de CO₂.

Figure : Evolution des émissions de CO₂ (gCO₂/km) des voitures immatriculées au Luxembourg,

	2007	2010	2012
Phase de fonctionnement	178.5	167.6	160.1
Phases amont + fonctionnement	205.2	192.6	130.9

Source : calculs de l'auteur, à partir de STATEC et ADEME

Le passage des émissions de la phase de fonctionnement (données affichées par les constructeurs) aux émissions intégrant la phase amont est effectué avec un facteur de rendement de 87% (ADEME 2009). Il s'agit des émissions d'homologation en usage mixte, les émissions seraient plus élevées. Malgré les limites de ces valeurs, qui ne tiennent par exemple pas en compte les conditions de circulation réelles, elles mettent en évidence une amélioration technologique des véhicules. Les émissions d'homologation ont baissé de 6% entre 2007 et 2010. Le taux d'occupation est stable à 1,08.

Pour les transports en commun

Dans le cas des transports en commun, il serait envisageable de recenser l'ensemble des services de transports transfrontaliers et, pour chaque service ou ligne, de calculer les émissions produites à partir de différentes données (type de matériel, origine de l'électricité, etc.). Toutefois, cette méthode rencontre deux difficultés majeures. Premièrement, l'ensemble des services de transports transfrontaliers n'est pas exclusivement utilisé par des frontaliers (même s'ils représentent la majorité). Le trafic frontalier se superpose également en partie avec du trafic national, certaines liaisons permettant une desserte nationale. D'autre part, ce travail nécessite une étroite collaboration avec les opérateurs pour connaître leurs émissions de CO₂ par ligne. Or, le nombre d'opérateurs (SNCF, SNCB, DB, CFL, opérateurs de car) est très élevé, et les transporteurs ne disposent pas toujours d'un bilan carbone précis par service.

Aussi, on choisit d'utiliser une méthode analogue au cas des automobilistes en calculant des ratios d'émissions par voyageurs et par kilomètre. Les données proviennent de bilans globaux établis par les opérateurs ou par pays. L'inconvénient est que ces ratios ne permettent pas de prendre en compte certaines caractéristiques locales du système de transport : électrification des voies, taux d'occupation plus élevé que la moyenne, etc. Il existe plusieurs sources possibles pour les émissions unitaires. L'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) dans l'étude « INFRAS-IWW » donne des facteurs d'émission pour le transport ferroviaire de voyageurs de différents pays européens, pour l'année de référence 2000. Il existe également l'outil en ligne Ecopassenger¹. Cet outil, développé par l'IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, GmbH) prend en compte des données plus récentes. Sur la base de trajets depuis Trèves, Arlon et Thionville, on calcule alors les valeurs moyennes d'émissions de CO₂ par voyageur et par kilomètre.

¹ Ecopassenger : <http://www.ecopassenger.org>

Figure : Emissions de CO2 (g CO2/voyageur.km) pour le train

	France	Belgique	Allemagne
Trajet de référence	Thionville - Luxembourg	Arlon - Luxembourg	Trèves - Luxembourg
Phases amont + fonctionnement	46	44	67

Source : Ecopassenger (IFEU)

Cependant, comme cela a été déclaré précédemment, cette méthode ne prend pas en compte certaines particularités locales. En France par exemple, les émissions sont peut-être plus faibles car l'ensemble des lignes transfrontalières sont électrifiées. D'autre part, les valeurs dépendent des taux d'occupation, qui, dans notre cas d'étude, sont peut-être plus élevées que la moyenne de référence. En revanche, la précision de cette méthode semble suffisante pour répondre à la problématique.

Pour les lignes de bus transfrontalières, on utilise la valeur de 37 gEqCO₂.voy.km, issue du Bilan Carbone® de l'ADEME. Cette donnée se base sur une occupation moyenne de 30 voyageurs par bus. Il s'agit ici d'équivalent CO₂, par simplification on considère qu'il s'agit de CO₂.

Les trajets de rabattement vers les gares ne sont pas pris en compte. La distance de ces trajets est en moyenne de 6 km, et ils sont réalisés majoritairement en voiture (60%).

Distance du trajet domicile-travail

Les données des enquêtes permettent de calculer la distance entre le lieu de résidence et le lieu de travail des frontaliers, par pays et par mode de transport principal. Cette donnée est essentielle pour estimer la quantité de CO₂ produite. Entre 2007 et 2010, la distance est restée stable à 44 km et n'a donc pas d'influence sur les évolutions des émissions de CO₂.

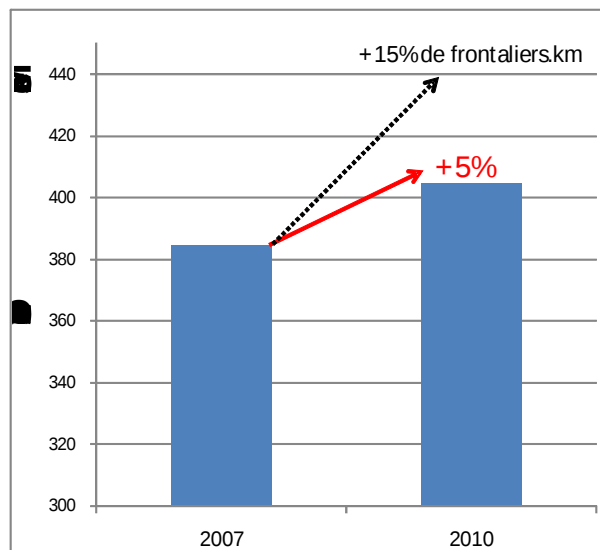
Part modale

Le mode de transport principal est directement issu des enquêtes, tout comme le nombre de frontaliers. Il s'agit du point de départ de la réflexion. Compte tenu de l'éloignement entre le domicile et le lieu de travail, les retours au domicile à midi sont très peu nombreux, donc négligeables. De même, il a été décidé de ne pas prendre en compte les boucles de déplacements, qui restent relativement rares. Chaque frontalier réalise donc en moyenne deux trajets par jours.

3 Résultats

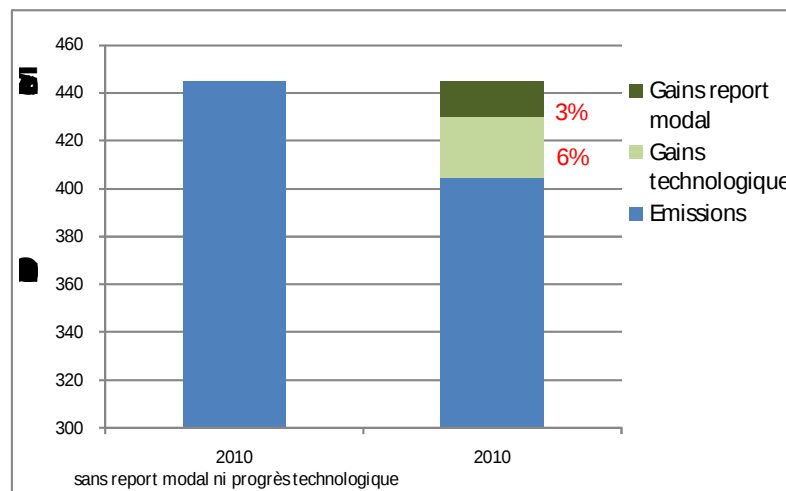
Les émissions de CO₂ ont augmenté de 5% entre 2007 et 2010, passant de 385 000 tonnes/an à 405 000 tonnes/an. Ce chiffre est à comparer à la hausse du nombre de frontalier de 15%, qui aurait dû, en l'absence de report modal ou de progrès technologique, entraîner une progression identique du volume des émissions de CO₂. Il y a donc eu un impact positif du report modal, qui a permis de limiter l'augmentation des émissions de CO₂, sans toutefois parvenir à les réduire.

Figure : Evolution des émissions de CO2 liées à la mobilité des frontaliers entre 2007 et 2010



Pour estimer rôle joué par chaque mesure, deux simulations sont réalisées. La première teste l'hypothèse d'une absence de report modal entre 2007 et 2010. On utilise les parts modales de 2007 pour calculer les émissions en 2010, autrement dit on simule juste l'effet de la baisse des émissions unitaires des voitures particulières. La deuxième simulation utilise les mêmes émissions unitaires des voitures particulières entre 2007 et 2010, et permet de mesurer uniquement l'effet du report modal. Les résultats montrent que les gains technologiques sont plus importants que les gains du report modal, puisqu'ils ont permis de diminuer les émissions de 6% par rapport à une situation théorique en 2010. La forte hausse de l'usage des TC a entraîné une baisse de 3% des émissions de CO2.

Figure : Impacts du report modal et du progrès technologique sur les émissions de CO2 en 2010



Comme l'usage de la voiture reste largement majoritaire pour se rendre au travail, les mesures portant sur la diminution des émissions des voitures ont eu un effet plus marqué que le report modal. Néanmoins, ce résultat doit être pris avec précaution au regard des hypothèses retenues dans l'estimation des émissions. Dans cette optique, il semble important d'affiner la connaissance du parc des véhicules des frontaliers, et de préciser, toujours en lien avec les opérateurs, les émissions des transports en commun.

Le rapport d'évaluation globale de l'avant-projet consolidé du Schéma National des Infrastructures de Transport en France (SNIT, Commissariat Général au Développement Durable, 2011) analyse les impacts du SNIT sur l'environnement. Il estime que les gains technologiques permettraient d'abaisser les émissions de CO₂ à l'horizon 2030 de façon plus significative que les reports modaux induits par le SNIT. Cette conclusion, qui concerne uniquement la mobilité interurbaine, va dans le même sens que les résultats obtenus pour la mobilité des frontaliers.

Le calcul des émissions rapportées au nombre de frontalier donne des résultats identiques, mais avec un éclairage différent. Un frontalier émet en moyenne 3,1 tonnes de CO₂ par an pour se rendre au travail, ce qui représente une baisse de 9% par rapport à 2007. À titre de comparaison, un français émet en moyenne deux tonnes de CO₂ pour l'ensemble de ses déplacements, y compris de longue distance (Commissariat Général au Développement Durable, 2008).

Figure : Emissions de CO₂ par frontalier et par an (tonnes)

2007	3.41
2010	3.10
2010 - juste avec le report modal	3.30
2010 - juste avec les progrès technologiques	3.22

Le STATEC a construit plusieurs scénarios macroéconomiques sur l'évolution de l'emploi (Langers, Peltier, 2010), selon l'évolution de la situation économique, et le choix du Luxembourg de privilégier l'emploi frontalier ou l'emploi résident. Un des scénarios prévoit une forte augmentation du nombre de frontaliers, qui atteindrait 170 000 en 2020 (+ 17% par rapport à 2010). Avec les hypothèses d'une part modale de 25% pour les TC et de la poursuite linéaire de la baisse des émissions unitaires des voitures particulières, le volume total des émissions de CO₂ serait en baisse de 20% par rapport à 2010. (à comparer à la hausse de 17% des frontaliers.km). Les progrès technologiques des véhicules contribueraient deux fois plus que le report modal à cette baisse.

4 Discussions

La méthodologie utilisée pour répondre à la question de départ est relativement simple, Elle a l'avantage de s'appuyer sur des données disponibles et elle ne demande pas de moyens de mise en œuvre. Pour les émissions des voitures particulières, les outils existent pour affiner la méthode, mais il manque certaines données sur les véhicules des frontaliers. Les futures enquêtes sur la mobilité au Luxembourg devraient intégrer les questions permettant d'évaluer les émissions de CO₂ du parc automobile avec les modèles agrégés disponibles. Dans le cas des transports en commun, le calcul des émissions nécessite d'être approfondi en lien avec les différents opérateurs de transports. L'objectif est d'aller vers plus de transparence, comme par exemple en France où un décret (2011) prévoit que les opérateurs de transport informent leurs passagers sur le volume d'émissions de CO₂ du trajet. Cette dynamique permettra peut-être de faciliter les coopérations avec les opérateurs de transport pour connaître précisément les émissions de CO₂ dues aux transports en commun.

A priori, la sensibilité des résultats à la méthodologie employée ne remet pas en cause les deux principales conclusions. Premièrement les mesures prises pour réduire les émissions de CO₂ dues à la mobilité des frontaliers ont bien eu un impact, mais il reste mesuré au regard des objectifs affichés. D'autres secteurs (bâtiment, industrie,...) semblent présenter des potentiels de réduction plus importants. Pour atteindre les objectifs, il s'avère donc nécessaire de poursuivre et d'accentuer les efforts dans le domaine des transports, voir également, en compensation, de parvenir à des réductions plus importantes dans d'autres secteurs.

Deuxièmement, les progrès technologiques des voitures permettent des réductions plus élevées que le report modal. Pour que cette situation change, un renversement modal est pratiquement nécessaire (ou l'atteinte des limites technologiques dans l'amélioration des véhicules). Ce résultat, s'il est confirmé, peut être mal interprété : il ne signifie pas que les TC jouent seulement un rôle secondaire dans la réduction des GES. En effet une rupture modale n'est pas exclue à moyen terme, étant donné les incertitudes sur les prix de l'énergie. D'autre part le développement de l'usage des TC, et plus généralement de l'ensemble de la mobilité alternative à la voiture individuelle, répond à des objectifs plus larges que la réduction des émissions de CO₂.

Bibliographie

ADEME, Bilan Carbone®, Guide des facteurs d'émissions, version 6.1

ADEME, Les transports électriques en France : un développement nécessaire sous contraintes, ADEME&Vous Stratégies & études, n°21 juillet 2009

Bouzouina Louafi, Nicolas Jean-Pierre, Vanco Florian (2011), « Evolution des émissions de CO2 liées aux mobilités quotidiennes : une stabilité en trompe l'œil » Recherche – Transport – Sécurité, vol. 27 pp 128-139.

Chanut S., Chevallier E (2012), « Estimation des impacts atmosphériques des projets de gestion de trafic : de l'application des modèles théoriques sur des cas concrets », Rech. Transp. Secur. 28.

Commissariat Général au Développement Durable, La mobilité des Français Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008, http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/La_revue_du_CGDD/2010/La_mobilite_des_Francais_ENTD_2008_revue_cle7b7471.pdf

Commission Européenne, EU Transport in figures, Statistical pocketbook 2011, http://ec.europa.eu/transport/publications/statistics/statistics_en.htm

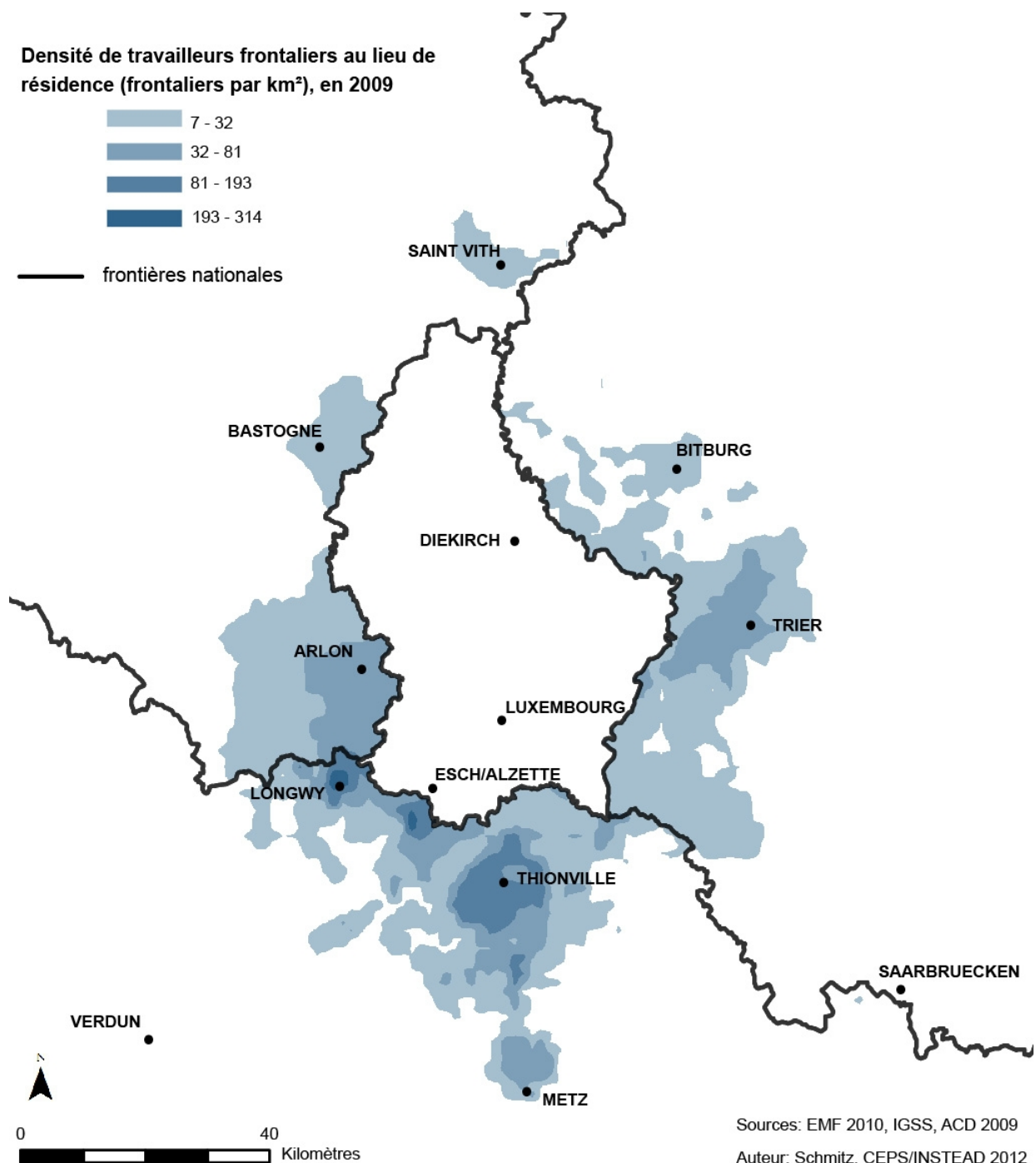
IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH), EcoPassenger, Environmental Methodology and Data, avril 2010.

Hickman Robin, Banister David (2007), « Looking over the horizon : Transport and reduced CO2 emissions in the UK by 2030 » Transport Policy 14 377-387.

