

XXXIXème Colloque de l'ASRDLF



CONCENTRATION ET SÉGRÉGATION, DYNAMIQUES ET INSCRIPTIONS TERRITORIALES

Lyon – 1, 2 et 3 Septembre 2003

L'HYPOTHESE DE ZAHAVI REVISITEE QUELLE PERTINENCE ?

Iragaël JOLY
Doctorant
LET - ENTPE
Lyon
joly@entpe.fr

Résumé :

L'article s'appuie sur la base de l'UITP, « The millenium Cities Database » afin d'explorer les rapports espace-temps de la mobilité des villes du monde. L'étude des budgets temps de transport qu'il présente teste la validité de l'hypothèse de Zahavi. En renseignant les trois aspects de la mobilité (comportement, système d'offre et structure de l'espace) la base de l'UITP permet de dresser une « image arrêtée » des systèmes de mobilité du monde pour l'année 1995, et de définir des profils types d'organisation urbaine. Un développement par densification de la ville s'oppose à un développement par extension de la ville. L'observation des consommations des ressources espace-temps des villes fait apparaître que contrairement au modèle extensif, le modèle dense retient ses consommations temporelles et spatiales. Par la croissance de ses consommations d'espace, mais surtout de temps, le modèle extensif remet en cause l'hypothèse de Zahavi. Cette analyse permet alors de critiquer l'un des fondements des mécanismes de l'étalement urbain, et de remettre en question le lien de causalité décrit jusqu'à présent entre les gains de vitesses et la croissance des distances parcourues : le réinvestissement total des gains de temps en transport.

Mots clés : Budgets temps de transport – organisation du système de transports

Classification JEL : R40 – Transport systems – General

L'HYPOTHESE DE ZAHAVI REVISITEE QUELLE PERTINENCE ?

INTRODUCTION

Face à la croissance des déplacements et aux sombres perspectives des externalités qui en découlent, l'économiste et l'urbaniste ont chacun proposé leur vision des mécanismes de la mobilité. Pour le premier, le marché constitué par les transports urbains ne signale pas l'intégralité des ressources rares par des niveaux de prix adaptés. C'est le cas, par exemple, des ressources environnementales telles que l'air ou le silence qui ont pourtant une valeur pour les individus. En définitive, pour l'économiste, un trop grand nombre d'externalités de la mobilité ne sont pas payées, et ne sont pas prises en compte par les mécanismes du marché. Ceci éloigne donc le fonctionnement du marché du principe de l'usager(pollueur)-payeur, qui en l'absence de toute forme de régulation devrait, d'après la théorie économique, optimiser les échanges, en intégrant les externalités dans les comportements.

De son côté, l'urbaniste analyse la mobilité dans son rapport à l'espace-temps. La vitesse des déplacements devient alors un des rouages existant entre l'espace-temps de la mobilité et les moyens de réalisation des déplacements. Elle permet ainsi, d'étayer la thèse selon laquelle la croissance des distances parcourues et l'étalement urbain sont des conséquences de la satisfaction des besoins et des désirs des populations au moyen d'un accroissement des vitesses (Wiel M., 2002). L'espace-temps des accessibilités individuelles (Hägerstrand T., 1970) s'est donc étendu, non pas au moyen d'un investissement temporel individuel accru, mais par une réduction du prix temporel du déplacement. La croissance des vitesses peut alors expliquer l'étalement urbain et la croissance des distances parcourues, sous l'hypothèse d'une constance du temps quotidien consacré aux transports : le budget temps de transport quotidien (BTT). Le mécanisme simplifié serait le suivant : sous l'hypothèse de constance des budgets temps de transport, les gains de temps résultant des gains de vitesse sont totalement réinvestis dans du transport. Ce mécanisme permet alors d'expliquer d'une part, l'étalement urbain, et d'autre part, la notion plus globale du couplage des croissances de l'économie et des transports. Par la croissance des distances parcourues, à temps de transport identique, les villes ont vu leur envergure s'étendre. Et de façon générale, cette croissance des transports peut être expliquée par la croissance économique, au moyen de vitesses toujours plus rapides.

Notre analyse s'appuie sur la base de données, « The millenium Cities Database » de l'UITP (Union Internationale des Transports Publics) afin d'étudier les budgets temps de transport quotidiens. Cette orientation permet d'explorer les questions du rapport à l'espace-temps de la mobilité et du développement économique. Dans la première partie, l'hypothèse de Zahavi est rappelée. Dans un second temps, la base de l'UITP et le calcul des indicateurs utilisés sont présentés. Puis les budgets temps sont étudiés dans les parties 3 et 4 selon les caractéristiques géographiques et économiques des villes. Deux profils d'organisation urbaine se distinguent. Ces deux profils présentent, dans la partie 5, des organisations de leur système de transports urbains et donc des mobilités opposés. L'un de ces profils pourrait remettre en question la pertinence de l'application de l'hypothèse de constance des budgets temps de transport dès la réduction de la dimension d'analyse au niveau continental (partie 6). Enfin, le mécanisme du

réinvestissement des gains de temps est malmené dans la partie 7, jusqu'à une remise en cause de la causalité existant entre les vitesses, les distances et le temps de transport.