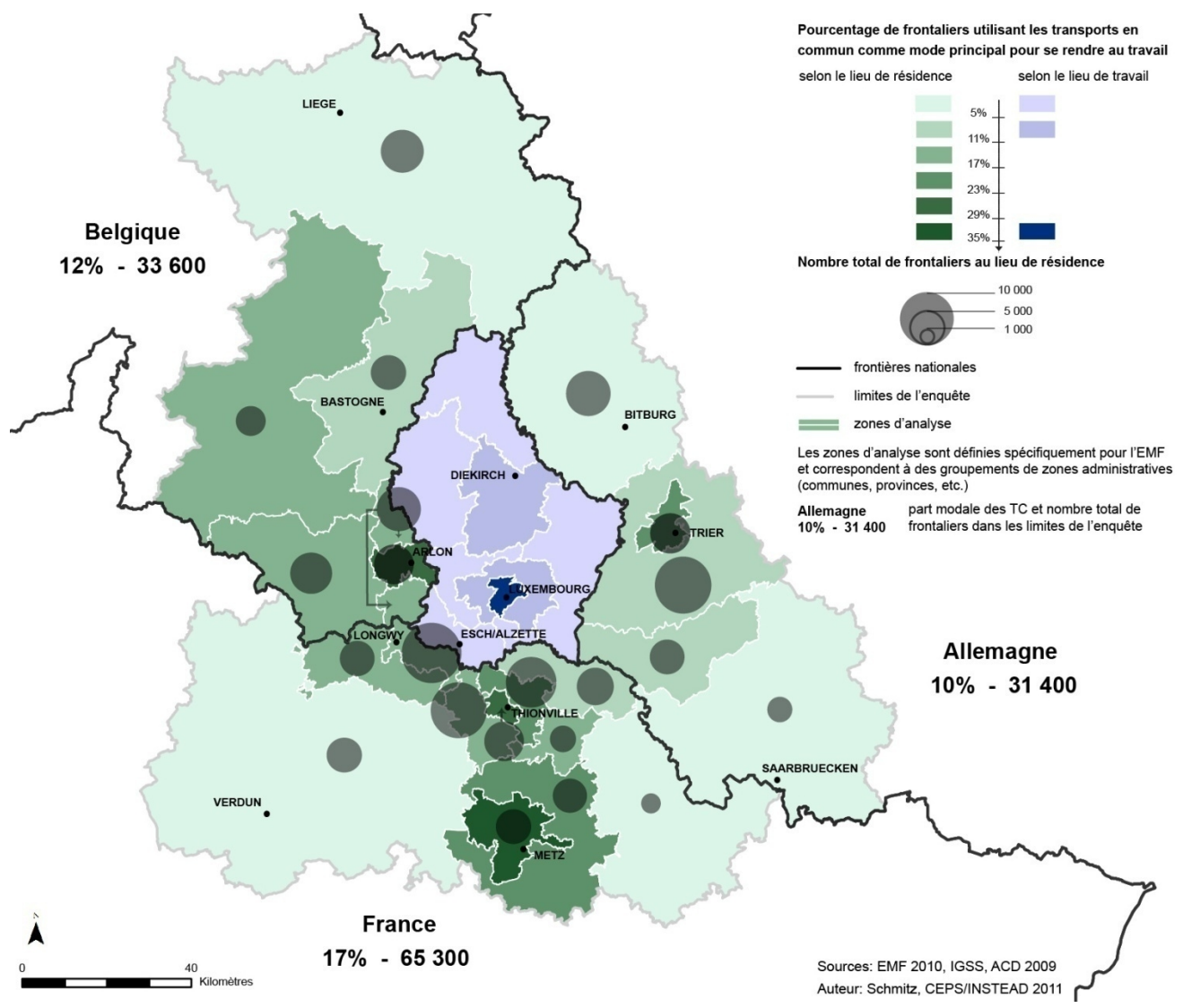
LANGERS J., PELTIER F., 2010, Projections socio-économiques 2010-2060, *Bulletin du STATEC n°5-10*, pp.247-290, <http://www.statistiques.public.lu/fr/actualites/population/population/2010/10/20101026/index.html>

Schmitz Frédéric, Gerber Philippe (2010) « Voiture ou transports en commun ? Comment les frontaliers se rendent-ils au travail en 2010 ? » Ed. CEPS/INSTEAD, Vivre au Luxembourg, n°78, 2p

Annexe 1 : densité de travailleurs frontaliers au lieu de résidence en 2009



Annexe 2 : parts modales des déplacements domicile-travail au lieu de résidence et d'emploi



Estimation des émissions de polluants et de la consommation de carburant du trafic routier¹

Vincent AGUILÉRA — Antoine TORDEUX

LABORATOIRE VILLE MOBILITÉ TRANSPORT (LVMT)

Université Paris-Est — École des Ponts et Chaussées — IFSTTAR

**11^{ème} séminaire francophone est-ouest
de socio-économie des transports**

Les 24 et 25 mai 2012, à Karlsruhe

¹Recherche financée en partie par la chaire **VINCI / ParisTech** 8L1142 intitulée «Éco-Conception des ensembles bâtis et des infrastructures»

Objectif

- ▶ Le **LaDTA** est un **modèle d'affectation et d'écoulement** du **trafic routier** sur un **réseau** développé au LVMT
 - **Modèle agrégé** : les voies de circulation sont des arcs et les intersections sont des noeuds
 - Calcul des **débits et vitesses moyennes par arc** en temps continu, à partir de matrices Origine/Destination
- ▶ Notre objectif est de développer un **modèle d'estimation des émissions de polluants** (en sortie d'échappement) et de **la consommation de carburant** qui soit **adapté à LaDTA**
 - Exploration des modèles d'émission
- ▶ À terme, le but est d'évaluer l'impact du trafic routier sur la **qualité de l'air** (ex: ZAPA en Ile de France) à l'aide d'un **modèle de dispersion** des polluants développé au CEREAS

Les modèles d'émission du trafic routier

- ▶ Estimation en **deux étapes** :
 1. Estimation de la **composition du flux** (statique)
 2. Estimation du **facteur d'émission**, par classe de véhicule (fonction de la dynamique du flux)

- ▶ Il existe dans la littérature différentes modélisations des facteurs d'émission allant :
 - Des **modèles macroscopiques**, fondés sur la **vitesse moyenne** («stabilisée», *i.e.* le long d'un trajet suffisamment long, ex: COPERT²),
 - Aux **modèles microscopiques (modaux)**, fondés sur des **performances instantanées** des véhicules (ex: CMEM³)

²COPERT 4, Ntziachristos & Samaras, 2009; ARTEMIS, Boulter and McCrae, 2007

³CMEM, Barth *et al.*, 1996; VT-MICRO, Rakha *et al.*, 2004

Problématique et plan de la présentation

- ▶ Les **modèles microscopiques** des facteurs d'émission nécessitent des **performances instantanées peu accessibles**
- ▶ Les **modèles macroscopiques** sont **opérationnels** (à des échelles importantes) mais **peu sensibles aux aspects fins des écoulements du trafic** (en congestion)
- ▶ L'utilisation de la **distribution des vitesses** des véhicules permet d'obtenir des **estimations plus consistantes** des modèles macroscopiques⁴

Plan de la présentation :

- Propriétés du trafic
- Définition d'un modèle d'émission
- Comparaison des estimations à des modèles connus

⁴Smit *et al.*, 2008. Atmosph. Env. 42(5):916–926

Propriétés observées du trafic

- ▶ Distinction de **deux états de trafic** :
 - Un régime dit **libre** (à faible densité), où les **vitesse des véhicules** sont globalement **constantes**
 - Un régime dit **congestionné**, où les **vitesse varient** (file d'attente, trafic en accordéon)
- ▶ Plus précisément, les **distributions des vitesses** sont **uni-modales** en régime libre et **bi-modales** en régime congestionné⁵
 - Formation de files d'attente aux intersections⁶
 - Phénomène d'ondes cinématiques induit deux modes de vitesse aux véhicules en file⁷

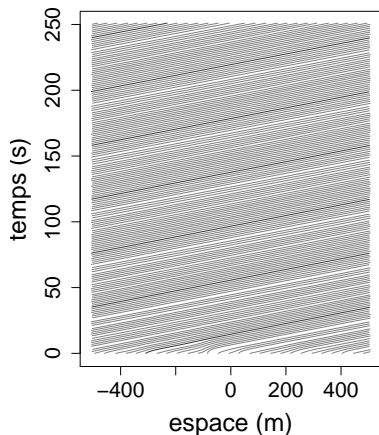
⁵Treiber *et al.*, 2010. *Transp. Res. B* 44(8-9):983–1000

⁶Herman & Prigogine, 1979, *Science*, 204(4389):148–151

⁷Manhke *et al.*, 2008. *Physics of stochastic process*. Wiley

Exemples de trajectoires simulées sur un cercle

Régime libre



Régime congestionné

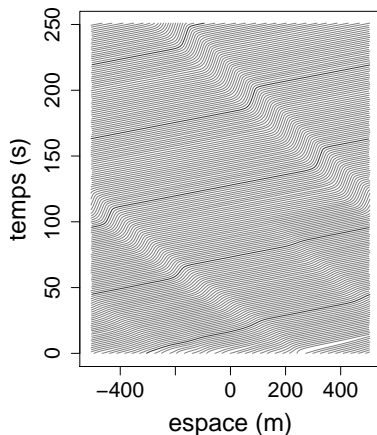
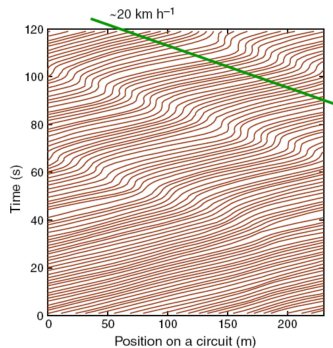


Figure 1: Trajectoires sur un cercle selon deux niveaux de densité, simulation d'un modèle microscopique de trafic

Trajectoires réelles sur un cercle⁸

(movie)

Diagramme d'espace-temps associé⁷



⁸SUGIYAMA *et al.*, 2008. *New J. Phys.* 10-033001

Diagramme fondamental

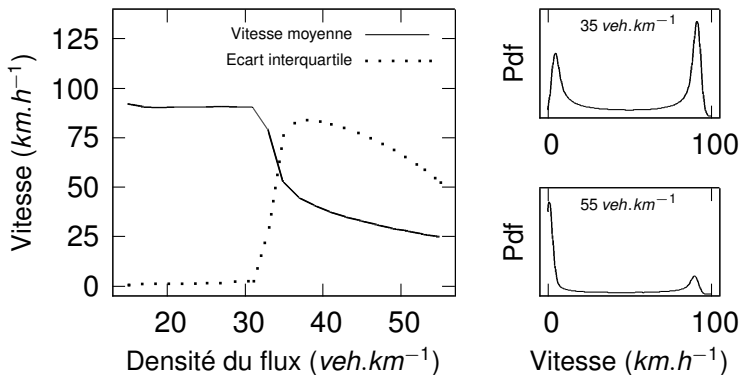


Figure 2: Vitesse moyenne et écart inter-quartile selon le niveau de densité du flux et exemples de distributions des vitesses (simulation)

Définition du modèle BIMODEM

- ▶ Modèle d'estimation du **facteur d'émission** \tilde{EF} (en $[g/km]$) d'un polluant ou de la consommation de carburant fondé sur la **vitesse moyenne**
- ▶ Hypothèse d'une **distribution bi-modale** des vitesses :

$$\tilde{EF}(v, \underline{v}, \bar{v}) = \lambda EF(\bar{v}) + (1 - \lambda) EF(\underline{v}), \quad \lambda = \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}}$$

avec EF un facteur d'émission fonction de la vitesse, v la vitesse moyenne, $\underline{v} \leq \bar{v}$ les vitesses modales à calibrer

- \bar{v} est la **vitesse maximale autorisée**, de sorte que la **distribution** des vitesses est **uni-modale en régime libre**
- \underline{v} est une vitesse constante relativement faible, **caractéristique du trafic en congestion**

Position du modèle

- ▶ Le modèle BIMODEM proposé est **macroscopique**, au sens où il est **fondé sur la vitesse moyenne**
- ▶ Une **connaissance a priori** du comportement des flux de trafic est introduite avec la **distribution bi-modale** des vitesses
- ▶ **Approche macroscopique intermédiaire** entre les modèles fondés sur la **vitesse moyenne**, sur une **classification des états** et sur une **distribution des vitesses**
- ▶ **Description plus précise de la dynamique du trafic** qu'une simple vitesse moyenne, au prix de **deux paramètres** :
 - L'un lié à l'**infrastructure** (la vitesse maximale autorisée)
 - Le second est **caractéristique du trafic en congestion** et est à calibrer

Évaluation du modèle

- ▶ Évaluation des estimations de la **consommation de carburant**⁹ sur des **trajectoires** :
 - **Simulées**, à l'aide d'un modèle de trafic microscopique
 - **Réelles**, obtenues par traitement vidéo
- ▶ Utilisation du modèle **CMEM** comme **estimation de référence** et de la fonction de **facteur d'émission COPERT 4**
- ▶ **Calibrage** des vitesses modales du modèle :
 - **Vitesse maximale** \bar{v} : donnée par l'infrastructure
 - **Vitesse minimale** $\underline{v} = 20 \text{ km/h}$

⁹d'automobiles essence EURO 3 de cylindrée comprise entre 1.4 et 2 ℓ

Trajectoires simulées

- ▶ Obtenues à l'aide d'un **modèle microscopique de trafic**¹⁰
- ▶ **Véhicules en file** sur un cercle observés en **régime stationnaire** selon :
 - Le **niveau de densité du flux** (variant de 15 à 55 *veh/km*)
 - La **vitesse maximale** notée v (égale à 90 et 125 *km/h*)
- ▶ Distinction de **deux états de trafic** :
 - Un régime **libre** où les **vitesse des véhicules sont constantes** (égales à la vitesse maximale)
 - Un régime **congestionné** où les **vitesse des véhicules varient** (présence d'ondes cinématiques)

¹⁰Lassarre *et al.*, 2010 *Transp. Res. B* 44(8-9):1115–1131

Estimations sur les trajectoires simulées

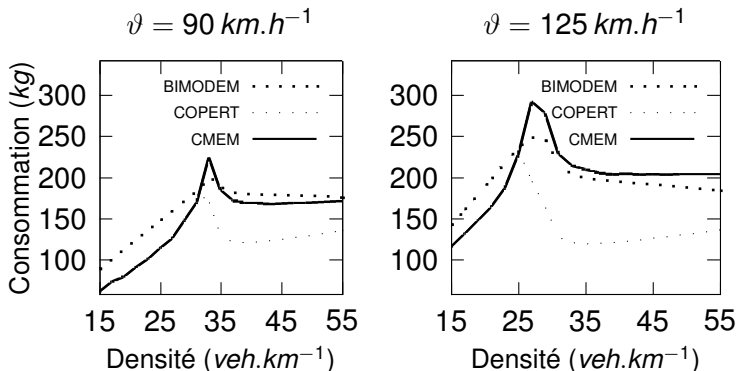


Figure 3: Estimation de la **consommation de carburant** durant une heure sur une voie d'un kilomètre selon le niveau de densité du flux

Utilisation de trajectoires réelles

Données issues du projet américain NGSIM¹¹

- 45 mn d'observation, portion de 640 m, 6101 trajectoires
- Contexte congestionné (vitesse moyenne ≈ 33.2 km/h)

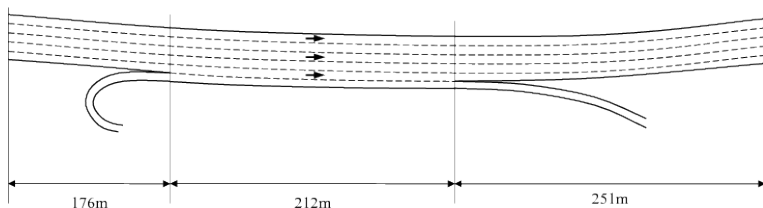


Figure 4: Portion observée : autoroute américaines à 5 voies comportant une voie d'insertion

¹¹Échantillon US101 – FHWA. US Department of Transportation, Next Generation SIMulation , 2008. URL <http://ngsim-community.org/>.

Consommation de carburant par trajectoire

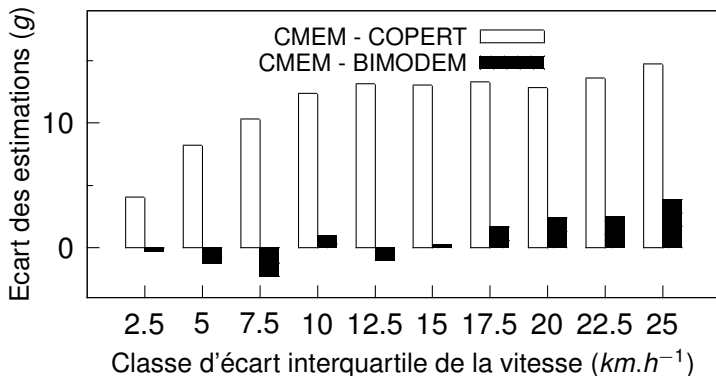


Figure 5: Différences des estimations de la **consommation de carburant par trajectoire** et classe d'**écart interquartile** de vitesse
Estim. totale : CMEM 384 kg, COPERT 304 kg, BIMODEM 376 kg

Conclusions et perspectives de travail

Conclusions :

- Les modèles d'émission fondés sur la vitesse moyenne ne sont pas toujours pertinents en congestion lorsqu'ils sont utilisés à des échelles locales
- Supposer que la vitesse moyenne est un mélange de deux modes apparaît alors être un compromis raisonnable

Perspectives de travail :

- Développer des méthodes d'estimation des paramètres du modèle (statistique ou par analyse de modèles de trafic)
- Confronter les estimations à des mesures réelles et évaluer l'apport de la démarche ainsi que son échelle d'application

Merci de votre attention !

Beste Grüsse !

Texte en français de la présentation intitulée

Estimation des émissions de polluants et de la consommation de carburant du trafic routier

pour le

11^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

des 24 et 25 mai 2012, à Karlsruhe

Antoine TORDEUX

Laboratoire Ville Mobilité Transport — Université Paris-Est
19 rue Alfred Nobel, Cité Descartes, Champs sur Marne 77455 Marne-la-Vallée
E-mail: antoine.tordeux@enpc.fr – Tél.: +33 164 152 139

Transparent 1 Bonjour à tous. Je m'appelle Antoine Tordeux et je suis post-doctorant au laboratoire Ville Mobilité Transport sous l'encadrement de Monsieur Vincent Aguiléra qui est chercheur au LVMT. Nous travaillons sur l'estimation des émissions de polluants et de la consommation de carburant du trafic routier, comme l'indique le titre de notre présentation, grâce au financement de la chaire Vinci/ParisTech "Éco-conception des ensembles bâtis et des infrastructures".

Transparent 2 Notre objectif est de développer un modèle d'estimation des émissions et de la consommation routière qui est à la fois :

- Opérationnel, c'est à dire facile d'utilisation et donc fondé sur des données disponibles;
- Précis, on veut que le modèle soit capable de rendre compte d'aspects fins (c'est à dire à de petites échelles temporelles et spatiales) de l'écoulement du trafic et notamment en congestion;
- Cohérent, par rapport aux modèles existant et aux échelles d'application.

Ce travail a été initié en cherchant à compléter par un modèle d'estimation des émissions un modèle d'affectation et d'écoulement du trafic sur un réseau (tel qu'une grande agglomération) développé au LVMT (le LadTa). Le LadTa est un modèle en temps continu dans lequel les routes non-intersectées sont discrétisées en arc (dont la longueur varie de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres). A terme le but est d'évaluer la qualité de l'air (notamment dans des projets ZAPA en IdF) en collaboration avec le laboratoire CEREAs (qui développe des modèles de dispersion).

Transparent 3 Classiquement, les modèles d'émission procèdent en deux étapes :

1. Il s'agit dans un premier temps d'estimer la composition du flux en terme de type de véhicule (automobile, poids-lourd, motorcycle...), d'âge (auquel est associée une norme), de motorisation (essence/diesel), de la cylindrée etc... Les modèles d'estimation de la composition du flux sont fondés sur les effectifs des immatriculations des véhicules neufs ainsi que sur des modèles de durée de vie et d'utilisation des véhicules.

2. Puis d'estimer le facteur d'émission, en g/km par exemple (ou le taux, en g/s), par classe de véhicule. C'est la quantité que l'on cherche à estimer dans cet exposé. Il s'agit d'une fonction de la dynamique du flux.

Les modèles de facteurs d'émission vont :

- Des modèles macroscopiques, fondés sur la vitesse moyenne le long d'un trajet ou sur une classification des types et états de trafic (urbain, péri-urbain, autoroutier – fluide, congestionné, saturé). Ces modèles sont utilisés à des échelles importantes, par exemple pour réaliser des inventaires d'émission à l'année, pour une région ou un pays. Le modèle COPERT est un modèle européen de ce type.
- Aux modèles microscopiques (ou modaux), fondés sur les performances instantanées des véhicules (vitesse, accélération, puissance requise...) et pouvant être utilisés en "temps réel".

Transparent 4 Notre problématique est la suivante. Les modèles microscopiques d'émission sont précis mais ils dépendent de performances instantanées peu accessibles. Les modèles macroscopiques fondés sur la vitesse moyenne sont opérationnels à des échelles importantes mais peu sensibles aux aspects fins des écoulements du trafic, notamment en congestion (la vitesse moyenne est un indicateur trop "peu exhaustif" de l'état du trafic). Ils ne sont pas adaptés à des échelles locales. Néanmoins, il est montré dans la littérature que l'utilisation des distributions des vitesses à la place de la vitesse moyenne, permet de rendre plus consistante les estimations des modèles macroscopique (Smit, Poelman, et Schrijver, 2008).

Cette exposé commencera par la présentation de certaines propriétés des flux de trafic, observées empiriquement ou à l'aide de modèles. Il s'agit principalement de propriétés des vitesses des véhicules. Puis, un nouveau modèle d'émission sera présenté compte-tenu des propriétés des flux de trafic évoquées. Enfin, ce modèle d'émission sera comparé à des modèles existant à l'aide de données simulées et réelles.

Transparent 5 On distingue principalement deux états de trafic :

1. Un régime dit libre (pour des niveaux de densité faibles), où les vitesses des véhicules sont globalement constantes, égales à une vitesse de désirée ou maximale.
2. Un régime dit congestionné, où les vitesses varient (trafic en accordéon, présence d'ondes cinématiques)

Plus précisément, la distribution des vitesses est uni-modale en régime libre et bi-modale en régime congestionné.