I. L'HYPOTHESE DE ZAHAVI – LA CONSTANCE DES BUDGETS TEMPS DE TRANSPORT

Avant d'approfondir la réflexion sur les relations existant entre les budgets temps de transport et les indicateurs géographiques, socio-économiques et les indicateurs de mobilité, rappelons certains des résultats que Y. Zahavi publia dans le début des années 80. Ce chercheur de la Banque Mondiale est le fondateur de l'hypothèse de constance des budgets monétaire et temporel de transport. Il étudiait les mobilités urbaines au même niveau d'agrégation que celui que nous allons employer aujourd'hui : le niveau mondial. Selon l'hypothèse formulée par Zahavi, dans le but de compléter son modèle de mobilité, les budgets temps et monétaire de transport sont tels que :

- Le budget *temps* de transport moyen d'une agglomération est calculé comme la moyenne sur l'ensemble de la *population* mobile de l'agglomération, des *durées individuelles* consacrées aux déplacements effectués au cours d'une journée.
- Le budget monétaire de transport moyen d'une agglomération est calculé comme la moyenne sur l'ensemble des *ménages* mobiles de l'agglomération, des *parts du revenu disponible des ménages* consacrées aux déplacements effectués au cours d'une année.
- Les deux budgets de transport moyens sont constants au cours du temps pour chaque ville.
- Les budgets de transport moyens sont similaires entre les villes du monde.

Cette constance est donc, d'après lui, spatialement et temporellement transférable.

L'hypothèse de Zahavi est fondée sur un ensemble de données dont la diversité constitue à la fois un atout et une faille. En effet, les villes étudiées possèdent des caractéristiques géographiques, socio-économiques, et des systèmes de transports très différents. Cette diversité des situations, qui est un atout du travail de Zahavi, permet notamment d'éclairer le caractère spatial de la régularité de la constance des budgets temps de transport. Cependant, la réunion d'un tel ensemble de données, à la fin des années 70, rencontre un certain nombre de problèmes majeurs. La diversité des situations est à l'origine de la multitude de méthodes d'étude de la mobilité employées dans les agglomérations. Ainsi, très peu d'enquêtes possèdent des indicateurs facilement comparables et par exemple les définitions des durées de déplacement, ou des déplacements comptabilisés ne sont pas homogènes. Le même ensemble de types de déplacements est-il systématiquement exclu du comptage de chaque ville (déplacements à motifs professionnels, déplacements interurbains, déplacements de longue durée dépassant les 2, 3 ou 4 heures, les déplacements de proximité, etc. ?). De la même façon la définition des modes pris en compte et le détail de la répartition modale ne sont pas homogènes. Il faut aussi ajouter que dans l'étude des agglomérations, leur périmètre et leur population ne sont pas toujours comparables.

Ainsi le travail visant à la compatibilité des données internationales est un travail qui requiert de nombreuses précautions. Il apparaît très vite difficile de concilier les exigences de l'analyse fine de la mobilité appuyée sur des définitions strictes des indicateurs, avec l'ampleur du champ d'étude nécessaire à la cohérence et la significativité de l'analyse.

Zahavi a donc réalisé un arbitrage entre la contrainte de précision des indicateurs et celle du nombre de villes étudiées. Malgré cette forte dépendance à l'ensemble de données disponibles et les multiples limites et contraintes imposées par la comparaison internationale, Zahavi parvient à éclairer un mécanisme devenu classique de l'économie de la mobilité. Et malgré

des fondements qui pourraient être qualifiés de fragiles, l'hypothèse de constance des budgets temps de transport, permet de mieux comprendre une partie de la chaîne des relations de la coproduction espace-mobilité. Et les difficultés rencontrées lors de la comparaison de données aussi variées, sont contrebalancées par la régularité du résultat. En effet, comment expliquer que malgré les différences historiques, géographiques, culturelles, économiques, etc. des situations, l'intervalle relativement étroit des budgets temps de transport persiste ?

Avec l'hypothèse de constance des budgets temps de transport, Zahavi met en lumière l'arbitrage réalisé par les individus entre la ressource temporelle nécessaire aux déplacements quotidiens et la vitesse des déplacements, qui représente le coût temporel des déplacements. Zahavi fait alors apparaître le mécanisme d'opportunités auquel accède un individu acquérant de nouvelles vitesses plus rapides. Ce dernier choisit une nouvelle allocation de son temps au transport, en fonction du nouveau prix temporel du déplacement. La réduction du prix temporel du transport lui permet essentiellement d'étendre l'espace-temps de ses accessibilités. L'arbitrage met donc face à face les gains de temps et les gains d'accessibilité. L'hypothèse de constance des budgets temps de transport signifie donc que le résultat de ce choix est en faveur des gains d'accessibilité. En effet, l'individu en choisissant de réinvestir l'intégralité de ses gains de temps dans du transport supplémentaire, fait le choix d'étendre la zone espace-temps de ses activités. Cette extension se traduit soit par une fréquentation accrue des activités menées jusqu'à présent, soit par un éloignement des lieux de réalisation de ces activités, soit par l'apparition de nouvelles activités dans l'emploi du temps de l'individu. Dans tous les cas, l'individu parcourt plus de distance au quotidien.

Depuis le début des années 1980, d'autres chercheurs ont pu, en fonction de leur ensemble de données, confirmer l'hypothèse de Zahavi (Bieber et al., 1994 ; Zahavi et Ryan, 1980 ; Zahavi et Talvitie, 1980 ; Hupkes, 1982 ; Purvis, 1994 ; Schafer et Victor, 2000). Mais peu de ces travaux possèdent la même dimension très agrégée de l'étude de Zahavi. La recherche d'une constance des budgets temps de transport à un niveau moins agrégé (national ou urbain), revient à étudier un cas particulier de l'hypothèse de Zahavi. De façon plus générale, l'usage des budgets temps de transport dans les modèles de transport et la démonstration de leur constance sont encore sujets de débats (Gunn, 1981 ; Prendergast et Williams, 1981 ; Landrock, 1981 ; Wigan et Morris, 1981 ; Goodwin, 1981 ; Supernak, 1982, 1983, 1984, 1987 ; Polack, 1987 ; Katiyar et Ohta, 1993).

Plus récemment, en 2000, Schafer n'a pas apporté d'infirmité de cette hypothèse. Ce résultat est d'autant plus remarquable que Schafer dispose d'une base de données aussi vaste que celle de Zahavi, et que l'on peut espérer de meilleure qualité. En travaillant à la même dimension que Zahavi, Schafer retrouve le même intervalle des budgets temps de transport.

Schafer vérifie et utilise cette hypothèse de constance des budgets temps de transport afin de réaliser une projection de la mobilité mondiale. Alors que ses données sont relatives à des moyennes nationales, il parvient à reconstituer un intervalle des budgets temps de transport relativement étroit, et d'ampleur similaire à celle de l'intervalle de Zahavi.

Par ailleurs, Schafer et Victor ont aussi fourni le même type de travail sur une grande diversité de villes. Leurs résultats laissent apparaître un intervalle d'une quarantaine de minutes autour de 1,1h.¹ qui concentre l'ensemble des budgets temps de déplacement moyens des villes et pays étudiés.

¹ Les différences de niveaux de BTT moyens obtenus selon les études s'expliquent par l'irrégularité des définitions utilisées d'une étude à l'autre. Schafer calcule des BTT tous modes par personne. Zahavi compare essentiellement des BTT motorisés par personne mobile. Avec la base de l'UITP, nous pouvons calculer des BTT motorisés par personne.

La constance du budget temps face aux évolutions économiques apparaît dans ce travail. En effet le PIB par personne des villes considérées n'intervient pas de façon marquante sur le niveau du budget temps de transport. Et pour certaines villes dont la durée d'observation est suffisante, nous pouvons voir une illustration de la persistance de la constance du budget temps malgré la croissance économique (Paris, Tokyo, Osaka). Le mécanisme qui est au centre des enjeux du couplage des croissances économiques et des transports apparaît alors avec l'étude de la constance des budgets temps parallèlement à l'évolution des distances parcourues, et au niveau de PIB par personne. Le lien entre les croissances des PIB et la croissance des distances parcourues paraît alors significatif et cohérent avec l'hypothèse de la constance temporelle et spatiale du budget temps de transport.

Les deux auteurs parviennent à reconstituer un intervalle des budgets temps de transport relativement étroit, étant donné la diversité des villes étudiées. Malgré les différences de méthodologies, de définitions, etc., les deux intervalles obtenus, sont très proches. Leurs données étant des séries chronologiques de différentes agglomérations, ils peuvent émettre l'hypothèse d'une transférabilité spatiale et temporelle du budget temps de transport moyen, et proposer l'application dans des modèles d'un budget temps de transport proche d'1h.

Le travail présenté ici, rencontre le même type de problèmes que ceux évoqués ci-dessus, pour la comparaison de données internationales. La compatibilité des données et le pouvoir de la comparaison des données produites par l'UITP, sont totalement dépendants de la qualité et de l'homogénéité des informations contenues dans la base.

II. DONNEES ET DESCRIPTION DES CALCULS EFFECTUES SUR LES INDICATEURS ET LEURS LIMITES

La base de l'UITP apporte une information rare sur un ensemble d'agglomérations du monde. Sa construction et les ajustements effectués sont garantis par ses auteurs (J. Kenworthy et F. Laube). La base peut être utilisée pour des comparaisons internationales. La base de données « The millenium Cities Database », constituée par l'UITP (Union Internationale des Transports Publics) offre les moyens d'améliorer la connaissance de l'économie de la mobilité quotidienne dans les grandes villes du monde. Les données collectées concernent la démographie, l'économie, la structure urbaine, le réseau routier, le réseau de transports publics, l'efficacité et les effets environnementaux des systèmes de transports, la mobilité qui est pratiquée dans ces villes, etc. Ce sont 175 indicateurs qui sont disponibles pour 100 villes du monde, pour l'année 1995. Tous les continents sont représentés (35 villes d'Europe de l'Ouest, 6 d'Europe de l'Est, 15 d'Amérique du Nord, 10 d'Amérique latine, 8 d'Afrique, 3 du Moyen-Orient, 18 d'Asie et 5 d'Océanie). Toutes les tailles d'agglomérations sont représentées, depuis Graz (240 000 habitants) à la région métropolitaine de Tokyo (32,3 millions d'habitants). Les informations collectées sont principalement de nature quantitative.

La mobilité urbaine est décrite en détail, tant sous l'angle de l'offre par la description du système de transports, que sous l'angle de la demande ou de la mobilité réalisée, par l'observation des trafics. La base de données nous permet alors de croiser les informations propres à la mobilité individuelle avec les caractéristiques des villes et de leur système de transports.

Afin de décrire la mobilité individuelle, nous avons choisi d'étudier les budgets temps de transport quotidiens, qui sont la somme des durées des déplacements réalisés au cours d'une journée par un individu. Cet indicateur est une variable qui, avec la distance quotidienne,

constitue la charnière entre le comportement de mobilité et l'espace de réalisation des déplacements. Ainsi le croisement des durées de déplacement avec les distances parcourues, les vitesses accessibles, ou encore les concentrations spatiales d'activités, permet d'éclairer la relation existant entre le comportement de mobilité, la structure de l'espace urbain et le système de transports urbains. En définitive, le budget temps de transport permet de relier les sources génératrices de transports que sont l'activité et la situation socio-économique de l'individu, le système d'offre de transports, et enfin la structure de l'espace urbain.