Transparent 6 On observe sur ces figures des trajectoires de véhicules en file sur un cercle d'un kilomètre, simulées à l'aide d'un modèle de trafic microscopique. En retrouve en abscisse l'espace, le cercle déroulé, et en ordonnées le temps, en seconde. Les conditions initiales sont aléatoires. Il s'agit à gauche d'un régime libre avec 26 véhicules, les véhicules circulent à la même vitesse de manière homogène. On observe à droite un régime congestionné, avec 36 véhicules, où se propage une onde cinématique. On observe alors deux états de trafic: un trafic libre pour les véhicules circulant en dehors de l'onde de trafic dense et un régime congestionné, comparable à une file d'attente, à l'intérieure de l'onde.

Transparent 7 Lorsque l'on observe des trajectoires réelles sur un cercle, le même phénomène se produit. Dans cette expérience, 22 évoluent sur un cercle de quelques centaines de mètres. Les conditions initiales sont homogènes. Rapidement une onde cinématique se forme et se propage.

Transparent 8 Sur le diagramme de gauche, la vitesse moyenne ainsi que l'écart inter-quartile (témoignant de la variabilité des vitesses) sont tracés en fonction de la densité du flux (simulé sur un cercle). On distingue un seuil de densité critique, fonction de la vitesse maximale. En dessous de ce seuil, les vitesses sont constantes. Au dessus, les vitesses varient et la vitesse moyenne chute. On observe alors des distributions bi-modales des vitesses comme le montrent les diagrammes de droite, pour deux niveaux de densité correspondant à un régime congestionné.

Transparent 9 Au vu des ces considérations, nous proposons un modèle d'émission supposant une distribution bi-modale de la vitesse des véhicules. Il s'agit d'un modèle de facteur d'émission qui est le mélange de deux facteurs d'émission évalués en les valeurs modales de la vitesse. Le mélange est pondéré par un coefficient λ fonction de la vitesse moyenne :

$$\tilde{EF}(v, \underline{v}, \bar{v}) = \lambda EF(\bar{v}) + (1 - \lambda) EF(\underline{v}), \quad \lambda = \frac{v - \underline{v}}{\bar{v} - \underline{v}}$$

EF est une fonction de facteur d'émission, v est la vitesse moyenne, $\underline{v} \leq \bar{v}$ sont les vitesses modales à calibrer. \bar{v} est la vitesse maximale autorisée, de sorte que la distribution des vitesses soit uni-modale en régime libre. \underline{v} est une vitesse constante, relativement faible, caractéristique du trafic en congestion.

Transparent 10 Le modèle proposé est macroscopique au sens où il est fondé sur la vitesse moyenne. Une connaissance a priori du comportement des flux de trafic est introduite avec l'hypothèse d'une distribution bi-modales des vitesses. Il s'agit d'une approche macroscopique intermédiaire entre les modèles fondés sur la vitesse moyenne, sur une classification des états et sur une distribution des vitesses. La description de la dynamique du trafic est plus précise qu'une simple vitesse moyenne, au prix de deux paramètres : l'un lié à l'infrastructure (la vitesse maximale autorisée), le second est caractéristique du trafic en congestion et est à calibrer.

Transparent 11 Nous avons cherché à évaluer les estimations du modèle et à les comparer à des modèles reconnus. Nous estimons la consommation de carburant des automobiles essence EURO 3 de cylindrée comprise entre 1.4 et 2 ℓ sur des trajectoires : simulées, à l'aide d'un modèle de trafic microscopique, et réelles, obtenues par traitement vidéo. On utilise le modèle microscopique CMEM comme estimation de référence ainsi que les fonction de facteur d'émission du modèle macroscopique COPERT 4. Les vitesses modales du modèle sont calibrées par la donnée de l'infrastructure pour la vitesse modale supérieure et à 20 km/h pour la vitesse inférieure.

Transparent 12 Les trajectoires simulées sont obtenues sur un cercle à l'aide d'un modèle microscopique (de poursuite). Plusieurs simulations sont réalisées selon: la densité du flux (variant de 15 à 55 veh/km) et la vitesse maximale notée ϑ (égale à 90 et 125 km/h). On distingue les deux états de trafic lors des simulations: un régime libre où les vitesses des véhicules sont constantes et égales à la vitesse maximale, un régime congestionné où les vitesses des véhicules varient (présence d'ondes cinématiques).

Transparent 13 On observe sur ces diagrammes les estimations de la consommation de carburant pour le flux de véhicule sur le cercle durant une heure, en fonction de la densité. Il s'agit du modèle proposé, du modèle CMEM et du modèle COPERT. A gauche, la vitesse maximale lors des simulations est de 90 km/h , à droite, la vitesse maximale est de 125 km/h . Les estimations de COPERT et BIMODEM sont, comme prévu, identiques en régime libre (puisque la vitesse moyenne est égale à la vitesse maximale et donc $\lambda = 1$). Les valeurs surestiment quelque peu les estimations de CMEM pour les deux vitesses maximales. En régime congestionné, les estimations COPERT sous-estiment l'estimation de référence CMEM (avec des écarts pouvant atteindre 20%). De plus, les estimations sont identiques pour les deux vitesses maximales, bien

que les états de trafic sont différents, car les vitesses moyennes sont quasiment égales. La modélisation COPERT ne semble pas adaptée à cette échelle d'application. Les estimations de BIMODEM sont davantage comparables aux estimations de CMEM. Des différences sont notamment observées en fonction de la vitesse maximale.

Transparent 14 Nous avons également cherché à évaluer le modèle sur des données réelles. Il s'agit de 45 mn d'observation de trajectoires de véhicules (6101 trajectoires) sur une portion autoroutière américaine à 5 voies de 640 m de long. Le contexte est congestionné, la vitesse moyenne est de 33.2 km/h.

Transparent 15 Nous avons classifié les trajectoires selon la valeur de l'écart inter-quartile de la vitesse. Les trajectoires pour lesquelles cet écart est important sont des trajectoires où la vitesse a fortement varié, synonyme de congestion. Sur cette figure, on observe les écarts moyens entre COPERT et CMEM (en clair) et entre BIMODEM et CMEM (en foncé) par classe d'écart inter-quartile. On observe premièrement que les écarts sont clairement plus faibles avec BIMODEM. De plus, on observe une tendance des estimations COPERT et CMEM à diverger lorsque l'écart inter-quartile augmente. Cela souligne l'inaptitude du modèle COPERT en congestion, lorsque les vitesses des véhicules varient. Ce n'est pas le cas avec le modèle BIMODEM. On retrouve approximativement les mêmes ordres de grandeur des estimations totales que celles obtenues sur les trajectoires simulées, avec des différences de l'ordre de 20% entre COPERT et CMEM et des estimations de CMEM et BIMODEM comparables.

Transparent 16 En conclusion, nous avons vu que les modèles d'émission fondés sur la vitesse moyenne ne sont pas toujours pertinents en congestion lorsqu'ils sont utilisés à des échelles locales. En réponse, nous avons vu que supposer que la vitesse moyenne est un mélange de la vitesse maximale liée à l'infrastructure et d'un paramètre à calibrer apparaît alors être un compromis de modélisation raisonnable. Nous devons développer des méthodes d'estimation des paramètres du modèle (statistique ou par analyse de modèles de trafic) et confronter les estimations à des mesures réelles et évaluer l'apport de la démarche ainsi que son échelle d'application.

Transparent 17 Merci de votre attention.



EUROPEAN TK'BLUE AGENCY

**1^{ère} agence de notation extra-financière relative à
l'empreinte environnementale des choix logistiques**

Un nouvel outil pour favoriser le choix de l'Optimodalité

par les chargeurs et donneurs d'ordres



Le développement des Agences de notation extra-financière

- Créées pour la plupart dans les années 2000, les agences de notation extra-financières dites « généralistes » **notent et évaluent** les efforts réalisés dans le domaine de la RSE (Responsabilité Sociale et Environnementale), à travers des éléments clairs et fiables.
- L'émergence des agences de notation extra-financière **sectorielles ou spécialisées** est récente. On en compte un nombre faible, parmi lesquelles :
 - Proxinvest (questions de gouvernance, France)
 - Trucost (enjeux environnementaux, Angleterre)
 - EthiFinance (pratiques RSE des PME, France)

et

EUROPEAN TK'BLUE AGENCY

Évaluant l'empreinte environnementale du transport de fret et de la logistique.

- Les Agences de notation extra-financière sectorielles, développant chacune leur propre méthodologie, adressent leur évaluation à différents types d'acteurs :
 - **Les entreprises**
 - **Les fonds ISR**
 - **Les agences de notation « généralistes »**
 - **Les autorités locales**
 - **Les asset managers ISR**



Une Agence de notation extra-financière en lien avec les objectifs RSE au niveau européen

- ➔ **EUROPEAN TK'BLUE AGENCY** délivre des éléments **rationnels et fiables**, en cohérence avec les **exigences législatives et réglementaires au niveau européen** dans le domaine des transports.

- ➔ Elles s'appuient sur les **textes législatifs et réglementaires** relatifs à la RSE au niveau national et européen, parmi lesquels :
 - **Au niveau européen** : la **Stratégie RSE de la Commission Européenne** d'octobre 2011 d'« intégrer les préoccupations en matière sociale, environnementale, éthique, de droits de l'homme et de consommateurs ».
 - **En France** : Les **Lois Grenelle I et II**, (dont l'article 225 relatif aux obligations de transparence des entreprises en matière sociale et environnementale), et l'arrêté du 10 avril 2012 sur l'**Affichage CO2**.
 - **En Allemagne** : adoption fin 2011 du Code de développement durable allemand (The **German Sustainability Code, GSC**).
 - **En Italie** : publication en 2009 du "**White Book on the Future Social Model**, focusing on subsidiarity, employability, health and safety and equal opportunities"
 - **Au Danemark** : vote d'une loi obligeant les 1100 plus grandes entreprises à rendre compte de leurs activités et de leur impacts environnementaux
 - **En Espagne** : adoption le 15 février 2011 une loi sur le reporting.



Une initiative européenne pour favoriser les solutions de transport optimodales

→ **EUROPEAN TK'BLUE AGENCY** est une **initiative européenne** qui réunit :

- Des chargeurs
- Des transporteurs
- Des économistes
- Des experts scientifiques
- Des collectivités

→ Elle a vocation à **noter de manière rationnelle, transparente et simple**, les **efforts entrepris** par les chargeurs et les transporteurs, pour favoriser des **solutions de transport à empreinte environnementale réduite**, génératrices d'économies d'énergie, de réduction d'émission de GES et d'externalités: bruit, congestion , sécurité...

L'intérêt d'une notation extra-financière TK'Blue pour les acteurs du transport

Pour les chargeurs

- Se situer dans un **benchmark par rapport à la concurrence**
- **Valoriser l'image de l'entreprise** vis-à-vis des clients (B2B et B2C)
- **Conforter les efforts** entrepris d'initiative par les chargeurs
- Avoir un **référentiel standardisé** des transporteurs valable pour tous les modes de transport
- Mettre en place un **reporting interne** sur la thématique du transport
- **Evaluer annuellement les progrès** en matière de transport

Pour les transporteurs

- Augmenter la part du **chiffre d'affaires** dans l'utilisation de transport optimodal
- Faire partie d'un référentiel de transporteurs éco-responsables générant des TK'Blue

Pour les collectivités

- Apprécier les efforts faits par les chargeurs et les transporteurs en matière d'utilisation et d'offres de transport optimodal

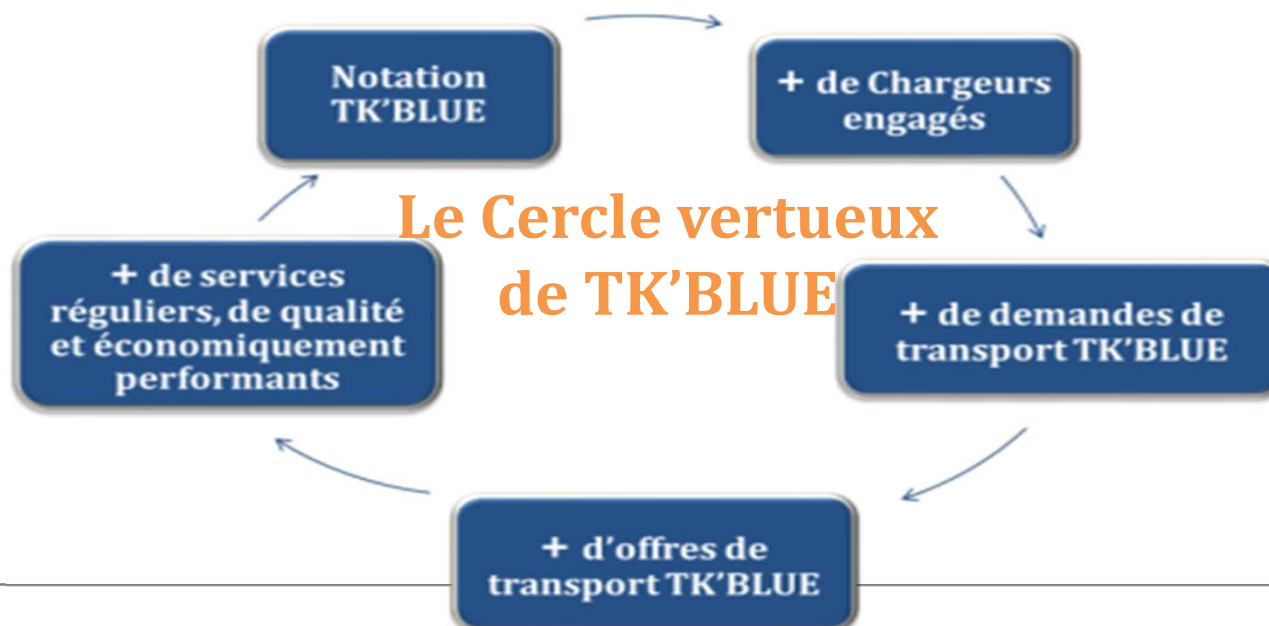
Pour les investisseurs

- Disposer de données fiables, rationnelles et facilement exploitables

Un objectif clair : la création d'un Cercle vertueux

→ **EUROPEAN TK'BLUE AGENCY** permet :

- de **renforcer la demande** des donneurs d'ordres (chargeurs et commissionnaires de transport) pour des offres de transports performantes ayant un **faible impact environnemental** ;
- aux transporteurs d'**accéder à des volumes significatifs** rendant leurs nouvelles offres de transports « Optimodaux » plus rapidement compétitives, donc **plus avantageuses pour les chargeurs.**



Principes de la notation TK'Blue

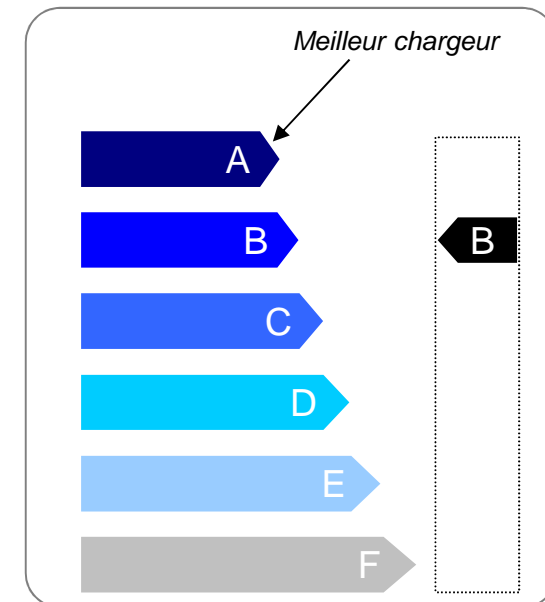
Chaque année, la note **TK'Blue** des chargeurs et donneurs d'ordres sera calculée par pondération des trois ratios suivants :

- le ratio **TK'BLUE** / TK globales : **RTKB**,
- la progression **RTKB** année N+1 par rapport à **RTKB** année N,
- le ratio **RTKB** de l'entreprise par rapport au ratio **RTKB** moyen du secteur d'activité.

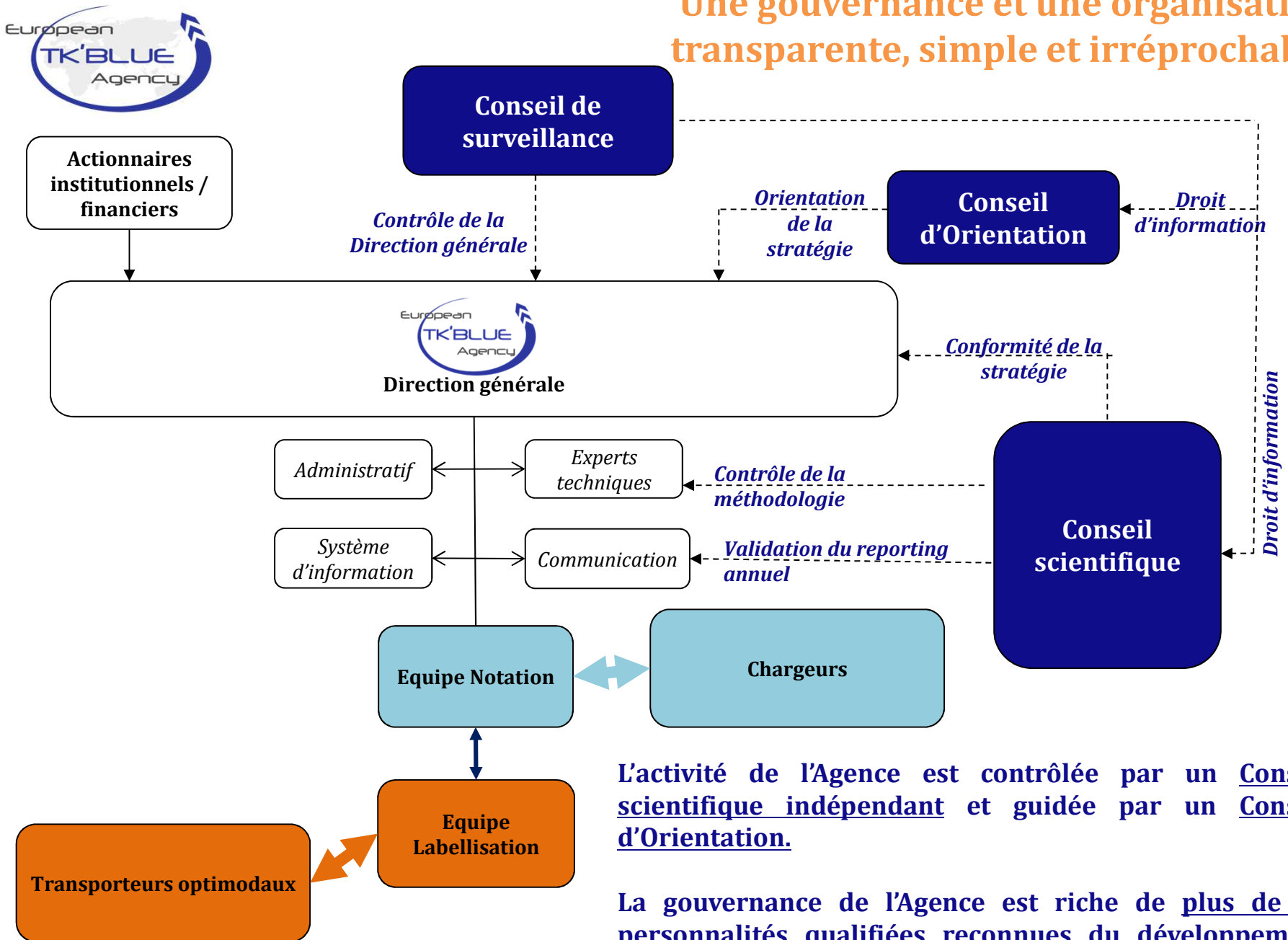
Les transporteurs sont labellisés sur des **critères quantifiables et faciles à renseigner**, correspondant à des **leviers d'action des transporteurs** permettant l'amélioration de l'efficacité énergétique de la flotte en particulier, et facteurs de progrès en général.

La labellisation s'effectue en ligne, dans un espace sécurisé et confidentiel, accessible sur tkblue.org

EUROPEAN TK'BLUE AGENCY appuie sa méthodologie sur les **paramètres européens** de calculs des externalités négatives, qui évoluera en fonction des normes européennes.



Une gouvernance et une organisation transparente, simple et irréprochable



L'activité de l'Agence est contrôlée par un Conseil scientifique indépendant et guidée par un Conseil d'Orientation.

La gouvernance de l'Agence est riche de plus de 40 personnalités qualifiées reconnues du développement durable et du transport.