1. Calculs des temps, et des distances parcourues

Les données disponibles pour chacune des villes nous renseignent sur la mobilité individuelle quotidienne moyenne. Les observations sont des moyennes par individu calculées à l'échelle de chaque agglomération. Elles concernent par exemple : le nombre de déplacements quotidiens, les distances et les durées de transport par individu observées en moyenne dans une journée suivant le mode de transport utilisé (modes de transport publics et privés)². Ce jeu de données nous permet de recomposer plusieurs indicateurs de mobilité :

- Les *distances moyennes quotidiennes parcourues en modes de transport motorisés*. Ainsi, pour chacun des deux modes de transport (public et privé), le produit du *nombre moyen de déplacements quotidiens*³ par la *distance moyenne par déplacement* fournit la *distance quotidienne parcourue* pour chacun des deux modes de transport. Par la somme des distances de chaque mode motorisé, la *distance totale motorisée quotidienne moyenne* est recomposée pour chaque ville.
- Les *budgets temps de transport quotidiens moyens en modes motorisés*. De la même façon que précédemment, le produit du *nombre moyen de déplacements quotidiens* par la *durée moyenne par déplacement*⁴, fournit la durée moyenne quotidienne de déplacement en fonction du mode de transport. Ensuite la somme des durées par mode motorisé donne la *durée moyenne quotidienne totale de déplacement*, soit le budget temps de transport quotidien moyen.

2. Budgets temps de transport et distances parcourues, les premiers résultats

Un aperçu général des deux principaux indicateurs étudiés (la distance quotidienne moyenne parcourue et le budget temps de transport moyen motorisé) est fourni ci-dessous (*Tableaux 1 et 2*).

² Les durées des déplacements marche à pied n'étant pas renseignées nous devons nous limiter à un raisonnement sur les déplacements motorisés.

³ Moyenne annuelle incluant les week-ends.

⁴ Les données disponibles pour les durées distinguent les modes : "public" et "voiture", ce qui nous contraint à croiser la durée moyenne par déplacement automobile avec le nombre moyen de déplacements en mode privé. Il est donc possible qu'à ce niveau il existe une incompatibilité entre les définitions de l'automobile et du mode privé, et que par exemple, les deux-roues motorisés soient exclus des budgets temps de transport.

Tableaux n° 1 et 2 : Statistiques descriptives des deux principaux indicateurs

| BTT par ville (en min.) | Moyenne | Ecart type | Proportion écart type / moyenne |
|---------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|
| Europe de l'Ouest | 43,65 | 8,56 | 0,2 |
| France | 42,34 | 5,09 | 0,12 |
| Europe de l'Est | 50,47 | 13,57 | 0,27 |
| Océanie | 52,39 | 7,43 | 0,14 |
| USA et Canada | 56,31 | 13,83 | 0,25 |
| Asie (5 premières villes) | 44,85 | 6,6 | 0,15 |
| Pays émergents | 41,17 | 19,84 | 0,48 |
| Pays développés | 47,71 | 11,23 | 0,24 |
| Monde | 45,32 | 15,19 | 0,34 |

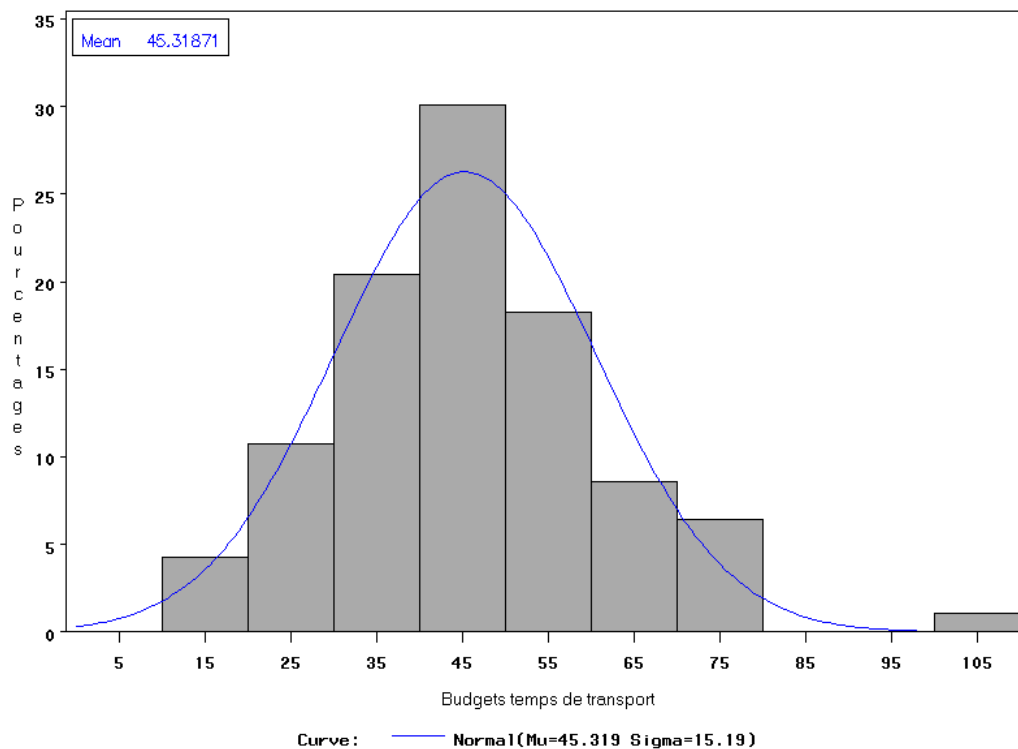
| Distance par ville (en km.) | Moyenne | Ecart type | Proportion écart type / moyenne |
|-----------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|
| Europe de l'Ouest | 21,62 | 4,79 | 0,22 |
| France | 18,9 | 2,96 | 0,16 |
| Europe de l'Est | 19,9 | 8,63 | 0,43 |
| Océanie | 32,92 | 5,62 | 0,17 |
| USA et Canada | 42,58 | 14,6 | 0,34 |
| Asie (5 premières villes) | 22,49 | 5,33 | 0,24 |
| Pays émergents | 14,22 | 6,41 | 0,45 |
| Pays développés | 28,21 | 12,46 | 0,44 |
| Monde | 23,08 | 12,59 | 0,54 |

Source : JOLYI., (2003)

Les budgets temps de transport motorisés moyens sont donc compris dans un intervalle d'une quinzaine de minutes (41min. à 56min.). Les distances moyennes sont plus dispersées (de 14km à 42km). Les écarts types des budgets temps de transport des différentes zones sont par contre relativement importants. Ils s'élèvent à une dizaine de minutes. Ce qui représente des écarts à la moyenne d'environ 12 % à 48 %.

Les budgets temps de transport quotidiens, pour les modes motorisés, et par personne, ont pour moyenne 45min. La *Figure 1* approche la courbe de densité des budgets temps de transport par une distribution normale. Elle illustre la forte concentration autour de la moyenne, mais aussi l'étendue de l'intervalle des budgets temps de transport. Globalement, les écarts types représentent environ 34 % du budget temps de transport moyen.

Figure n° 1 : Distribution des BTT (toutes les villes)



Source : JOLY I., (2003)

Dans l'ensemble, notre intervalle des budgets temps de transport est d'une envergure proche de celle des intervalles de Zahavi et Schafer. Le budget temps de transport moyen (45min.) est légèrement plus faible que ceux obtenus par les deux auteurs (respectivement 48min. et 66min.). Cela s'explique, tout d'abord, par les divergences de méthodes et de définitions utilisées. Ensuite, l'absence de prise en compte de la marche à pied, explique la différence avec les 66min. obtenues par Schafer. Et enfin, la considération du budget temps de transport par personne au lieu de la personne mobile de Zahavi, explique la sous-évaluation de notre budget temps de transport moyen.

Au niveau mondial, la constance spatiale des budgets temps de transport, telle qu'elle est définie par Zahavi et revue par Schafer, n'est donc pas rejetée par nos premiers résultats.

Cependant la dispersion dont font preuve les budgets temps de transport laisse présager l'existence de mécanismes internes. Les parties suivantes mettent en relief les budgets temps de transport avec les caractéristiques (géographiques et économiques) des villes et des systèmes de transports urbains.

Comme le figurent les graphiques suivants, deux groupes de villes se distinguent par leurs caractéristiques géographiques, mais aussi par le niveau de leurs budgets temps de transport. Globalement, des villes de caractère *dense* s'opposent à des villes de caractère *extensif*.

Afin de définir ces deux profils d'organisation urbaine, les caractéristiques géographiques des villes seront observées. Puis les aspects économiques et les caractéristiques des systèmes de transports urbains permettront d'approfondir le sens et les enjeux des caractères urbains *dense* et *extensif* que nous utilisons pour classer les agglomérations.

III. GEOGRAPHIE DE LA VILLE - STRUCTURE DE L'ESPACE URBAIN

Les données disponibles dans la base de l'UITP permettent de confronter les budgets temps de transport motorisé à divers indicateurs géographiques des villes d'Europe de l'Ouest, d'Amérique du Nord, d'Océanie, et de grandes métropoles asiatiques⁵.

1. Surface, population et densité urbaine

La tendance générale indique que les agglomérations nord-américaines (USA et Canada) et océaniques ont des budgets temps de transport plus élevés que les villes européennes (Europe de l'Ouest) et les métropoles asiatiques.

Face aux trois différentes variables géographiques, les groupes de villes : *dense* et *extensif*, se forment. Ainsi, les villes d'Amérique du Nord et d'Océanie sont caractérisées en moyenne par une densité plus faible, une surface et une population plus importantes que les villes d'Europe de l'Ouest et les métropoles asiatiques. Les mesures de la surface et de la population des agglomérations sont problématiques. En effet, les définitions des aires urbaines observées interviennent dans les comparaisons. De plus, le choix des villes de la base peut introduire un biais dans ces mesures. Cependant, allié à l'étude de la densité urbaine, ces indicateurs confirment le résultat : les villes d'Europe de l'Ouest et les métropoles asiatiques forment le groupe des villes de type *dense*. Alors que les villes nord américaines et océaniques constituent le groupe de villes consommant relativement plus d'espace : les villes de type *extensif* (Figure 2).

Sur l'ensemble des agglomérations des pays développés, une relation décroissante s'établit entre les budgets temps de transport et la densité urbaine. Elle semble donc indiquer que les villes du type *extensif* payent leur extension spatiale par un surcoût temporel de déplacement. Cela est aussi vrai pour les grandes villes d'Europe de l'Ouest telles que Londres ou Paris, qui concurrencent les villes américaines en terme de niveau de population mais affichent des densités urbaines élevées.

Au niveau continental, malgré le large éventail des niveaux de densité urbaine des villes *denses*, les budgets temps de transport sont rapprochés et ne semblent pas affectés par cette variable (Figure 2). Par contre, l'effet semble significatif pour les villes de type *extensif*. La faible concentration de la population de ces villes semble être synonyme de déplacements globalement plus longs. Et, c'est en se densifiant, que les agglomérations du type *extensif* réduisent leur budget temps de transport moyen. Enfin, les grandes villes asiatiques sont nettement plus denses que les autres villes, mais elles affichent des budgets temps de transport équivalents aux villes européennes. Cela suggère une convergence du budget temps de transport avec la densité urbaine vers un niveau plancher.