Rôle du Conseil Scientifique

- Valider le schéma général de fonctionnement de l'agence,
- Edifier les principes méthodologique pour la labellisation des transporteurs et la notation des chargeurs,
- Réaliser une veille scientifique & faire évoluer cette méthodologie en fonction des dernières avancées et des recommandations du Conseil d'Orientation,
- Valider les documents produits par l'agence.

Composition du Conseil Scientifique

Président :

- **Alain BONNAFOUS**, Professeur à l'Université de Lyon

Membres :

- **Yves CROZET**, Président de l'OEET, Professeur au LET et IEP
- **Michel DUBROMEL**, Vice-président de France Nature Environnement
- **Claire DREYFUS-CLOAREC**, Conseillère financier,
- **Elisabeth DUPONT-KERLAN**, Coordinatrice du collège recherche et technologie-CGEDD
- **Paola GIRDINIO**, Doyenne faculté de Gênes (Italie) -Facoltà di Ingegneria Area scientifica
- **Claude GRESSIER**, Ingénieur Général DES PONTS ET CHAUSSES, Président de la délégation française de la CIG Lyon Turin
- **Francis-Luc PERRET**, Vice-président de l'EPFL Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne,
- **Alain POINSSOT**, consultant spécialiste Transport et logistique, ex Président de GEODIS, ex DG Fret SNCF
- **Ricardo ROSCELLI**, Politecnico di Torino (Italie)
- **Jim STEER**, Economiste Président fondateur de SDG Steer Davies Gleave
- Autres personnalités scientifiques en cours de confirmation.

**LE CONSEIL SCIENTIFIQUE
EST COMPOSÉ D'EXPERTS SECTORIELS ET SCIENTIFIQUES**

Rôle du Conseil d'Orientation

Le Conseil d'Orientation a pour rôle d'apporter une réflexion de prospective à moyen et long terme sur le développement de l'Agence et notamment sur les enjeux en matière de formation, de recherche, de transfert technologique, et de relations avec les partenaires nationaux et internationaux.

Les réflexions, analyses, synthèses, propositions et recommandations résultant de ses travaux ont pour vocation d'aider l'Agence dans ses choix stratégiques.

Il se réunit au moins une fois par an sur convocation de son président.

Il va regrouper des personnalités du monde professionnel et institutionnel :

- fédérations industrielles,
- donneurs d'ordre,
- groupements et opérateurs de transport et de logistique.

Composition du Conseil d'Orientation

Président :

• **Denis CHOUMERT**, *Président de l'AUTF et du European Shippers' Council*

Membres :

• **Gilles BERHAULT**, *Président du Comité 21*

• **Philippe BOUCHETEIL**, *Vice-président de TLF*

• **Patrick BOUCHEZ**, *Président Délégué Général de TLF*

• **Alberto CAPPATO**, *Délégué Général de IIC*

• **Loïc CHARBONNIER**, *Délégué Général de l'AFT-IFTIM*

• **Franco CORNAGLIOTTO**, *Président de SOS LOGISTICA*

• **Jean DEPRAETER**, *Président de la Commission Transport du CESE Ile de France, Président du GATMARIF*

• **Vincent DUGUAY**, *Directeur Commercial de RFF*

• **Alexandre GALLO**, *Vice-président de CMA CGM*

• **Virginia GIL**, *Directrice de la Plateforme Logistique Aquitaine-Euskadi (PLAE)*

• **Jean-Claude GIROT**, *Directeur des Affaires Publiques de Renault Trucks*

• **Catherine GOMY**, *Consultante, ex-Directrice qualité et développement durable Leclerc*

• **Marc GROLLEAU**, *Président de l'AFTRI*

• **Patrick GUENOLE**, *Président Directeur Général de Colas Rail*

• **Lars HOLMQVIST**, *Ancien Président Général d'European Association of Automotive suppliers,, Consultant Senior*

• **Jean-Louis JOURDAN**, *Directeur Développement Durable SNCF*

• **Sylvain LAMBERT**, *Associé en charge du Département Développement Durable de PwC*

• **Michel LAVIALE**, *Président du groupe de travail sur l'évaluation des performances extra-financières du MEDEF*

• **Jean-Luc di PAOLA-GALLONI**, *Vice-Président du Développement durable et des Affaires publiques de VALEO*

• **Marc PAPINUTTI**, *Directeur général de VNF*

• **Gérard PERRIN**, *Président du GNTC*

• **Pierre-Alexandre TEULIE**, *Secrétaire Général du groupe CARREFOUR*

Rôle du Conseil de Surveillance

Le Conseil de Surveillance exerce naturellement le contrôle permanent de la gestion de la société par le directoire. Il aura aussi accès permanent au Conseil d'Orientation de manière à être informé sans délai des réflexions de prospective à moyen et long terme sur le développement de l'Agence.

De même, il pourra régulièrement interroger le Conseil scientifique et valider ainsi la parfaite adéquation entre les problématiques, règles et raisonnements évoqués, et leur mise en œuvre par le Directoire de l'Agence.

A toute époque de l'année, le Conseil de Surveillance opère les vérifications et les contrôles qu'il juge opportuns et peut se faire communiquer les documents qu'il estime utiles à l'accomplissement de sa mission.

Il se réunit au moins une fois par an sur convocation de son Président.

Il va regrouper des personnalités du monde professionnel et institutionnel :

- Spécialistes du développement durable,
- Spécialistes de l'audit financier,
- Economistes et politiques.

Composition du Conseil de Surveillance

Président :

• **Christian FRÉMONT**, Préfet, ancien Directeur du Cabinet du Ministre de l'Ecologie et du Transport.

Membres :

• **Dominique BUSSEREAU**, ancien Ministre Français des Transports

• **Pierre DUCRET**, Président Directeur Général de CDC Climat

• **Geneviève FÉRONE**, docteur en droit international économique, Directrice développement durable Veolia

• **Elisabeth JASKULKE**, Ingénieur Agronome et du Génie Rural des Eaux et Forêts, ancienne directrice développement durable de grands groupes

• **Bettina LAVILLE**, Conseiller d'Etat, Avocate, Professeure associée en Développement Durable. Docteur en lettres modernes, Fondatrice du Comité 21,

• **Olivier MILLET**, Président Eurazeo PME, fondateur de « Capitalisme Durable »

• **Fanny PICARD**, Président d'Alter-Equity

• **Gilles SAVARY**, ancien Député européen, Conseiller général, spécialiste de l'économie du transport

Rôle et Composition du Directoire

Le Directoire est la tête de pont de l'Agence, et veille à sa bonne administration quotidienne. Ses fonctions principales regroupent ainsi :

- La gestion des finances de l'entreprise, et la fiabilité de son modèle économique ;
- La gestion des ressources humaines ;
- La promotion et la commercialisation de la notation extra-financière « Transport » ;
- L'organisation des travaux méthodologiques de labellisation des transporteurs, et de notation des chargeurs, dont il soumet au moins une fois par an la validité au Conseil Scientifique ;

Il s'appuie sur les travaux du Conseil Scientifique et du Conseil d'Orientation, et rend des comptes annuels au Conseil de Surveillance.

Président du Directoire :

• **Philippe MANGEARD**

Directrice Générale :

• **Marie-José NAVARRE**

Secrétaire Général :

• **Martin BURGAT**

**11^{ème} séminaire francophone est-ouest
de socio-économie des transports**



**ORGANISATION ET FINANCEMENT DES TRANSPORTS
URBAINS COLLECTIFS METRO/TRAMWAY EN ALGÉRIE :
QUEL ARBITRAGE FACE À DES CONTRAINTES
STRUCTURELLES ?**

**PAR : FARÈS BOUBAKOUR,
GHANIA BERKAT
ET, MOHAMED BOUGUELAA.**

**LABORATOIRE MANAGEMENT-TRANSPORT-LOGISTIQUE
UNIVERSITÉ DE BATNA –ALGERIE-**



INTRODUCTION

- ⊙ Problématique = Retour de l'Etat ; modernisation du système des transports urbains mais dans un contexte complexe (contraintes).

Les contraintes sont :

- ⊙ - des conséquences de la politique de deux décennies de déréglementation et de libéralisation du marché des transports urbains ;
- ⊙ - une autre contrainte due au développement difficilement maîtrisable des taux de motorisation et de l'essor de l'usage de la voiture particulière (facilité par le bas coût des énergies fossiles).
- ⊙ Quels choix possibles ? La communication part des contraintes pour mettre en évidence les défis à relever en termes d'organisation et de financement des TC (enjeux en termes de développement durable, d'électromobilité) au regard notamment du développement de l'usage de la voiture particulière.



PLAN

1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, DE LA QUALITÉ DE SERVICE ET DE LA MOBILITÉ.

1.1 Disparition des opérateurs historiques locaux.

1.2 Explosion de l'offre, foisonnement des opérateurs et surcapacité.

1.3 La qualité de service dans les transports collectifs urbains.

1.4 Problèmes d'équité et d'exclusion : quelques exemples sur les couvertures spatiale et temporelle.

2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.1 Augmentation rapide des taux de motorisation en Algérie : analyse de certains facteurs.

2.2 Arbitrage Transport Collectif /Voiture Particulière : Peut-on espérer un transfert modal pour les transports pendulaires ?

Conclusion



1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, DE LA QUALITÉ DE SERVICE ET DE LA MOBILITÉ.

L'analyse de la situation actuelle permettra de connaître le contexte difficile dans lequel les pouvoirs publics algériens agissent. Nous traiterons rapidement quatre volets :

- ⊙ - la disparition des opérateurs historiques locaux ;
- ⊙ - l'explosion de l'offre, foisonnement des opérateurs et surcapacité ;
- ⊙ - la qualité de service dans les transports collectifs urbains ;
- ⊙ - quelques exemples sur les couvertures spatiale et temporelle : des problèmes d'équité et d'exclusion dans les transports collectifs.

1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, ... (SUITE)

1.1 Disparition des opérateurs historiques locaux.

A la suite de la libéralisation et de la politique de déréglementation opérées dès 1988 : deux choses essentielles :

- ① 1- Hormis la capitale Alger où l'opérateur public principal ETUSA a été préservé, les opérateurs historiques locaux ont fini par disparaître dans la plupart des villes du pays.
- ② 2- le parc des entreprises publiques en termes de places offertes ne représentait plus en 2003 que 2,65 % de l'ensemble du parc en circulation dont plus de 82% à Alger

1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, ... (SUITE)

1.2 Explosion de l'offre, foisonnement des opérateurs et surcapacité.

- ⊙ a) Explosion de l'offre.
- ⊙ La conséquence la plus visible de la déréglementation a été ainsi l'augmentation de l'offre. De 1988, année de la libéralisation, à 2002, et rien qu'en matière de transports de voyageurs (taxis non compris), le parc national a augmenté de 266 % ;
- ⊙ Les opérateurs par ville se comptent par centaines. En 2008, on a recensé plus de 4000 opérateurs dans la seule ville d'Alger !
- ⊙ A signaler tout de même des effets positifs de la libéralisation.
- ⊙ Toutefois, tout le monde d'accorde à dire que l'accroissement notable de l'offre s'est effectué sans véritable maîtrise, ni contrôle et sans obligation de respect d'un cahier des charges.
- ⊙ Important : A prendre en compte les conséquences de la crise politique des années 90.

1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, ... (SUITE)

1.2 Explosion de l'offre, foisonnement des opérateurs et surcapacité.

- ⊙ b) Surcapacité ..
- ⊙ Le développement du nombre d'opérateurs, quasiment sans contrôle, a occasionné une surcapacité. Ce phénomène de surcapacité a été observé dans plusieurs villes du pays. Dans la capitale 179 lignes sur les 233 lignes urbaines de la ville sont en surcapacité . **Conclusion : Gel** des demandes de licences d'exploitation.
- ⊙ **Dégel en 2010_**: Cette décision est vue comme étant un des dispositifs de lutte contre le chômage des jeunes (achat de minibus). En 2008, le nombre de transporteurs urbains était de 12.410 à l'échelle nationale. Aujourd'hui, on parle de 27.000 opérateurs.

1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, ... (SUITE)

1.2 Explosion de l'offre, foisonnement des opérateurs et surcapacité.

- ⊙ c) Sur quelques caractéristiques des opérateurs.
- ⊙ La taille des entreprises de transport urbain de 1,1 véhicules à 1,21 véhicules par opérateur. Entreprise de type familial , transport artisanal.
- ⊙ une étude menée en 2004 à Batna sur les caractéristiques des opérateurs privés possédant un autobus (100 places):
- ⊙ - 60% des opérateurs : au prêt familial.
- ⊙ - 25% : une association (informelle composée de deux ou trois personnes)
- ⊙ - 15 % restant totalement par un apport personnel.
- ⊙ - 85% de l'ensemble des entreprises de transport urbain privées n'avaient pas de siège social ou de bureau
- ⊙ - La majorité fonctionne le plus souvent avec des aides familiaux.
- ⊙ - la plupart n'ont jamais avoir exercé en tant que transporteur et n'avoir jamais bénéficié de formations. 70% des opérateurs ont un niveau d'instruction primaire et 30% sont sans instruction

1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, ... (SUITE)

1.3 La qualité de service dans les transports collectifs urbains.

- ⊙ De nombreuses analyses montrent que le problème actuel qui se pose est celui de la qualité de service. Une enquête que nous avons menée (Plusieurs villes) :
- ⊙ - caractéristiques temporelles : La majorité des personnes interrogées semble plutôt satisfaite de l'offre sur les plans de la ponctualité, la régularité, et la durée du trajet. → Résultat de la surcapacité.
- ⊙ - Accueil (personnel, propreté et information), les impressions sont plutôt moyennes. Les usagers considèrent que si la propreté est plutôt acceptable, l'accueil du personnel de bord ainsi que l'information devraient être améliorés. Le facteur confort (ambiance, état des sièges et dérangement) reste moyen mais peut être variable d'une ligne à une autre et avec de fortes disparités parfois.
- ⊙ - Les principaux problèmes : sécurité/sûreté (conduite, état du bus, agression/vol), et sur la qualité des arrêts et stations (organisation, pollution et aménagement). Très grande insatisfaction.
- ⊙ Enfin, certains usagers ont signalé l'absence de lignes de bus à proximité de chez eux. Ceci les pousse à effectuer de longs trajets à pied pour rejoindre l'arrêt le plus proche.

1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, ... (SUITE)

1.4 Problèmes d'équité et d'exclusion : quelques exemples sur les couvertures spatiale et temporelle

- ⊙ Une étude toujours à Batna mais en 2009 a montré :
- ⊙ globalement une assez bonne desserte de la ville, mais des quartiers périphériques avec mauvaise voire parfois inexistante .(Problème des lignes non rentables/insuffisance nombre d'inspecteurs de la DTW) .
- ⊙ 40% des interrogés , habitant des quartiers périphériques, affirment que les bus ne vont pas au bout de la ligne. Une marche + de 20 mn..39% des interviewés déclarent prendre taxi clandestin de temps en temps pour rentrer et que celui-ci leur revient cher.
- ⊙ la plage temporelle : le problème du manque de transport le soir. Les opérateurs privés s'arrêtent généralement à la tombée de la nuit hormis l'ETUB (nouvelle entreprise publique de transport de Batna) qui, elle, fonctionne non stop de 6h à 20h mais ne couvre que quelques lignes. 1 à 2 Euros pour prendre un taxi clandestin. Ce qui est très cher.

1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, ... (SUITE)

Conclusion de la première partie

- ⊙ Pour conclure cette première partie, nous pouvons dire que :
- ⊙ la libéralisation du marché des transports a **facilité la mobilité en Algérie** Mais elle a occasionné une situation délicate : **difficultés pour coordonner les efforts et mener une politique** de transport urbain intégrée.
- ⊙ Face à la situation précédemment décrite, mais aussi en vue de l'amélioration de la qualité de service, **l'Etat algérien est revenu en force** dans les transports urbains avec des investissements massifs.
- ⊙ - créer (recréer) des entreprises publiques modernes de transport urbain par bus
- ⊙ et, en plus de la finalisation du projet la première ligne de métro de la capitale, il a été décidé le lancement de projets de tramways
- ⊙ On parle même d'une étude de faisabilité pour une ligne de Métro dans la ville d'Oran en préparation et ce, en sus de la ligne de Tramway en phase de réalisation avancée.



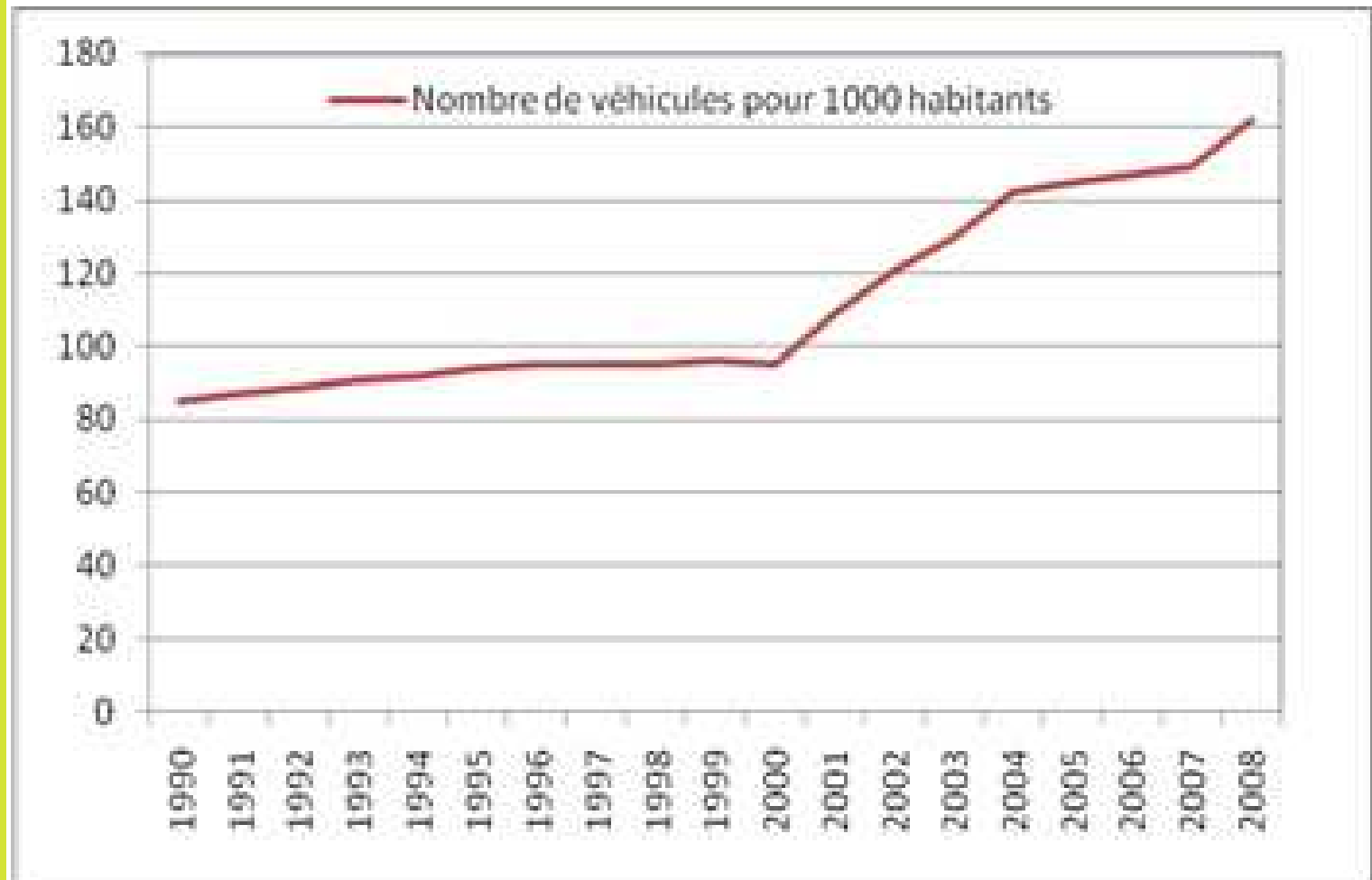
2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.1 Augmentation rapide des taux de motorisation en Algérie : analyse de certains facteurs.

- ⊙ L'amélioration du niveau de vie des algériens ces dernières années a eu un impact direct sur l'accroissement des taux de motorisation.
- ⊙ Comme il apparaît sur la figure ci-après, l'accroissement du taux de motorisation a été plutôt léger et progressif sur la période 1990-2000. Toutefois dès 2001, ce taux a accusé une forte progression. Il a quasiment doublé sur la période 2001-2008.