2. Dispersion des emplois

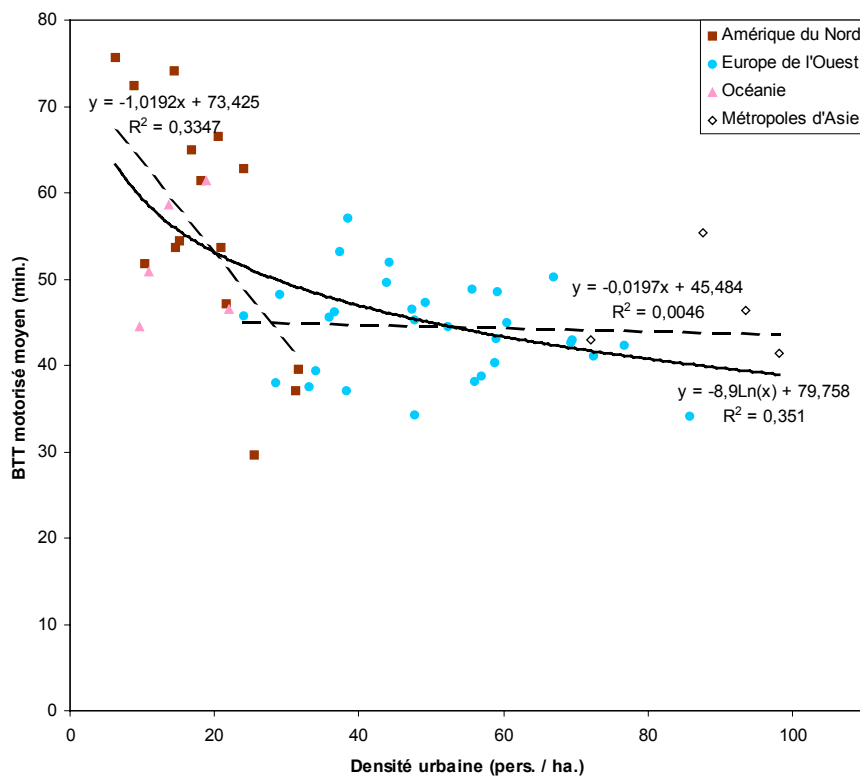
L'étude de la dispersion des opportunités socio-économiques, mesurée par la densité d'emplois ou la proportion d'emplois au centre, semble affecter le budget temps de transport de l'ensemble des villes des pays développés. De manière générale, la densité d'emplois possède un effet similaire à la densité urbaine, et réduit donc le budget temps de transport.

⁵ Les pays émergents sont systématiquement exclus de l'analyse suivante. Plusieurs raisons l'expliquent. Très peu de régularités ressortent des caractéristiques de ces villes. Et elles ajoutent un trouble autour de la tendance décrite par les agglomérations des pays développés. Ceci est d'autant plus perceptible et dommageable au niveau des budgets temps de transport, car les déplacements en marche à pied ne sont pas considérés par la base de l'UITP, or ces déplacements sont loin d'être négligeables dans les pays émergents.

L'effet de la proportion d'emplois dans le centre n'est, en revanche, pas très marqué (*Figures 3 et 4*).

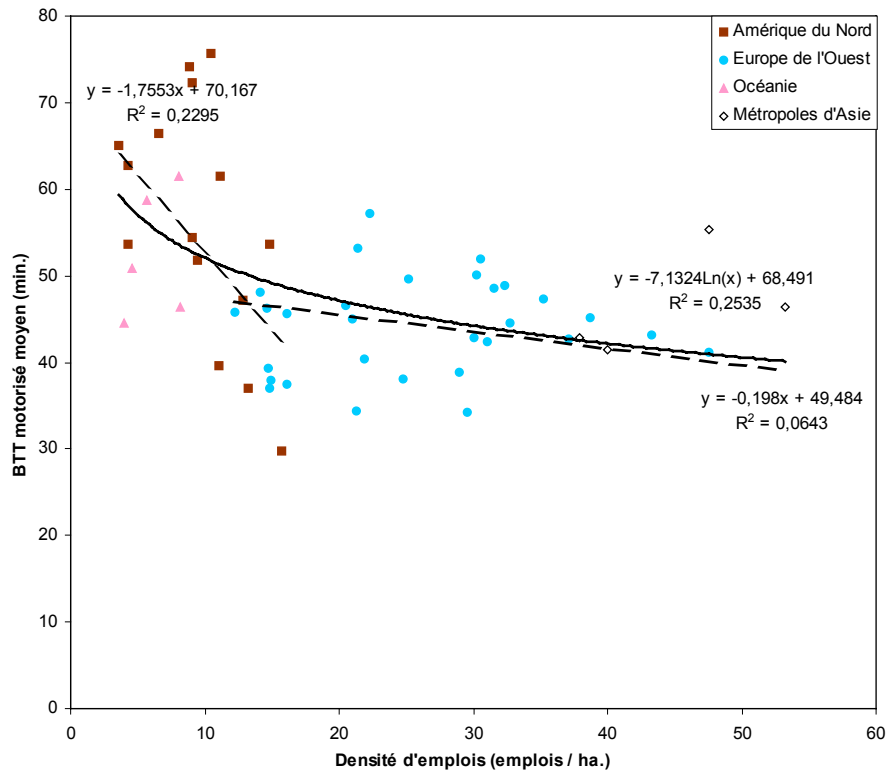
La décomposition continentale fait apparaître que la densité d'emplois et de façon moins marquée, la proportion d'emplois permettent de réduire les budgets temps de transport des villes de type *extensif*.

Figure n° 2 : BTT motorisé par personne (en min.) et densité urbaine (en personne par ha.) en Europe occidentale, Amérique du Nord, Océanie et métropoles asiatiques.



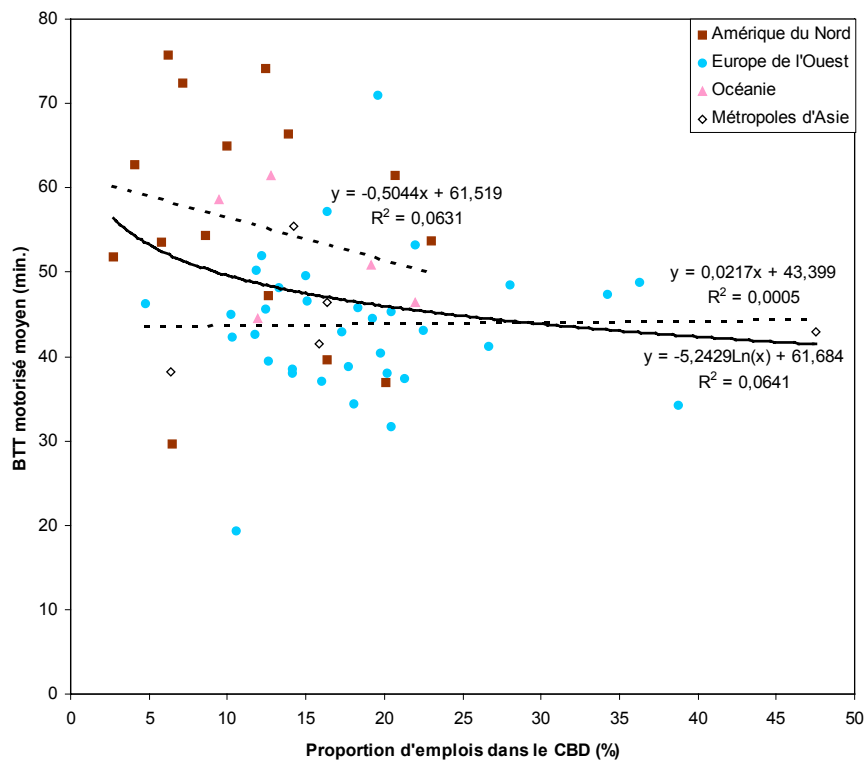
Source : JOLYI., (2003)

Figure n° 3 : BTT motorisé par personne (en min.) et densité d'emplois (en emplois par ha.) en Europe occidentale, Amérique du Nord, Océanie et métropoles asiatiques.



Source : JOLYI., (2003)

Graphique n° 4 : BTT motorisé par personne (en min.) et proportion d'emplois au centre (en %) en Europe occidentale, Amérique du Nord, Océanie et métropoles asiatiques.



Source : JOLYI., (2003)

IV. MESURE DE L'ECONOMIE ET MOBILITE

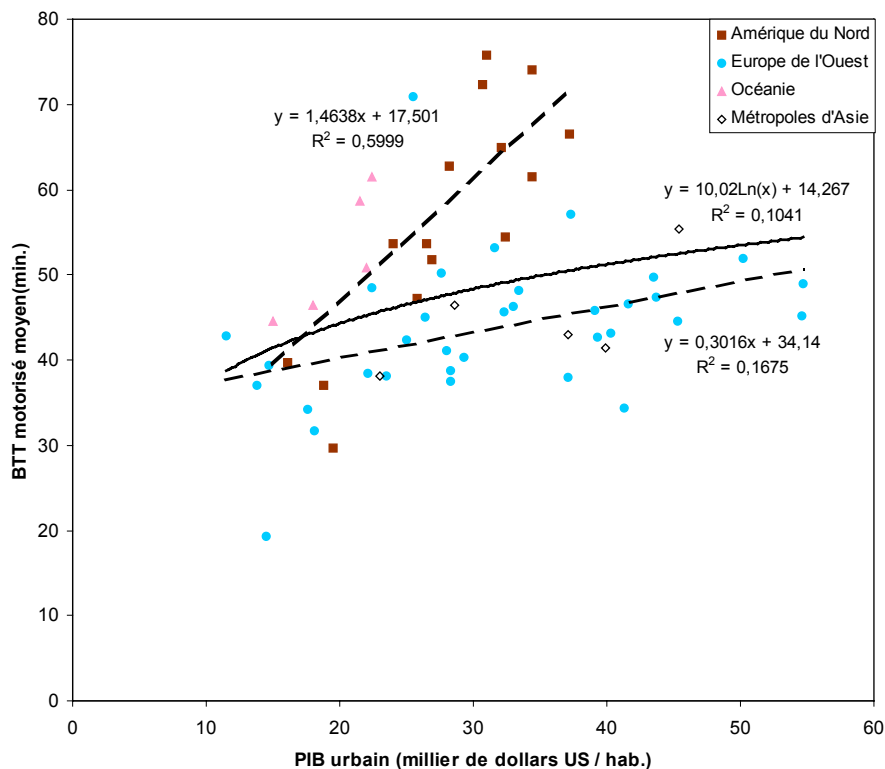
Le PIB urbain par tête permet d'observer le lien entre les données individuelles relatives à la mesure de l'économie et celles relatives à la mobilité, le PIB urbain en tant qu'indicateur du volume de l'activité économique urbaine des agglomérations, permet de rapprocher l'intensité de l'activité économique à l'intensité de la mobilité urbaine. Le PIB de la ville indique aussi son niveau de développement économique et peut donc être lié au développement du système de transports urbains.