2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.1 Augmentation rapide des taux de motorisation en Algérie : analyse de certains facteurs.



Graphique N° 1 : Evolution du parc automobile pour 1000 habitants (1990-2008)



2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.1 Augmentation rapide des taux de motorisation en Algérie : analyse de certains facteurs.

Le crédit automobile a été gelé en 2009 + instauration d'une taxe sur l'achat de voiture neuve. Diverses raisons :

- ⊙ - il a été remarqué que de nombreuses familles ne pouvaient plus payer les traites ;
- ⊙ - d'un point de vue politique, il est plus intéressant d'encourager le crédit logement que le crédit automobile ;
- ⊙ - il y avait là quand même une assiette fiscale pouvant alimenter le fonds de soutien aux transports collectifs ;
- ⊙ - l'Algérie ne faisait qu'importer les voitures, fallait-il peut-être penser à des formules d'incitation en direction des constructeurs pour investir localement ;
- ⊙ - et enfin, les réseaux de transport commençaient à ne plus absorber le surplus de véhicules et les problèmes d'encombrement devenaient de plus en plus importants.



2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.1 Augmentation rapide des taux de motorisation en Algérie : analyse de certains facteurs.

- ⊙ En dépit du gel du crédit automobile et de la taxe sur les véhicules neufs, la tendance n'a pas été freinée. Avant le gel et la taxe, l'Algérie importait entre 200.000 et 250.000 véhicules/an en moyenne. Avant la fin de l'année 2011, les chiffres provisoires donnent une importation de véhicules qui dépasse les 350.000 véhicules.
- ⊙ Cette explosion de l'importation de véhicules en 2011 est à expliquer aussi par les augmentations importantes de salaires qu'ont connues tous les secteurs avec un effet rétroactif depuis janvier 2008. Du coup, de nombreux Algériens disposaient d'arriérés importants pouvant financer facilement l'achat d'une voiture.



2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.1 Augmentation rapide des taux de motorisation en Algérie : analyse de certains facteurs.

En Algérie, tout le monde aspire à l'achat d'un véhicule particulier et ce, compte tenu d'un certain nombre de facteurs :

- ⊙ - pour solutionner son problème de mobilité ; dysfonctionnements dans les transports collectifs comme décrit plus haut ;
- ⊙ - coût d'exploitation de la voiture relativement bas : un carburant bon marché. Diesel à 13 centimes d'Euro le litre ;
- ⊙ - ouverture de concessions d'automobiles partout dans le pays avec un marketing agressif ;
- ⊙ - et enfin, l'existence de certaines considérations historiques, culturelles et sociologiques.



2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.1 Augmentation rapide des taux de motorisation en Algérie : analyse de certains facteurs.

- ⊙ Concernant ces dernières considérations que nous avons qualifiées d'historiques, culturelles et sociologiques, celles-ci pousseraient aussi, à notre sens, les Algériens à vouloir accéder à la voiture particulière.
- ⊙ Aux yeux des populations des pays en voie de développement, la société de consommation est un modèle envié et **la voiture en est l'un des symboles les plus forts**. Dans l'esprit d'une majorité de personnes, la possession de la voiture est synonyme de réussite sociale.
- ⊙ En plus tenir compte de certains faits historiques : le monopole de **la Sonacome**. On a l'impression finalement que les Algériens ont aujourd'hui une revanche à prendre sur l'Histoire !
- ⊙ ... pour des considérations socioculturelles, les Algériens **évitent de voyager en famille** en taxi collectif ou en bus.



2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.2 Arbitrage Transport Collectif /Voiture Particulière : Peut-on espérer un transfert modal pour les transports pendulaires ?

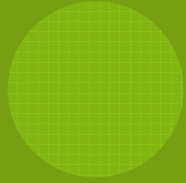
- ⊙ Sur ce plan, nous dirigeons actuellement un travail de recherche en phase de finalisation sur la ville d'Alger (en phase d'analyse des résultats).
- ⊙ **L'enquête est menée sur la ville d'Alger** et couvre la période du mois de décembre 2011 et du mois de janvier 2012. L'enquête a été administrée deux mois après l'inauguration de la ligne de métro (9,5 Km) et sept mois après l'ouverture de la première ligne de tramways (7,5 Km). Nous avons retenu 1009 questionnaires sur 1100 administrés.
- ⊙ ... les résultats sont influencés par la mise en service du métro et le tramway qui s'est faite depuis quelques mois et qu'en même temps, l'expérience reste encore récente et ne permettant pas de faire ressortir des changements structurels et les nouvelles habitudes, etc.

2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.2 Arbitrage Transport Collectif /Voiture Particulière : Peut-on espérer un transfert modal pour les transports pendulaires ?

les premiers résultats de l'enquête montrent une tendance générale et confirment certaines hypothèses.

- ⊙ *a) La voiture, toujours vue comme un outil formidable de mobilité ...* Votre moyen de transport favori :
 - Voiture particulière : 80,1 %
 - Transports Collectif : 18,1 %
 - et 1,8 % ne sais pas ou manquant.
- ⊙ Selon 1009 personnes questionnées, 23,7 % ont une voiture particulière. 81,7% de ceux qui ne possèdent pas de voitures, déclarent que le coût d'achat de la voiture est la raison principale qui les empêche d'en acheter et ils engageront immédiatement l'achat s'ils auront des facilités financières.



2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

**2.2 Arbitrage
Transport
Collectif
/Voiture
Particulière :
Peut-on espérer
un transfert
modal pour les
transports
pendulaires ?**

- ⊙ *b) Les TC sont globalement et toujours mal appréciés, en dépit de l'introduction du métro/tramways d'Alger.*

A la question de savoir, pourquoi les transports publics collectifs ne vous conviennent pas, trois facteurs les plus significatifs été classés selon l'ordre suivant :

- 54 % classent «*l'Insécurité : vol et agression*» en 1 ère position (en termes d'importance) ;

- 28,2 % classent «*l'absence de confort*» en 2 ème position.

- 31 % classent la «*perte de temps*» en 3 ème position).

2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.2 Arbitrage Transport Collectif /Voiture Particulière : Peut-on espérer un transfert modal pour les transports pendulaires ?

- ◎ Pour ceux qui utilisent régulièrement leur voiture, nous leur avons posé la question suivante : *dans l'éventualité où les transports collectifs seraient améliorés substantiellement, seriez vous prêt à les utiliser plus fréquemment au lieu de votre voiture pour aller au travail ou pour amener les enfants à l'école par exemple ?*
 - Oui : 58,5 %
 - Non : 34%
 - Ne sait pas ou donnée manquante : 7,5%

2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.2 Arbitrage Transport Collectif /Voiture Particulière : Peut-on espérer un transfert modal pour les transports pendulaires ?

Coût du carburant : fait révélateur

Un résultat intéressant est celui que les gens n'ont pas conscience que le coût du carburant n'est vraiment pas cher en Algérie en comparaison avec les prix au niveau international.

- ⊙ Tout d'abord, 48,4% considèrent que le carburant est trop cher. 30,3% n'ont aucune idée sur les prix du carburant à la pompe. Seuls, 21,3% le considèrent comme pas cher.
- ⊙ Ensuite, nous avons posé une question relative à l'élasticité coût carburant/usage VP : *si le prix du carburant augmentait (le double par exemple), changeriez vous votre usage actuel de la voiture ?*
- ⊙ 71,1% diminueraient leur niveau d'usage de voiture ;
- ⊙ 11,6% arrêteraient d'utiliser leur voiture ;
- ⊙ 17,3% déclarent qu'ils continueraient l'utilisation de leurs véhicules comme d'habitude.

CONCLUSION

- ⊙ Se féliciter de la (re) réglementation. Les choses évoluent vers un transport urbain collectif moderne . Succès remarquable du tramway à Alger : 20.000 passagers/jour au lieu 15.000 prévus (le tarif aussi).
- ⊙ Il subsiste toutefois de nombreuses contraintes :
- ⊙ 1- Problème de regroupement des opérateurs : Opérateurs privés = 80% des parts de marché de transport collectif urbain), et il n'a pas encore été observé des tentatives de regroupement et ce, en dépit des encouragements des pouvoirs publics.
- ⊙ 2- Problème de financement des Transports Collectifs urbains : le problème pour assurer la pérennité du système. Le prix d'un ticket de voyage sur le tramway est fixé à 20 DA (environ 20 centimes d'Euro) alors qu'il coûterait autour de 55 DA et le ticket de métro est de 50 DA le voyage (environ 50 Centimes d'Euro), alors que le coût moyen du ticket est estimé à 88 DA. Le prix du ticket du bus est entre 10 et 15 DA. Pb de Intégration tarifaire ?!
- ⊙ Le Fonds de Soutien aux Transports collectifs déjà fonctionnel serait-il suffisant ? Il est actuellement alimenté par la taxe sur véhicule neuf. Cela suffira-t-il ? Et plus, est-il aussi équitable qu'un provincial finance le transport collectif algérois en achetant une voiture neuve alors qu'il habite Tamenrasset ?
- ⊙ 3- Organisation et gouvernance : mise en place d'autorité organisatrice.

CONCLUSION (SUITE)

l'accès et le développement de l'usage de la voiture particulière : le problème est beaucoup plus complexe comme nous l'avons vu. En plus, le niveau de vie aura tendance à augmenter avec un pétrole de plus en cher . Quelles solutions pour réguler cette tendance lourde ?

- ⊙ Pour notre part, nous pensons que les Algériens vont acheter de plus en plus de voitures et l'usage de la voiture particulière ira en s'accroissant. A la base, on ne pourra pas non plus interdire l'achat de voiture ou la taxer excessivement.
- ⊙ Nous pensons aussi que les externalités négatives (congestion, perte de temps, pollution, accidents, etc.) agiront comme un frein naturel. A prendre en compte l'effet de produit d'appel.
- ⊙ Enfin, ce sont les transports collectifs de qualité qui offriront de véritables alternatives. L'enjeu est à ce niveau. Et, s'établirait à terme une certaine hiérarchie d'usage de la voiture. Les gens posséderont des voitures qu'ils utiliseront en fonction du motif de déplacement. Et l'usage des transports collectifs s'imposerait au fur et à mesure compte tenu des avantages et compte tenu des coûts. Une taxation urbaine et une taxation des carburants appropriées pourraient aussi réguler et faire l'appoint.



Merci pour votre aimable
attention !

Site web personnel :

www.fares-boubakour.edu.dz

11^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

Karlsruhe, Allemagne fédérale

ORGANISATION ET FINANCEMENT DES TRANSPORTS URBAINS COLLECTIFS METRO/TRAMWAY EN ALGÉRIE : QUEL ARBITRAGE FACE À DES CONTRAINTES STRUCTURELLES ?

Par: Prof. Farès BOUBAKOUR ¹
Ghania BERKAT ²
Mohamed BOUGUELAA ³

Introduction :

La communication propose de présenter la situation que vivent les transports urbains collectifs en Algérie qui, d'une part, ont tendance à se moderniser par la mise en exploitation du métro et du tramway de la capitale et par les nombreux projets de tramway dans plus d'une douzaine d'agglomérations⁴, mais qui, d'autre part, ces mêmes transports urbains souffrent de contraintes structurelles qui ont tendance à freiner cet élan et en limiter éventuellement l'impact. Tout d'abord, ces contraintes sont des conséquences de la politique de deux décennies de déréglementation et de libéralisation du marché des transports urbains mais aussi, en parallèle, une autre contrainte due au développement difficilement maîtrisable des taux de motorisation et de l'essor de l'usage de la voiture particulière.

En d'autres termes, dans ce contexte, les enjeux en termes de développement durable sont donc de taille car, face à cette volonté de développer une *électromobilité* basée sur les transports collectifs (à travers les nombreux projets de tramways notamment) il y a des défis à relever en matière d'usage de voitures particulières fonctionnant sur des énergies fossiles abondantes et bon marché. A ces aspects économiques particuliers favorisant l'usage de la voiture particulière en Algérie, s'ajoutent d'autres facteurs historiques et sociologiques qui renforceraient, de notre point de vue, cette tendance.

¹ Professeur, Directeur du Laboratoire *Management-Transport-Logistique* (LMTL). Responsable du master : *Economie des transports et logistique*. Faculté des sciences économiques et gestion. Université Hadj Lakhdar –Batna (Algérie).

² Doctorante, Maître-assistante. Faculté des sciences économiques et gestion. Université Hadj Lakhdar –Batna (Algérie). Laboratoire de recherche : *Management-Transport-Logistique*. Université Hadj Lakhdar –Batna (Algérie).

³ Magistrant, Laboratoire de recherche : *Management-Transport-Logistique*. Université Hadj Lakhdar –Batna (Algérie).

⁴ En sus des projets de tramways, certaines agglomérations disposent de projets de BRT sur certaines liaisons. Exemple de Blida, Batna, etc.

Du coup, réussir la mise en place de transports collectifs modernes, de qualité à des tarifs accessibles à la masse des usagers, reste, à peu près, la seule alternative crédible à même de pouvoir freiner la généralisation de l'usage de la voiture particulière avec toutes conséquences qu'elle peut avoir.

Dans l'optique de mieux expliciter les différentes facettes de notre problématique et les contraintes dont il est question, nous proposons de traiter essentiellement deux points :

1. Les caractéristiques de l'offre, de la qualité de service et de la mobilité. A ce propos, nous développerons certaines contraintes structurelles en tant que résultats de la déréglementation et de la libéralisation des marchés des transports collectifs urbains.

2- L'explosion des taux de motorisation et l'arbitrage voiture particulière/ Transport Public Collectif, c'est-à-dire effectuer une sorte de *zoom* sur cette contrainte fondamentale qui constitue la tendance lourde des années à venir.

1. LE TRANSPORT URBAIN COLLECTIF APRÈS LA LIBÉRALISATION : SUR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE, DE LA QUALITÉ DE SERVICE ET DE LA MOBILITÉ.

Il est important de connaître les caractéristiques essentielles du marché de transports urbain algérien actuel. Aussi, l'analyse de la situation actuelle permettra-t-elle de connaître le contexte difficile dans lequel les pouvoirs publics algériens agissent. Nous traiterons quatre volets :

- la disparition des opérateurs historiques locaux ;
- l'explosion de l'offre, foisonnement des opérateurs et surcapacité ;
- la qualité de service dans les transports collectifs urbains ;
- quelques exemples sur les couvertures spatiale et temporelle : des problèmes d'équité et d'exclusion dans les transports collectifs.

1.1 Disparition des opérateurs historiques locaux.

A la suite de la libéralisation et de la politique de déréglementation opérées dès 1988, les marchés de transports urbains ont connu des bouleversements en profondeur. Hormis la capitale Alger où l'opérateur public principal ETUSA a été préservé, les opérateurs historiques locaux ont fini par disparaître dans la plupart des villes du pays. La part du marché des opérateurs privés sur les services réguliers est de 100 % dans des pôles urbains comme *Batna, Skikda, Tiaret, Annaba, Sétif*, etc. Le résultat des liquidations et du désengagement de l'Etat, au niveau national, a fait que le parc public (étatique) en termes de places offertes ne représentait plus en 2003 que 2,65 % de l'ensemble du parc en circulation dont plus de 82% à Alger.

1.2 Explosion de l'offre, foisonnement des opérateurs et surcapacité.

a) Explosion de l'offre.

Dès le début des années 90, la quasi-totalité des opérateurs historiques ont disparus. En contrepartie, cette évolution a entraîné l'éclosion de nombreux

opérateurs privés de transport sous forme de très petites entreprises disposant le plus souvent d'un à deux véhicules.

La conséquence la plus visible de la déréglementation a été ainsi l'augmentation de l'offre. De 1988, année de la libéralisation, à 2002, et rien qu'en matière de transports de voyageurs (taxis non compris), le parc national a augmenté de 266 % , passant de 12.600 véhicules à 46.136 véhicules tous types confondus.

Comparé avec ce qui existait au cours des années 80, avant la libéralisation, l'offre en termes de moyens de transport répond aujourd'hui mieux à la demande des « usagers » : dorénavant, il est beaucoup plus aisé de se déplacer aussi bien en milieu urbain, suburbain qu'en interurbain et ce, à un niveau de prix relativement bas.

Toutefois, tout le monde d'accorde à dire que l'accroissement notable de l'offre s'est effectué sans véritable maîtrise, ni contrôle et sans obligation de respect d'un cahier des charges⁵. En effet, un nombre impressionnant d'opérateurs privés a vu le jour dans la totalité des villes du pays. Ils se comptent désormais par centaines à l'intérieur d'une seule ville ! En 2008, on a recensé plus de 4000 opérateurs dans la seule ville d'Alger. Cette atomisation de l'offre a eu bien entendu des répercussions négatives multiples sur le plan de la mise en œuvre de toute politique de transport urbain, sur l'environnement, sur la rentabilité des entreprises, leur capacité de renouvellement, sur la qualité et la lisibilité de l'offre, etc.

b) Surcapacité ..

Le développement du nombre d'opérateurs, pratiquement sans qualification, et de celui du parc de véhicule d'une manière générale ont occasionné une surcapacité avec toutes les conséquences (congestion, pollution, davantage de consommation de carburant pour cause de véhicules de petit gabarit, etc.). En l'absence d'analyses fines, et à partir d'observations du mode de fonctionnement du marché, on peut constater une tendance effective au suréquipement. Nos observations dans la ville de Batna ont mis en évidence un taux de remplissage moyen des bus qui varie entre 35 % et 50%. Sur un autre plan, l'existence d'un système de rotation entre transporteurs, conforte l'hypothèse de la surcapacité. En effet, si l'on prend par exemple, la ligne gare urbaine-1200 logements, où sont exploités 34 bus de 100 places, le travail des transporteurs est organisé en 3 groupes en rotation : un groupe de 11 bus, un deuxième de 11 bus et un dernier de 12 bus. Pendant que deux groupes travaillent la journée, le troisième groupe observe une relâche. Le même système est adopté sur la ligne gare urbaine - Bouakal et la ligne gare urbaine - quartier Mébarki. Le reste des liaisons fonctionne normalement. Ces trois liaisons suréquipées, en plus de Kéchida, constituent les corridors les plus importants de la ville.

Ce phénomène de surcapacité a été également observé dans d'autres villes du pays. Dans la capitale par exemple, les études commandées par le ministère des Transports ont conclu à une abondance de l'offre de transport sur les lignes

⁵ La libéralisation s'est effectuée durant la période de troubles politiques graves qu'a vécus l'Algérie (les années 90). Du coup, la régulation n'était évidemment pas une priorité à ce moment là.

exploitées par les opérateurs privés, soit 179 lignes sur les 233 lignes urbaines de la ville d'Alger.

Pour cause de surcapacité observée dans toutes les villes du pays, les nouvelles demandes de licences d'exploitation ont été gelées durant plusieurs années. Mais, depuis 2010 ce gel a été levé et tout nouveau demandeur pourra avoir une autorisation d'exploitation dans la semaine. Cette décision est vue comme étant un des dispositifs de lutte contre le chômage des jeunes à qui on a donné donc la possibilité d'investir dans le secteur des transports. Ces jeunes investisseurs bénéficient de prêts bancaires très intéressants pour l'achat d'un autobus ou un minibus. En dépit de la saturation des lignes de transports, le nombre d'autorisations est toujours en augmentation. En 2008, le nombre de transporteurs urbains était de 12.410 à l'échelle nationale. Aujourd'hui, on parle de 27.000 opérateurs. D'aucuns considèrent qu'il y aura à terme une décantation avec une disparition progressive des opérateurs les moins performants puisque le système de transports est appelé à évoluer vers des transports de qualité compte tenu de l'introduction future des tramways dans les plus grandes villes et du métro/tramway pour la capitale. Il y aura d'ici là de nouvelles formes d'organisation et les opérateurs ont de toute façon une licence d'exploitation valable trois années renouvelables.

c) Sur quelques caractéristiques des opérateurs.

La taille des entreprises de transport urbain est très faible. Elle varie en moyenne, selon les villes, de 1,1 véhicules à 1,21 véhicules par opérateur. Ceci dénote un caractère que l'on peut qualifier, dans une certaine mesure, de transport artisanal ou d'entreprise de type familial. Si l'on observe la composition du parc, on se rend également compte de la prédominance des fourgons et des minibus. En 2002, sur un total national de 46136 véhicules entre autocars et autobus, les fourgons et minibus de 10 à 29 places représentaient plus des deux tiers (66,77%) du parc.

Sur un autre plan, le parc a rajeuni mais de fortes disparités existent toutefois. Si la quasi-majorité des fourgons et minibus sont effectivement plus récents, à contrario, à peine 3,4% du parc d'autobus de 40 places et plus ont moins de 5 ans (chiffres de 2002). Pour résumer, on peut dire que l'on dispose de peu d'autobus, généralement en fin de vie, et un grand nombre de fourgons et minibus plutôt récents.

Selon une étude menée à Batna en 2004 et précisément sur les caractéristiques des opérateurs privés possédant un autobus, 60% des opérateurs interrogés déclarent avoir eu recours, pour la création de leur entreprise, au prêt familial. 25% avouent que cela s'est effectué à travers une association (informelle composée de deux ou trois personnes) pour l'achat de l'autobus. Les 15 % restant sont des entreprises financées totalement par un apport personnel. Par contre, les opérateurs possédant un fourgon et un minibus ont bénéficié en majorité de prêts bancaires à des taux préférentiels dans le cadre de politiques publiques de lutte contre le chômage des jeunes. Enfin, l'étude a montré que 85% de l'ensemble des entreprises de transport urbain privées n'avaient pas de siège social ou de bureau. Pour celles qui en disposaient, le local était très modeste.

La quasi-totalité de ces entreprises privées fonctionne le plus souvent avec des aides familiaux. Le reste du personnel, s'il y a lieu, est constitué des salariés informels. En termes de qualification, la majorité des opérateurs reconnaissent ne jamais avoir exercé en tant que transporteur auparavant et n'avoir jamais bénéficié de formations ou de stages dans le domaine. Enfin, toujours selon l'étude de 2004 faite à Batna, 70% des opérateurs ont un niveau d'instruction primaire et 30% sont sans instruction.

1.3 La qualité de service dans les transports collectifs urbains.

Des nombreuses analyses⁶ montrent que le problème actuel qui se pose est celui de la qualité de service dans les transports collectifs. Certaines études ont donné les résultats suivants :

- en termes de caractéristiques temporelles, les réponses sont plutôt nuancées. La majorité des personnes interrogées semble plutôt satisfaite de l'offre sur les plans de la ponctualité, la régularité, et la durée du trajet. Ce point de vue plutôt inattendu, par rapport à l'hypothèse de base que nous avons formulée, fût expliqué comme suit. Il faudrait savoir à la base qu'il n'existe pas d'horaires de départ et dans la plupart des cas le bus part au signal du « délégué » : personne chargée par les opérateurs pour organiser les délais d'attentes par ligne au niveau des stations (en bout de lignes). Ainsi, les utilisateurs considèrent en grande majorité, qu'il y a ponctualité du fait qu'ils arrivent à partir relativement rapidement eu égard à la fréquence élevée des départs (due à la surcapacité). Ceci dit, les observations faites sur le terrain ont permis de se rendre compte que les opérateurs ont tendance à essayer de rester un peu plus de temps au niveau des différents arrêts afin de ramasser le maximum de clients. Et comme tous les opérateurs ont la même pratique, ils auront en moyenne le même nombre de clients mais causent en revanche un ralentissement du système de transport collectif dans sa globalité.

- En matière d'accueil (personnel, propreté et information), les impressions recueillies sont plutôt moyennes. Les usagers considèrent que si la propreté est plutôt acceptable, l'accueil du personnel de bord ainsi que l'information devraient être améliorés. Le facteur confort (ambiance, état des sièges et dérangement) reste moyen mais peut être variable d'une ligne à une autre et avec de fortes disparités parfois. Certaines personnes interrogées signalent rencontrer souvent des bus surchargés, la musique forte, les mauvaises odeurs, etc.

- Par contre, ces mêmes études ont montré que les principaux problèmes étaient centrés sur la sécurité/sûreté (conduite, état du bus, agression), et sur la qualité des arrêts et stations (organisation, pollution et aménagement). Les utilisateurs ont une mauvaise impression de la conduite souvent qualifiée de dangereuse ! Ce sont principalement les utilisateurs de fourgons qui ont donné cette réponse. La réponse des utilisateurs d'autobus 100 places est beaucoup plus nuancée. L'indicateur arrêts et stations mériterait plus d'attention. En effet, la réponse de la totalité des interrogés est frappante puisqu'elle constitue

⁶ Pour davantage de détail, Cf. Farès Boubakour : « *Transports urbain et développement durable : cas de la ville de Batna* ». Rapport final d'un projet de recherche financé par le Centre de Recherche d'Economie Appliquée au Développement. (CREAD), Alger. 2007-2009.

le niveau d'insatisfaction le plus élevé. Sur ce dernier point, on peut vérifier effectivement sur le terrain la désorganisation qui règne sur certaines stations. Les stations ne sont pas matérialisées, mal indiquées et sont parfois à même le trottoir ; ce qui cause une congestion et des bouchons sur les voies de circulation. Les utilisateurs se plaignent également de la pollution sonore et de l'atmosphère irrespirable. Enfin, sur l'itinéraire, les usagers sont souvent désorientés compte tenu de l'insuffisance des aménagements et des abribus.

Enfin, certains usagers ont signalé l'absence de lignes de bus à proximité de chez eux. Ceci les contraint à effectuer de longs trajets à pied pour rejoindre l'arrêt le plus proche. Nous traiterons justement ces aspects au sein du titre ci-après.

1.4 Problèmes d'équité et d'exclusion : quelques exemples sur les couvertures spatiale et temporelle.

Une étude que nous avons menée à Batna en 2009 a montré qu'en dépit du fait qu'il existe globalement une assez bonne desserte de la ville, il subsiste toutefois des quartiers périphériques qui n'ont pas une bonne couverture voire parfois inexistante car, les opérateurs de transport urbain ne respectent pas le tracé qui leur a été attribué dans leur licence d'exploitation. 40% des interrogés, qui sont des périurbains habitant les quartiers de Dourar Laateche, Kéchida, et Douar El Hemous, affirment que les bus ne vont pas au bout de la ligne. Et du coup, pour rejoindre la station la plus proche de leur maison, ils marchent à pied une vingtaine de minutes voire plus. 39% des interviewés déclarent prendre le taxi clandestin de temps en temps pour rentrer et que celui-ci leur revient cher.

Dans le même ordre d'idée, certains habitants de quartiers populaires considèrent que leur quartier n'est pas bien desservi car les routes sont en mauvais état, ce qui dissuade certains opérateurs à emprunter ces tronçons. A cela, il faudrait également avouer que l'on peut rencontrer également des situations de certains quartiers où les gabarits des rues ne permettent pas véritablement de programmer un passage de ligne de transport collectif.

Ce problème de non respect des lignes par les opérateurs, qui est une pratique plutôt courante, est à expliquer en gros par rapport aux lignes rentables et non rentables. En effet, les transporteurs par bus focalisent leur activité sur les lignes qui leur ramènent le plus d'argent et *zappent* les lignes ou partie de lignes (tronçons) sur lesquelles il n'y qu'une faible demande. La cause essentielle est l'inexistence de cahier des charges précis qui soit respecté par les opérateurs. Les contrôles sont insuffisants car la Direction de Transports de la Wilaya (administration déconcentrée du ministère des transports chargée du contrôle) ne dispose pas du nombre de postes d'inspecteurs suffisant pour effectuer les contrôles sur le terrain. Et le problème est d'autant plus épineux qu'il existe un très grand nombre d'opérateurs.

En complément de la couverture spatiale, il y a lieu de considérer également la plage temporelle durant laquelle les transports collectifs par bus sont disponibles. Sur ce plan, il a été signalé le problème du manque de transport le soir. Ceci constitue un vrai problème aux yeux des usagers. Durant les saisons d'automne et d'hiver, les opérateurs privés s'arrêtent généralement à la tombée de la nuit hormis l'ETUB (nouvelle entreprise publique de transport de Batna)

qui, elle, fonctionne non stop de 6h à 20h. Toutefois, l'entreprise publique ne couvre que quelques lignes, en général les grands corridors de la ville. Pour les quartiers périphériques, le transport en fin de journée est problématique et le soir il est quasi inexistant. La solution pour rentrer tard, si l'on habite certains quartiers périurbains et si l'on a pas de voiture particulière, c'est le taxi (clandestin ou pas) ou la marche à pied. 12% des interrogés déclarent être obligés de prendre parfois un taxi clandestin⁷ pour rentrer le soir chez eux contre 150 ou 200 DA (soit environ 1,5 Euros et 2 Euros respectivement).

Pour conclure cette première partie consacrée aux Transports collectifs, nous pouvons dire que la libéralisation du marché des transports a facilité la mobilité en Algérie et a rendu les moyens de transports davantage disponibles pour les usagers. Mais, en même temps, la configuration du marché des transports urbains algériens a été telle, durant ces deux dernières décennies de libéralisation, qu'il a été difficile de coordonner les efforts et de mener une politique cohérente de transport urbain.

Face à la situation délicate précédemment décrite, mais aussi en vue de l'amélioration de la qualité de service, l'Etat algérien est revenu en force dans les transports urbains avec des investissements massifs. Aussi, a-t-il été décidé de créer (recréer) des entreprises publiques modernes de transport urbain par

⁷ Aujourd'hui, le transport par taxi clandestin est une activité tout à fait banale dans toutes les villes algériennes. Leurs stations sont partout présentes dans les différents quartiers des villes. Cette activité était rare dans les années 80 et elle s'est développée rapidement ensuite pour devenir un mode de transport à part entière au même titre que les taxis urbains (officiels). La crise économique, le Programme d'Ajustement Structurel du FMI, la vague de licenciement qui s'en est suivie et le chômage structurel expliquent en partie ce phénomène. En plus de ce contexte général, il est possible toutefois de rajouter d'autres considérations :

- en premier lieu, l'insuffisance des moyens de contrôle ;
- la tolérance dans certains cas ;
- la possession du capital (la voiture) qui ne constitue véritablement pas une barrière à l'entrée du marché ;
- une demande latente insatisfaite de déplacement générée par un déficit quantitatif (en termes de nombre de taxis (officiels) sur certaines liaisons. A cela, et d'un point de vue qualitatif, il convient de rajouter le déficit dans les transports collectifs comme cela a été indiqué précédemment au plan de l'accessibilité et des couvertures spatiale et temporelle.

Les transporteurs informels offrent un transport à la demande, plutôt meilleur marché et qui fonctionne en continu de jour comme de nuit et vers toutes les destinations en urbain et interurbain. Ces transporteurs proposent une qualité de service appréciée par les clients. Les tarifs sont négociables mais il y a des ordres de grandeurs. Le clandestin dépose le client et peut revenir le prendre (le téléphone portable a révolutionné la profession). Le transporteur informel peut avoir ses propres clients, propose des formules d'abonnements, accompagne les enfants à l'école, les ramène le soir, fait du crédit, etc. Ce type de transport, souple et pratique, est devenu un moyen très apprécié. A Batna, de quelques 20 taxis clandestins dans les années 80, on est passé à plus de 250 en l'an 2000. Des observations récentes du transport informel ont montré qu'il existe plus d'une trentaine de stations fonctionnelles et on estime qu'il y a plus de 500 voitures en exploitation dans la ville de Batna. A contrario et à titre de comparaison, le nombre de licences d'exploitation délivrées pour les taxis officiels est 450 mais dont 380 seulement sont exploitation durant cette même période.

Ceci dit, nous pensons que le phénomène de transports par taxis clandestins aura tendance à s'estomper dans les années à venir en Algérie car, il y a en parallèle une autre tendance relativement forte qui est celle de l'accès à la voiture particulière.

bus⁸ ; et, en plus de la finalisation du projet la première ligne de métro de la capitale, il a été décidé le lancement de projets de tramways dans les grandes agglomérations du pays. Il y a près d'une quinzaine de projets en tout. Ces projets à l'heure actuelle à différentes phases selon les villes : Etude de faisabilité, lancement d'appel d'offre ou en réalisation. On parle même d'une étude de faisabilité pour une ligne de Métro dans la ville d'Oran en préparation et ce, en sus de la ligne de Tramway en phase de réalisation avancée.

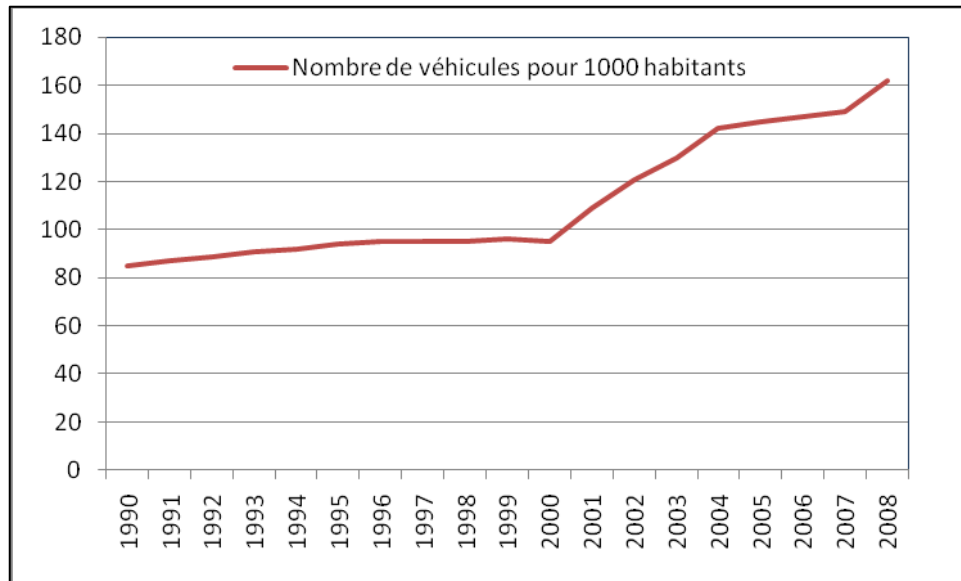
2- DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DE LA VOITURE PARTICULIÈRE EN ALGÉRIE ET ARBITRAGE VOITURE PARTICULIÈRE/TRANSPORT PUBLIC COLLECTIF.

2.1 Augmentation rapide des taux de motorisation en Algérie : analyse de certains facteurs.

L'amélioration du niveau de vie des algériens ces dernières années a eu un impact direct sur l'accroissement des taux de motorisation. Comme il apparaît sur la figure ci-dessous, l'accroissement du taux de motorisation a été plutôt léger et progressif sur la période 1990-2000. Toutefois dès 2001, ce taux a accusé une forte progression. Il a quasiment doublé sur la période 2001-2008. Cette nette augmentation est due au développement et à la croissance économique du pays observés durant la dernière décennie. Dans ce contexte favorable, les concessions automobiles ont fleuri et les ventes ont été dopées par le crédit automobile. Les Algériens se sont rapidement équipés de voitures. A noter que la procédure d'achat à crédit a fait l'objet d'un gel en 2009 et l'instauration d'une nouvelle taxe sur l'achat de voiture neuve importée. Ces nouvelles dispositions ont été prises pour diverses raisons :

- il a été remarqué que de nombreuses familles ne pouvaient plus payer les traites ;
- d'un point de vue politique, il est plus intéressant d'encourager le crédit logement que le crédit automobile ;
- il y avait là quand même une bonne assiette fiscale pour une nouvelle taxe pouvant alimenter le fonds de soutien aux transports collectifs ;
- l'Algérie ne faisait qu'importer les voitures, fallait-il peut-être penser à des formules d'incitation en direction des constructeurs pour investir localement ;
- et enfin, les réseaux de transport commençaient à ne plus absorber le surplus de véhicules et les problèmes d'encombrement devenaient de plus en plus importants.

⁸ Pour ces dernières, l'objectif est aussi la recherche d'une dynamisation de la concurrence afin de forcer les opérateurs privés à se regrouper sous forme d'entreprises d'une taille minimale et de masse critique. Initialement, les pouvoirs publics ont décidé de mettre sur le marché ce type d'entreprise publique de transports par bus dans les grandes agglomérations, mais cette initiative fut récemment généralisée à l'ensemble des chefs lieu des *wilayates* (équivalent des départements en France). Il est vrai que ces entreprises ont donné le ton et ont mis en place de nouvelles façons-de-faire et elles se sont montrées relativement innovantes en proposant une qualité de service de bon niveau avec des nouveaux bus et des moyens conséquents. Du coup, elles ont rencontré un important succès auprès des usagers (*les célèbres bus bleus*) Dont le prix de revient dépasse 2,5 milliards de centimes l'unité. Mais ceci dit, les premiers résultats d'une étude que nous avons en cours sur ces entreprises, montrent un certain essoufflement et un ralentissement de l'élan.



Graphique N° 1 : Evolution du parc automobile pour 1000 habitants (1990-2008)

En dépit du gel du crédit automobile et de la taxe sur les véhicules neufs, la tendance n'a pas été freinée. Avant le gel et la taxe, l'Algérie importait entre 200.000 et 250.000 véhicules/an en moyenne. Avant la fin de l'année 2011, les chiffres provisoires donnent une importation de véhicules qui dépasse les 350.000 véhicules.

Cette explosion de l'importation de véhicules en 2011 est à expliquer à travers les augmentations importantes de salaires qu'ont connues tous les secteurs avec un effet rétroactif depuis janvier 2008. Du coup, de nombreux Algériens disposaient d'arriérés importants pouvant financer facilement l'achat d'une voiture. Tous les concessionnaires automobiles sont dépassés et les commandes sont en souffrance à tel point que les voitures récemment achetées sont revendues sur le marché d'occasion, paradoxalement, à des prix équivalents voire même parfois supérieurs au prix d'une voiture neuve pour certains modèles !

En matière de déplacements motorisés, une tendance lourde à l'usage de la voiture particulière est là et elle se renforce. En Algérie, tout le monde aspire à l'achat d'un véhicule particulier et ce, compte tenu d'un certain nombre de facteurs :

- coût d'exploitation de la voiture qui est relativement bas : un carburant bon marché, notamment le diesel qui est au prix de 13 centimes d'Euro le litre ;⁹
- ouverture de concessions d'automobiles partout dans le pays avec un marketing agressif ;
- tendance à la baisse des prix des véhicules neufs (voitures importées de Chine notamment) avec une conséquence d'écrasement des prix sur le marché de l'occasion à terme ;

⁹ Durant de longues années, un peu moins maintenant compte tenu du phénomène de congestion que connaissent la plupart des villes algériennes, les gens prenaient leur voiture pour se « balader » en tournant en ville sans arrêt et sans descendre de leur voiture tant le coût du carburant est vu comme négligeable. Le problème pour beaucoup de personnes, c'est acheter la voiture. Une fois la voiture achetée, le reste des coûts est *gérable*.

- dysfonctionnements observés dans les transports collectifs comme décrit plus haut ;
- et enfin, l'existence de certaines considérations historiques, culturelles et sociologiques.

Concernant ces dernières considérations que nous avons qualifiées d'historiques, culturelles et sociologiques, nous pensons qu'il y a effectivement des aspects plutôt qualitatifs qui doivent être pris en compte et qui pousseraient, à notre sens, les Algériens à vouloir accéder à la voiture particulière.

Tout d'abord, aux yeux des populations des pays en voie de développement, la société de consommation est un modèle envié et la voiture en est l'un des symboles les plus forts. Dans l'esprit d'une majorité de personnes, la possession de la voiture est synonyme de réussite sociale.

Ensuite, en Algérie, la voiture a toujours été très convoitée, un peu plus que dans les autres pays du Maghreb peut-être car il faudrait tenir compte de certains faits historiques. Durant de longues décennies, l'importation des voitures était monopolisée par une société nationale appelée Sonacome. Aucune concession d'automobile n'existait en ces temps-là. Et il fallait patienter auprès de la société Sonacome plusieurs années pour pouvoir avoir sa voiture. Les voitures importées par Sonacome étaient, selon le quota du moment, de la même marque et quasiment le même modèle. L'avantage est que les voitures importées par la Sonacome étaient vendues à des prix très intéressants. Le problème est que la quantité importée était toujours insuffisante. Du coup, l'acheteur ayant acquis sa voiture auprès de la Sonacome devait accorder une attention particulière à son bien. La voiture est pour certains une forme de capital, car on pouvait la revendre facilement et pour beaucoup plus cher que le prix d'achat après même plusieurs années d'utilisation ! Aujourd'hui, avec toutes les concessions présentes dans les villes algériennes, la voiture est là, on peut choisir, acheter sur place ; et on a l'impression finalement que les Algériens ont aujourd'hui une revanche à prendre sur l'Histoire !

Enfin, sur un plan connexe, pour des considérations socioculturelles, les Algériens évitent de voyager en famille en taxi collectif ou en bus. Ainsi, si l'on continue encore à utiliser le taxi collectif en urbain comme en interurbain en Algérie, c'est uniquement pour raisons économiques pures relevant notamment du coût d'accès à la voiture individuelle qui reste élevé pour certains, en tout cas pour le moment.

2.2 Arbitrage Transport Collectif /Voiture Particulière : Peut-on espérer un transfert modal pour les transports pendulaires ?

En termes de choix et d'arbitrage entre les transports public collectif et la voiture particulière, nous dirigeons un travail de recherche en phase de finalisation sur la ville d'Alger.

L'enquête est menée sur la ville d'Alger et couvre la période du mois de décembre 2011 et du mois de janvier 2012. L'enquête a été administrée deux mois après l'inauguration de la ligne de métro (9,5 Km) et sept mois après l'ouverture de la première ligne de tramways (7,5 Km). Nous avons retenu 1009 questionnaires sur 1100 administrés.

Concernant les résultats de cette enquête, il faudrait avoir à l'esprit qu'en regard de la période durant laquelle s'est effectuée l'enquête, les résultats sont influencés par la mise en service du métro et le tramway qui s'est faite depuis quelques mois et qu'en même temps, l'expérience reste encore récente et ne permettant pas de faire ressortir des changements structurels et les nouvelles habitudes, etc. Ceci dit, les premiers résultats de l'enquête confirment tout de même une tendance générale de certaines hypothèses que vous avons émises¹⁰.

a) *La voiture, toujours vue comme un outil formidable de mobilité ...*

En effet, pour ce qui est du moyen de transport favori, la quasi majorité des personnes questionnées est pour la voiture particulière. Les proportions sont les suivantes :

Voiture particulière : 80,1 %
Transports Collectif : 18,1 %
et 1,8 % ne sais pas ou manquant

Selon 1009 personnes questionnées, 23,7 % ont une voiture particulière. 81,7% de ceux qui ne possèdent pas de voitures, déclarent que le coût d'achat de la voiture est la raison principale qui les empêche d'en acheter et ils engageront immédiatement l'achat s'ils auront des facilités financières.

b) *Les TC sont globalement et toujours mal appréciés, en dépit de l'introduction du métro/tramways d'Alger.*

A la question de savoir, pourquoi les transports publics collectifs ne vous conviennent pas, trois facteurs les plus significatifs été classés selon l'ordre suivant :

- 54 % classent «*l'Insécurité : vol et agression*» en 1 ère position (en termes d'importance) ;
- 28,2 % classent «*l'absence de confort*» en 2 ème position.
- 31 % classent la « *perte de temps*» en 3 ème position).

Pour ceux qui utilisent régulièrement leur voiture, nous leur avons posé la question suivante : *dans l'éventualité où les transports collectifs seraient améliorés substantiellement, seriez vous prêt à les utiliser plus fréquemment au lieu de votre voiture pour aller au travail ou pour amener les enfants à l'école par exemple ?*

Oui : 58,5 %
Non : 34%
Ne sais pas ou donnée manquante : 7,5%

¹⁰ Dans le présent papier, nous présenterons de l'enquête que des éléments très généraux pour voir les tendances. Nous procéderons dans les jours qui viennent à d'autres recoupements de variables pour aller davantage dans le détail et identifier les différences qui puissent exister entre les catégories de personnes questionnées. Cette enquête d'Alger nous a permis de disposer d'une quantité de données intéressante qui sera exploitée dans les mois qui viennent.

Enfin, un fait révélateur concernant les coûts d'exploitation de la voiture particulière au point de vue du prix des carburants. Un résultat intéressant est celui que les gens n'ont pas conscience que le coût du carburant n'est vraiment pas cher en Algérie en comparaison avec les prix au niveau international.

Tout d'abord, 48,4% considèrent que le carburant est trop cher. 30,3% n'ont aucune idée sur les prix du carburant à la pompe. Seuls, 21,3% le considèrent comme pas cher.

Ensuite, nous avons posé une question relative à l'élasticité de la demande de carburant : *si le prix du carburant augmentait (le double par exemple), changeriez vous votre usage actuel de la voiture ?*

- 71,1% diminueraient leur niveau d'usage de voiture ;
- 11,6% arrêteraient d'utiliser leur voiture ;
- 17,3% déclarent qu'ils continueraient l'utilisation de leurs véhicules comme d'habitude.

Conclusion :

De notre point de vue, le retour de l'Etat dans les transports est là et il faut s'en féliciter. Les choses évoluent dans le sens de la mise en place en Algérie, à terme, d'un système de transport urbain collectif moderne qui contribuera à préserver l'environnement dans la mesure où il sera une bonne alternative au développement excessif de l'usage de la voiture particulière. D'ailleurs, l'ouverture de la première ligne de tramway d'Alger a rencontré un succès remarquable auprès des algérois ¹¹.

Mais ceci dit, il subsiste encore de nombreuses contraintes et les choses ne sont pas encore gagnées. Nous insisterons sur les points suivants qui constituent finalement des questions auxquelles, de notre point de vue, les pouvoirs publics doivent apporter des réponses relativement rapidement.

1- Problème de regroupement des opérateurs :

Au jour d'aujourd'hui les entreprises privées représentent encore le gros de l'offre de transport urbain et il n'a pas encore été observé des tentatives de regroupement et ce en dépit des encouragements des pouvoirs publics. Nous pensons que cette opération pose d'énormes problèmes techniques d'une part, et d'autre part, les opérateurs doivent être en phase d'observation quant à l'évolution du marché notamment avec le lancement de grands projets de tramways dans les grandes villes du pays. En attendant, comment intégrer dans ce système les opérateurs privés qui représentent toujours plus de 80% des parts de marché de transport collectif urbain ?

¹¹ La ligne de tramway ouverte transporte aujourd'hui en moyenne 20.000 passagers par Jour. Elle dépasse ainsi toutes les prévisions. Les prévisions ont été de 15.000 passagers/jour. Pour information, le métro enregistre une moyenne quotidienne d'un peu plus de 34.000 passagers/jour avec une pointe de 72.019 durant les vacances d'hiver. Ce qui reste faible compte tenu de sa capacité potentielle. Il faudrait considérer le prix du métro qui reste élevé. En plus, le tracé du métro est un sur un gros corridor comparativement avec celui du tramway.

2- Problème de financement des Transports Collectifs urbains :

Si les investissements sont financés sur fonds publics (embellie financière due à l'augmentation des prix du pétrole), le problème qui se pose déjà est celui du financement de l'exploitation pour assurer une pérennité du système. Les prix d'un ticket de voyage sur le tramway est fixé à 20 DA (environ 20 centimes d'Euro) alors qu'il coûterait autour de 55 DA et le ticket de métro est de 50 DA le voyage (environ 50 Centimes d'Euro), alors que le coût moyen du ticket est estimé à 88 DA. En dépit de ces prix déjà subventionnés, le problème est que ce niveau de prix reste encore élevé au regard du niveau de vie algérien mais aussi au regard du prix du ticket du bus qui est entre 10 et 15 DA. En plus, une intégration tarifaire est nécessaire à termes.

Le Fonds de Soutien aux Transports collectifs déjà fonctionnel serait-il suffisant ? Il est actuellement alimenté par la taxe sur véhicule neuf. Cela suffira-t-il ? Et plus, est-il aussi équitable qu'un provincial finance le transport collectif algérois en achetant une voiture neuve alors qu'il habite Tamenrasset ?

Faudrait-il créer une sorte de taxe touchant les entreprises à l'instar du *versement transport français* ?

Faudrait-il, enfin, taxer les carburants qui sont extrêmement bas (voire subventionnés par rapport aux prix internationaux) ? Quelle réaction sociale en cas d'augmentation des prix des carburants ?

Autant de questions qui restent posées.

3 - Organisation et gouvernance : mise en place d'autorité organisatrice.

Dans l'optique d'une intégration inter-modale fonctionnelle mais aussi pour réussir une intégration tarifaire nécessaire, pour garantir une meilleure gouvernance, opérer des contrôles avec obligations de respect des cahiers des charges par l'ensemble des opérateurs, gérer les subventions, etc., il y a nécessité de créer une autorité organisatrice des transports. Pour le moment, il y a des projets de textes réglementaires en construction. En attendant le Ministère des Transports et les Directions de Transports de la Wilaya (DTW : organe déconcentré du ministère) jouent le rôle d'autorité organisatrice mais avec d'énormes difficultés.

Enfin pour terminer, pour ce qui concerne l'accès et le développement de l'usage de la voiture particulière, nous avons envie de dire que le problème est beaucoup plus complexe. Les niveaux de vie augmentent et les algériens (avec le pétrole de plus en plus cher) dégagent de leur côté plus en plus d'économie sur leur salaires leur permettant d'acheter des voitures. Quelles solutions pour réguler cette tendance lourde qui sera difficile à infléchir par la suite ?

De notre part, nous pensons que les Algériens vont acheter de plus en plus de voitures et l'usage de la voiture particulière ira en s'accroissant. A la base, on ne pourra pas non plus interdire l'achat de voiture ou la taxer excessivement. Nous pensons aussi que, tout d'abord, ce sont les externalités négatives (congestion, perte de temps, pollution, accidents, etc.) qui agiront comme un frein naturel compte tenu du développement non proportionnel des capacités

d'offre de la voirie urbaine¹². Ensuite, ce sont les transports collectifs de qualité qui offriront de véritables alternatives. Et enfin, à terme s'établirait une certaine hiérarchie d'usage de la voiture. Les gens posséderont des voitures qu'ils utiliseront en fonction du motif de déplacement : pour les transports pendulaires (domicile-travail). Et l'usage des transports collectifs s'imposent au fur et à mesure compte tenu des avantages et compte tenu des coûts. Une taxation urbaine et une taxation des carburants appropriées pourraient aussi réguler et faire l'appoint.

¹² A noter bien sûr que la voirie améliorée, qui sera au fur et à mesure entreprise sous la pression de la demande, fera effet de produit d'appel pour plus de voitures ...



11^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

à Karlsruhe, KIT, Allemagne

sur le thème

Transport, énergie, localisation

23 au 27 mai 2012

Les T.C.U. en Grèce face à la crise économique et financière

Communication présentée par
Christos TAXILTARIS,
Professeur Transport à l' U.A.Th.



Université Aristote de
Thessalonique
École Polytechnique
Département de Topographie



1. Le contexte territorial

Présentation suivant trois groupes:

- Athènes – Le Pirée
- Thessalonique
- Villes de province

Réforme territoriale:

- Suppression des Départements, regroupement des collectivités locales (6.500 en 1990, 900 en 2000 et 325 actuellement)
- Accès des 13 Régions administratives au statut des collectivités territoriales.
- Les T.C.U. ne sont pas concernés.

2. Les acteurs et leurs liens contractuels



2.1 Les Autorités Organisatrices

- Ministère des Infrastructures, des Transports, des Réseaux et Télécommunications, qui contrôle les A.O. à Athènes – Le Pirée et à Thessalonique
- **Athènes – Le Pirée**: O.A.S.A. S.A.: A.O. et société-mère des filiales d'exploitation. Le groupe appartient entièrement à l'État.
- **Thessalonique**: S.A.S.Th.: A.O. avec des pouvoirs limités (l'essentiel, à savoir la négociation du contrat, se fait directement au niveau ministériel) majoritairement contrôlée par l'État.

2. Les acteurs et leurs liens contractuels



2.1 Les Autorités Organisatrices

- **Villes de province**: La Région fait fonction d' A.O. pour les itinéraires, les arrêts, et les horaires. Le contrat est négocié directement avec le Ministère. Deux exceptions:
 - **Rhodes** et **Kos**: deux municipalités qui ont respecté la tradition de la période italienne et assument de rôle d' A.O. pour les T.C.U.

2. Les acteurs et leurs liens contractuels



2.2 Les exploitants

■ Athènes – Le Pirée:

- Deux exploitants, filiales de l' O.A.S.A. S.A., une par mode de transport route/rail (5 auparavant jusqu' en 2011)
- Regroupement de l' exploitation → suppression de 1440 postes de travail sur 11.857 + coupes de la subvention de compensation

■ Thessalonique:

- O.A.S.Th. S.A. seul exploitant du réseau routier. Le métro en construction ne fonctionnera pas avant 2016.

2. Les acteurs et leurs liens contractuels



2.2 Les exploitants

■ Villes de province:

- Une société KTEL S.A. par ville avec son propre matériel roulant et ses équipements (gares routières)
- Exception à **Rhodes** et **Kos**: exploitation en régie municipale.

2. Les acteurs et leurs liens contractuels



2.3 Les contrats d'exploitation

- Gestion directe: Athènes – Le Pirée, Rhodes et Kos
- Gestion déléguée: Thessalonique et villes de province
 - Athènes – Le Pirée: O.A.S.A. S.A. en tant qu' A.O. fixe les objectifs des exploitants (ses filiales): Plans stratégiques, plans opérationnels (contrats d' exploitation).
 - Thessalonique: L' O.A.S.Th. S.A. bénéficie du monopole d' exploitation depuis 1957.
Contrat prolongé jusqu' en 2020.
Exploitation concédée sans concours.
L' État récompense à 100% le déficit d' exploitation et le renouvellement du matériel roulant.

2. Les acteurs et leurs liens contractuels



2.3 Les contrats d'exploitation

Le S.A.S.Th. (A.O.) se contente du suivi du contrat d'exploitation au quotidien (niveau tactique) et d'un avis sur la politique tarifaire décidée par le Ministère sous proposition de l'exploitant.

- En **province** (à l'exception de **Rhodes** et **Kos**, où l'exploitation se fait en régie municipale) chaque KTEL S.A. exerce dans un contexte monopolistique. Pas de contribution de compensation de l'État → tarifs élevés.

3. Le financement des T.C.U.



3.1 L'investissement

■ Athènes – Le Pirée:

- 1993-2013 → $4,3 \times 10^9$ euros pour le métro (50 km de lignes)
46% FEDER, 39% BEI (prêt), 15% État.
- 2006-2008 120×10^6 euros pour le renouvellement du matériel roulant des autres modes et pour la réhabilitation des équipements ($3,5 \times 10^6$ euros en période préolympique 2003-2004)
- Emprunts pour le financement de l'investissement et de l'exploitation (2006-2008) $1,25 \times 10^9$ euros (hors prêt BEI pour le métro)
- Dette cumulée (fin 2010) $3,8 \times 10^9$ euros.

3. Le financement des T.C.U.



3.1 L'investissement

■ Thessalonique:

- L' O.A.S.Th. S.A. avance des montants nécessaires au renouvellement du parc (50×10^6 euros 2006-2008) et aux équipements d' exploitation (SAE – SAI $\approx 4,2 \times 10^6$ euros). Il se fait rembourser par l' État à 100% en vertu du contrat d' exploitation par le biais de la contribution se compensation.
- Métro: Ouvrage public, $1,2 \times 10^9$ euros pour la 1^{ère} ligne de 9,3km.

3. Le financement des T.C.U.



3.1 L'investissement

■ Villes de province:

L' Investissement est à la charge des exploitants (KTEL S.A. et régies municipales pour **Rhodes** et **Kos**).

L' État participe au coût de renouvellement du matériel roulant à hauteur de 10% pour un véhicule neuf ou de 5% pour un véhicule seconde main.

3. Le financement des T.C.U.



3.2 L'exploitation

■ Athènes – Le Pirée:

- Contribution de compensation versée par l'État (les collectivités n'y contribuent pas)
- Insuffisance de la contribution → Emprunts garantis par l'État (Dette cumulée: $3,8 \times 10^9$ euros à la fin 2010).
- R/D: 0,42 (2006), 0,38 (2010)
- Tarifs de base 0,6 euro (2009), 1,2 à 1,4 euro (2011)
- 2008: Dépenses $1,42 \times 10^9$ euros, recettes $344,4 \times 10^6$ euros, contribution 135×10^6 euros, emprunt $940,6 \times 10^6$ euros

3. Le financement des T.C.U.



3.2 L' exploitation

■ Thessalonique:

- Contribution de compensation versée par l' État couvrant à 100% le déficit d' exploitation
- Rémunération de l' exploitant: 12,5% des recettes
- R/D: 0,34 (2006), 0,31 (2009) tarif de base de 0,5 euro
- 2010 tarif de base 0,8-0,9 euro
- 2009: Dépenses d' exploitation $164,52 \times 10^6$ euros, recettes $51,66 \times 10^6$ euros, contribution $112,85 \times 10^6$ euros, rémunération $16,18 \times 10^6$ euros

3. Le financement des T.C.U.



3.2 L'exploitation

■ Villes de province:

- Bilan excédentaire \approx 500.000 euros par KTEL S.A. et par an, avec tarifs de base, depuis longtemps, supérieurs à 1 euro (niveau et qualité de service parfois juste acceptables).

4. Quid de la demande?



- Pas d'approche systématique (enquêtes/comptages) de la variation de la demande d'une année à l'autre par mode/exploitant de T.C.U.
- Estimations des variations de la demande suivant des données de comptabilité (recettes directes) à **Athènes – Le Pirée** et **Thessalonique**).



4. Quid de la demande?

■ Athènes – Le Pirée (source O.A.S.A. S.A.):

- 2008-2010: ↘ trafic automobile ≈ 5% par an

→ ↘ de la mobilité motorisée (V.P.) ≈ 6,6% par an

→ Attente de reports V.P. → T.C.U. qui théoriquement pourraient atteindre 12 à 13% en deux ans

Constat: ↘ fréquentation T.C.U. ≈ 1% en deux ans (offre invariable)



4. Quid de la demande?

■ Athènes – Le Pirée (source O.A.S.A. S.A.):

- 2010-2011: ↘ trafic automobile ≈ 20%
→ ↘ de la mobilité motorisée (V.P.) ≈ 26%

Constat:
↘
≈ 20%

fréquentation T.C.U. >10% ↘ avec

offre (Vxk)

4. Quid de la demande?



- **Thessalonique** (source S.A.S.Th. et O.A.S.Th. S.A.):
 - 2009-2011: ↘ trafic automobile en centre-ville \approx 12%
 - 2009-2010: ↘ fréquentation T.C.U. \approx 1,7% (offre invariable)
 - 2010-2011: ↘ fréquentation T.C.U. \approx 24% (offre invariable)

4. Quid de la demande?



La hausse verticale de tarifs à **Athènes – Le Pirée** et **Thessalonique** a provoqué un mouvement d`usagers de T.C.U. revendiquant la gratuité.

Ce mouvement a pris des formes multiples:

- Refus de paiement et de contrôle au niveau individuel déclenchant un mouvement de solidarité de la part d`autres usagers.
- Prise d`assaut de véhicules (bus et trolleybus) et imposition de la gratuité.
- Blocage d`appareils de validation de titres de transport (réseau ferré)
- Occupation de stations (réseau ferré)

Conclusion (effets sur la demande)



Le mouvement pour la gratuité a certainement contribué à la baisse des recettes directes et à celle de la fréquentation des T.C.U., telle qu'estimée à partir des recettes.

Toutefois on peut déceler une tendance plus lourde de réduction de la fréquentation des T.C.U., qui résulte d'une baisse de la mobilité: autolimitation de la mobilité non-obligée et baisse de la mobilité obligée à cause de la perte galopante d'emplois (chômage de 22% - ↗ 10 points en un an).



- ↘ 9,5% (440.000 véhicules sur 6.340.000) des véhicules immatriculés entre 2011 et 2012.
- Estimation du nombre de véhicules non-assurés: 2.000.000 en 2012.
- Baisse du trafic sur le corridor nord-sud (autoroutes et R.N.) de l'ordre de 40% (à partir de comptages).



Merci pour votre attention !

Contacts:

Université Aristote de Thessalonique
École Polytechnique
Département de Topographie
rue Egnatia, 541 24 Thessalonique, Grèce
chtaxilt@topo.auth.gr

Les Transports Collectifs Urbains en Grèce face à la crise économique et financière

Par Christos Taxiltaris, Professeur Transports à l'Université Aristote de Thessalonique

1. Le contexte territorial

Les Transports Collectifs Urbains (désormais T.C.U.) en Grèce reflètent des situations sensiblement différentes en matière de développement urbain entre la capitale, Thessalonique, qui est la deuxième plus importante agglomération du pays et les villes provinciales considérées, à deux exceptions près (Rhodes et Kos) comme un ensemble.

Il en résulte le choix de présentation des systèmes de T.C.U. suivant trois groupes, à savoir Athènes-Le Pirée, Thessalonique et villes de provinces, anciens chefs-lieux de Département.

À l'automne 2010, quelques mois après l'officialisation de la crise économique et financière du pays, le Parlement a voté une réforme territoriale majeure. Le nombre des municipalités, déjà fort réduit à la fin des années 1990 à 900 des 6.500 existants jusqu'alors, passe à 325 collectivités locales moyennant des regroupements drastiques, parfois imposés manu militari et en tout cas difficilement gérables, compte tenu des distances de dizaines de kilomètres entre arrondissements ainsi créés et surtout de l'hétérogénéité des communes traditionnelles obligées à fusionner. Les 54 Départements sont supprimés mais en même temps les 13 Régions, qui étaient des échelons décentralisés de l'administration centrale, accèdent au statut des collectivités territoriales.

Toutefois il est très intéressant de signaler que cette réforme ne concerne guère les T.C.U. (ni d'ailleurs les transports interurbains).

En d'autres termes les collectivités locales n'ont pratiquement aucune prise légale sur les T.C.U. De plus elles voient leurs budgets d'investissement et de fonctionnement s'amenuiser, la crise financière qui affecte violemment l'ensemble du secteur public, oblige. Les perspectives alors d'une responsabilisation des collectivités territoriales dans les transports collectifs semble se reporter aux calendes grecques.

2. Les acteurs et leurs liens contractuels

2.1 Les Autorités Organisatrices

Malgré toute une série de lois pour la décentralisation depuis les années 1980 à nos jours, l'État est omnipotent dans le domaine des T.C.U. Aujourd'hui un grand Ministère des Infrastructures, des Transports, des Réseaux et des Télécommunications

est chargé des Transports terrestres et aériennes (les Transports maritimes relèvent du Ministère du Développement). En d'autres termes ce Ministère assume essentiellement le rôle d'Autorité Organisatrice, puisqu'il établit à Athènes et Thessalonique des mesures prioritaires en faveur des T.C.U. de surface et reste le maître d'ouvrage des lignes isolées ou des réseaux de modes guidés de surface ou souterrains. De plus il définit les politiques tarifaires des T.C.U.

Seules deux municipalités insulaires, Rhodes et Kos, font exception et assument le rôle d'Autorité Organisatrice grâce à l'influence italienne enracinée durant la période d'occupation italienne du Dodécanèse qui s'est succédée à l'occupation ottomane et à une période transitoire d'occupation britannique.

Quant au reste des villes de province (anciens chefs-lieux de Département) c'est la Région (jusqu'à sa suppression c'était le Département) qui fait fonction d'Autorité Organisatrice pour la fixation des itinéraires, des arrêts et des horaires dans le cadre d'un contrat négocié et passé directement entre le Ministère et l'exploitant (un seul par ville, cf. 2.1ci-dessous).

À Athènes-Le Pirée l'Organisme des Transports Urbains d'Athènes (OASA) S.A., qui est une société anonyme appartenant entièrement à l'État, tient le rôle de l'Autorité Organisatrice. Sa particularité c'est que l'OASA est la société-mère des sociétés d'exploitation. À ce titre il contrôle à 100% le capital de ses filières. On y reviendra en 2.1.

À Thessalonique les compétences, quoique limitées, de l'Autorité Organisatrice sont confiées au Conseil des Transports Urbains (SASTh) un établissement public, qui est majoritairement contrôlé par l'État (les collectivités territoriales y sont minoritairement représentées). Signalons deux éléments-clés pour mieux saisir le rôle du SASTh :

1. Le contrat d'exploitation du réseau de bus de Thessalonique est directement négocié et conclu entre le Ministère et l'exploitant. Le SASTh en est le superviseur de bonne application pour le compte du Ministère.

2. La planification et la réalisation en cours du métro de Thessalonique échappent entièrement au SASTh. Or c'est une autre société publique (Attiko Métro S.A.) dont le capital est détenu par l'État, qui est le maître d'ouvrage. Les deux organismes qui relèvent du même Ministère n'ont aucune relation organique et formelle.

2.2 Les exploitants

À Athènes les exploitants publics sont des filiales de l'Autorité Organisatrice, OASA S.A. Jusqu'au mois de Septembre 2011 on comptait cinq filiales (une société d'exploitation par mode de transport, à savoir bus thermiques, trolleybus, métro, tramway et train urbain) plus une ligne de train de banlieue (nommée Proastiakos)

appartenant aux chemins de fer de l'État. Cette ligne ne relève pas de l'OASA et est directement supervisée par le Ministère.

À partir de Septembre 2011 les cinq filiales de l'OASA ont été regroupées pour former deux sociétés d'exploitation suivant le type d'infrastructure : rail (STASY S.A.) ou route (OSY S.A.). Ce regroupement a été prévu par une loi votée en Mars 2011 et il constitue le nouveau cadre opérationnel des T.C.U. athéniens très drastiquement restructurés à deux niveaux; l'emploi et le financement de l'exploitation.

En effet sur un total de 11.857 postes de travail de tout genre dans le groupe OASA (société-mère et filiales-exploitantes) 1440 postes (12%) sont supprimés et les employés sont transférés ailleurs dans le secteur public (malheureusement sans aucune considération des compétences techniques ou autres du personnel concerné).

Les aspects financiers seront abordés plus loin, cf.3.1 et 3.2.

À Thessalonique le réseau d'autobus (seul mode à présent et à l'attente de l'ouverture du métro, prévue pas avant 2016) est exploité par l'OASTh (Organisme des Transports Urbains de Thessalonique) société privée créée durant les années 1950 après le démantèlement du réseau de tramway.

Le mode d'exploitation du futur métro n'est pas encore fixé ni d'ailleurs ses rapports avec le SASTh. À Rhodes et Kos les T.C.U. sont exploités par des régies municipales. Dans toutes les autres villes de province, dotées d'un réseau d'autobus, l'exploitation est assurée par des sociétés privées de transport de voyageurs, une société par ville. Ces sociétés nommées KTEL (urbains) S.A. ont été créées en 2001 et ont succédé aux associations des exploitants d'autobus, sorte de coopératives privées. Les KTEL S.A. possèdent leur propre matériel roulant et leurs propres équipements, notamment des gares routières.

2.3 Les contrats d'exploitation

Deux types de gestion des T.C.U. sont pratiqués en Grèce :

-Gestion directe. Cette forme d'exploitation est appliquée à Athènes-Le Pirée et à Rhodes et Kos. Alors que dans ces deux municipalités insulaires on a affaire à un type de régie municipale, à Athènes-Le Pirée c'est une variante de régie de l'État qui est en vigueur. Il s'agit du groupe OASA, appartenant à l'État, à savoir Autorité Organisatrice plus sociétés d'exploitation, autrement dit société-mère et filiales respectivement. La société-mère en tant qu'Autorité Organisatrice fixe les objectifs des sociétés d'exploitation par le biais de plans stratégiques pluriannuels et de plans opérationnels, ces derniers faisant office de contrats d'exploitation. Or en vertu de la récente loi de restructuration des T.C.U. athéniens pour mieux affronter les incidences de la crise, les plans opérationnels seront suivis de très près (audit trimestriel

concernant notamment le bilan économique). En cas de déviation supérieure à 10% par rapport au budget annuel, le plan opérationnel devra être révisé, entraînant en guise de sanction une réduction de la contribution de compensation versée par l'État (cf. plus loin 3.2).

-Gestion déléguée par contrat de concession : C'est le cas de Thessalonique et à quelques variations près celui des villes de province.

L'OASTh bénéficie du monopole d'exploitation en vertu d'un contrat, renouvelé depuis 1957, de concession de l'État valable jusqu'à la fin 2019, c'est-à-dire jusqu'au terme de la période de transition prévue par le Règlement Européen concernant les T.C.U., mis en vigueur à la fin 2009. Signalons que cette concession n'a été négocié par l'État qu'avec l'OASTh, sans procédure de concours et donc en dehors de toute logique de concurrence. Selon ce contrat l'État récompense à 100% le déficit d'exploitation et le renouvellement du matériel roulant (en réalité l'OASTh avance les montants nécessaires et se fait rembourser par le biais de contribution de compensation versée par l'État). Au terme de sa durée de vie (initialement 12 et depuis peu, 15 ans) le matériel roulant peut être vendu par l'OASTh qui en profite à 100%. La politique tarifaire est définie par l'État sous proposition de l'OASTh et avis du SASTh.

Dans les villes de province chaque KTEL (urbain) S.A. exerce dans un contexte monopolistique, après attribution du marché par l'État sans procédure de concours. Toutefois à l'opposé de l'OASTh les KTEL ne bénéficient pas de contribution de compensation, ils assument tous les risques. Il n'y a qu'une participation de l'État, en guise d'incitation, au renouvellement du matériel roulant, qui en tout cas est plafonnée à 10% du coût d'acquisition. Il en résulte des tarifs variés d'une ville à l'autre, souvent bien supérieurs à ceux des réseaux d'Athènes et de Thessalonique pour un niveau de service déficitaire et une qualité très discutable. Les contrats de concession de l'État aux KTEL sont valables jusqu'à la fin 2019.

3.Le financement des T.C.U.

3.1 L'investissement

Les T.C.U. ont bénéficié pour des projets d'infrastructures des subventions substantielles européennes (FEDER et BEI). Les données disponibles concernent des investissements réalisés (et prévus) pour les T.C.U. d'Athènes-Le Pirée et de Thessalonique, qui d'ailleurs représentent les deux gros consommateurs de capitaux investis dans le domaine des T.C.U.entre 1990 et 2020.

Dans la capitale, les investissements (infrastructures, matériel roulant et équipements divers) sont cofinancés par l'État, qui est l'unique actionnaire des compagnies des transports collectifs, et par des fonds européens.

Pour la période 1993-2013, le montant total des investissements prévus pour la création du métro athénien (génie civil, équipements électromécaniques et matériel roulant) était de 4,3 milliards d'euros, dont 2,1 milliards ont été dépensés durant la première phase (réseau de base d'environ 20 km de lignes, mis en exploitation en 2001), le solde de 2,2 milliards d'euros étant affecté à la deuxième phase (prolongements pour atteindre à terme une longueur totale de l'ordre de 50 km de lignes). Quant à la répartition des sources de financement du métro athénien, on a le schéma approximatif suivant :

FEDER : 46%, BEI (prêt) : 39% et État hellénique : 15%.

L'investissement global consacré au renouvellement du matériel roulant et aux équipements divers d'exploitation, réalisé par les opérateurs durant la période 2006-2008, s'est élevé à environ 120 millions d'euros. Or l'investissement durant la période préolympique (2003-2004) avait atteint près de 350 millions d'euros pour le même type de dépenses. Notons enfin que le montant total emprunté pour être affecté à l'investissement et à l'exploitation des transports publics athéniens, durant la période 2006-2008, a atteint 1,25 milliard d'euros (hors prêts de la BEI pour le métro), la dette cumulée à la fin 2008 dépassant très largement 2 milliards d'euros, pour atteindre 3,8 milliards d'euros à la fin 2010.

À Thessalonique l'opérateur privé (OASTh) bénéficie d'un remboursement à 100% par l'État des investissements (matériel roulant et équipements tels que les nouveaux systèmes d'aide à l'exploitation et à l'information SAE/SAI). En 2008, l'opérateur privé OASTh a investi 25 millions d'euros pour le renouvellement partiel et surtout pour l'accroissement de son parc d'autobus ; pendant les deux années 2006 et 2007, un montant presque équivalent avait aussi été dépensé pour la réalisation du programme régulier de renouvellement du matériel roulant et pour son nouveau système d'aide à l'information (SAI) d'un coût de 2,03 millions d'euros. Trois ans auparavant l'OASTh avait installé un nouveau service d'aide à l'exploitation (SAE) pour un coût de 2,15 millions d'euros.

Il faut remarquer que pour l'acquisition du matériel roulant et du SAE, l'OASTh avait avancé les sommes respectives en puisant dans ses réserves financières constituées grâce à sa rémunération en tant qu'exploitant privé du réseau d'autobus de Thessalonique, conformément aux contrats d'exploitation renouvelés depuis 1957. Ces dépenses sont ultérieurement remboursées à 100% par le biais des amortissements, comptabilisés dans le bilan d'exploitation, qui est la base de référence pour la fixation de la contribution compensatoire versée par l'État. Par contre l'acquisition du SAI, considéré comme facteur d'amélioration de la productivité externe et par là même de la qualité du service offert, a été financée à hauteur de 75% par des fonds européens, le solde de 25% étant pris en charge par l'État.

Quant au métro de Thessalonique, en cours de construction, après de vaines tentatives d'un partenariat public-privé (avec Bouygues, Bombardier et Keolis) les travaux font actuellement l'objet d'un financement public à 100% avec la participation de fonds européens complétés par un prêt de la BEI. Le coût total prévisible d'établissement de

la première ligne (épine dorsale, longue de 9,3km, du réseau à terme) est de l'ordre de 1,2 milliards d'euros.

Dans tout le reste de la Grèce, y compris dans les îles de Rhodes et Kos (dotées d'opérateurs publics de type régie communale) l'investissement est à la charge des exploitants, qui bénéficient de certaines incitations fiscales (déduction des amortissements) et financières (participation de l'État au coût d'achat à hauteur de 10% pour un véhicule neuf ou de 5% pour un véhicule dont la date de première immatriculation remonte à 11 ans maximum). Or cette politique de faible subvention des investissements des opérateurs de province est en quelque sorte le gage de l'autorisation d'exploitation monopolistique des transports publics urbains et interurbains de province: un seul opérateur par ville désigné sans procédure d'appel d'offres; ce système sera sans doute révisé en vertu du nouveau Règlement européen (avant le 31-12-2019 au plus tard).

3.2 L'exploitation

Rappelons qu'à Athènes- Le Pirée, OASA S.A. (dont l'État est l'unique actionnaire) joue le double rôle d'Autorité Organisatrice des transports publics athéniens et de compagnie holding des filiales exploitantes (à savoir OSY S.A. pour les bus et trolleybus, et STASY S.A. pour le métro, le tramway et l'ancienne ligne de train urbain).

Des « plans stratégiques pluriannuels » et des « plans opérationnels » faisant office de contrats d'exploitation, fixent les objectifs financiers et définissent la « mécanique » de fixation de la contribution de compensation des déficits d'exploitation.

À Athènes, la compensation est assurée à 100% par l'État (les collectivités n'y sont pas impliquées). Cette compensation n'étant pas suffisante elle devait être complétée par des emprunts très importants, garantis par l'État. Ce système a joué jusqu'à la fin 2010 ayant comme conséquence une dette cumulée de 3,8milliards d'euros.

Globalement entre 2006 et 2010 on relève une détérioration du taux de couverture des dépenses d'exploitation par les recettes directes. Ce taux de 0,42 en 2006 passe à moins de 0,38 en 2010.

Signalons que le tarif de base était de 0,60 euro (ticket à l'unité) jusqu'à la fin 2009. Depuis 2010 les tarifs progressent pour atteindre des niveaux tout à fait comparables à ceux pratiqués en France, en Italie etc. Ainsi à partir de 2011 le ticket à l'unité coûte 1,2 ou 1,4 euros, sans ou avec droit de correspondance dans 90 minutes respectivement.

On peut citer aussi à titre indicatif qu'en 2008 les dépenses totales du holding (y compris intérêts des emprunts) étaient d'environ 1,42 milliards euros, les recettes (titres de transport et recettes publicitaires) étaient de 344,4 millions euros et la contribution de compensation était de 135 millions euros. Cette situation a conduit à de nouveaux emprunts de plus de 900 millions d'euros pour une seule année et à la dette cumulée de 3,8 milliards d'euros.

À Thessalonique l'OASTh publie annuellement ses dépenses d'exploitation (hors TVA), qui représentent pratiquement la totalité des dépenses, y compris les amortissements et la rémunération d'entreprise calculée au taux de 12,5% du montant des ventes de titres de transport. Notons que l'OASTh n'est pas soumis à d'autres charges ; il n'y a pas d'emprunt ni d'autres obligations, à part l'imposition normale.

Selon le contrat d'exploitation, l'État compense à 100% le déficit annuel d'exploitation, présenté et dûment documenté par l'exploitant (OASTh).

Les collectivités territoriales, principales bénéficiaires des transports publics de Thessalonique, ne participent aucunement à la couverture du déficit, du moins pour le moment. Le déficit est estimé *ex ante* et révisé *ex post* : son montant définitif ne sera connu qu'après le verdict d'une juridiction contentieuse (processus normal). Or, ce verdict est habituellement publié plusieurs mois après le recours au juge ; en règle générale il donne satisfaction à l'OASTh et l'État verse alors un surplus de compensation financière.

Les valeurs du ratio recettes/dépenses sont en baisse entre 2006 et 2009 (de 0,34 à 0,31). Notons que le tarif de base jusqu'à la fin 2009 était de 0,50 euro. L'évocation de la crise financière a conduit tout de même à une hausse progressive des tarifs pratiqués depuis 2010 pour atteindre aujourd'hui 0,90 euro, avec droit de correspondance bus-bus ou 0,80 euro sans correspondance.

On peut alors constater que les taux de couverture des dépenses par les recettes sont sensiblement inférieurs aux taux de couverture observés dans les transports publics athéniens. Or alors que les T.C.U. athéniens, appartenant à l'État, ont subi face à la crise une restructuration sévère pour l'emploi et pour leur financement, qui de plus elle a pris la forme d'une loi, l'OASTh (opérateur privé, jouissant d'un monopole d'exploitation en vertu d'un contrat de concession de l'État, très favorable aux intérêts de l'opérateur) s'en sort pratiquement indemne.

À titre indicatif nous pouvons citer des chiffres définitifs publiés pour l'exploitation 2009 :

Recettes : 51,66 millions d'euros, dépenses d'exploitation : 164,52 millions d'euros, compensation versée par l'État : 112,85 millions d'euros et rémunération de l'opérateur 16,18 millions d'euros.

Dans le reste de la Grèce : Les municipalités de Rhodes et de Kos, qui ont créé des régies intercommunales pour l'exploitation des transports publics, n'y contribuent qu'exceptionnellement et en cas de besoin majeur sur demande de leur régie. La décision de subvention est soumise à un débat extraordinaire au sein du conseil municipal.

Dans toutes les autres villes les compagnies privées dites KTEL S.A. perçoivent le produit de la vente des tickets et abonnements ; les recettes assurent à 100% le financement du coût de fonctionnement des transports ; il n'y a pas de contribution versée ni par les collectivités territoriales ni par l'État. L'exploitant prend à sa charge le risque d'exploitation et le risque d'une demande défailante.

Toutefois la loi 2963 de 2001 (constitution des KTEL S.A.) autorise des subventions

versées aux KTEL par les collectivités, dans le cas de services spécifiques (lignes de très faible demande, maintenues pour des raisons de cohésion géographique et sociale). De plus la même loi autorise la prise de participations de la part d'une collectivité jusqu'à 40% du capital de son KTEL; or, jusqu'à nos jours, aucune collectivité territoriale n'a voulu profiter de cette possibilité.

Dans tous les cas le bilan est excédentaire avec un bénéfice moyen pour les 32 KTEL (urbains) S.A. en fonction de l'ordre de 500.000 euros par an. Or l'excédent financier des KTEL est le résultat d'une politique de tarifs élevés, mal vue par les usagers obligés de payer aussi, sinon plus cher leur titre de transport par rapport à ce que débourse l'Athénien ou le Thessalonicien, et tout cela pour un service de transport, à quelques exceptions près, généralement médiocre. Néanmoins, il faut souligner que les ordres de grandeur des paramètres financiers des réseaux de province sont hors comparaison avec les paramètres respectifs des réseaux des transports publics des deux métropoles, Athènes et Thessalonique.

Sources de données et références

- Journal officiel du Gouvernement Hellénique : loi 2669/1998 *Organisation et fonctionnement des T.C.U.d'Athènes-Le Pirée*,
- loi 2963/2001 *Organisation et fonctionnement des KTEL*,
- loi 2898/2001 *Création du SASTh et contrat de concession de l'État à l'OASTh pour l'exploitation des T.C.U.de Thessalonique*,
- loi 3920/2011 *Assainissement, restructuration et développement des T.C.U. d'Athènes-Le Pirée*.
- Notes universitaires de Ch.Taxiltaris pour le cours des T.C.U. du Mastère Transports de l'École Polytechnique de l'Université Aristote de Thessalonique.
- Organisation et financement des transports publics terrestres de voyageurs en Europe; fiche no 2 du CERTU : La Grèce, Décembre 2010. Cette fiche a été réalisée avec le concours de Ch.Taxiltaris.