1. PIB urbain, budgets temps de transport et distance parcourue

La décomposition de l'échantillon des villes de pays développés en type *extensif* et type *dense* reste valable pour l'étude du niveau d'activité économique des villes. En effet, il semble que pour un même niveau d'activité, les villes du type *extensif* nécessitent plus de temps de transport et de distance que celles du type *dense*. Et alors que ces dernières parviennent à contenir leurs distances parcourues et leurs budgets temps de transport motorisé, les villes du type *extensif* voient les leurs exploser avec l'activité économique (*Figures 5 et 6*).

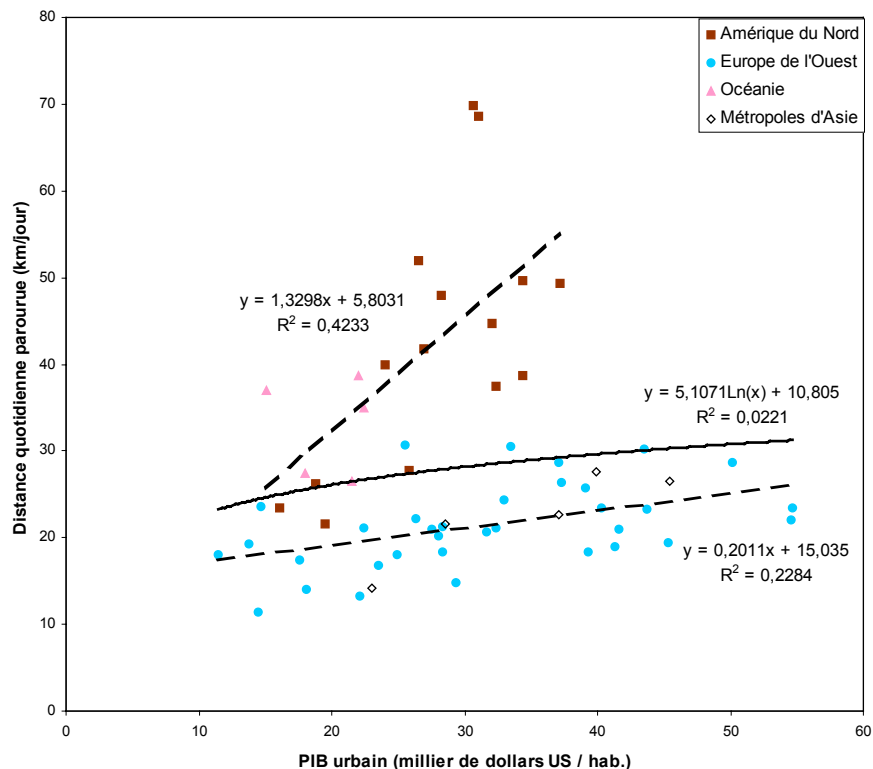
L'observation de la mobilité en tant que facteur de production de l'activité économique de la ville laisse donc apparaître la présomption suivant laquelle le développement économique du modèle *extensif* est basé sur la consommation extensive des ressources espace-temps. Alors que le modèle *dense* semble économiser ces deux ressources. Les villes de type *dense* parviennent à développer leur économie tout en restreignant l'intensité en transport et en espace de ce développement. Alors que les villes du type *extensif* dispersent leur activité sur toute la surface de l'agglomération, les villes du type *dense* sont plus denses et concentrées et tournent leurs activités vers le centre ville.

Figure n° 5 : BTT motorisé par personne (en min.) et PIB urbain par personne (en millier de dollars US) en Europe occidentale, Amérique du Nord, Océanie et métropoles asiatiques.



Source : JOLY I., (2003)

Figure n° 6 : Distance quotidienne moyenne parcourue par personne (en km.) et le PIB urbain par personne (en milliers de dollars US) en Europe occidentale, Amérique du Nord, et Océanie et métropoles asiatiques.



Source : JOLYL, (2003)

Une évaluation de la performance des systèmes de transports urbains au travers du budget temps de transport sépare les villes du type *dense* de celles du type *extensif*. Les systèmes économiques du modèle *dense* et leur organisation urbaine semblent alors plus efficaces, car ils nécessitent moins de temps de transport pour satisfaire le besoin de mobilité de l'activité de leurs populations. Ceci peut s'expliquer en partie par l'ensemble de liens que nous avons observés entre le budget temps de transport et l'ensemble des caractéristiques des villes (densité, emplois). L'étalement des villes du type *extensif* se paierait donc par un surcoût temporel des déplacements, pour un même niveau d'activité économique.

Par contre, l'usage du PIB comme un indicateur du niveau de vie des populations est révélateur d'une relation contre intuitive. Le revenu disponible des ménages est habituellement un indicateur de leur niveau de motorisation, avec une propension à l'équipement automobile plus forte pour le type *extensif* que pour le type *dense*. Le PIB serait alors un indice de la vitesse des déplacements à laquelle les ménages accèdent. Cependant, cette relation n'est pas totalement respectée. Pour les villes d'Amérique du Nord et d'Océanie, nous savons que les niveaux de motorisation sont plus importants qu'en Europe et que l'automobile procure généralement aux ménages une vitesse plus importante pour ses déplacements quotidiens. Cette différence de vitesses est bien observée entre les types *denses* et *extensifs* (Figure 8). Mais malgré cela, les budgets temps du type *extensif* sont plus élevés. L'accès à un niveau de revenu supérieur nécessite de plus grandes distances parcourues, mais ne procure pas les vitesses suffisantes pour compenser le surcoût temporel.

V. LA MOBILITE DE LA VILLE

L'étude des relations entretenues par les villes entre leurs deux ressources (l'espace et le temps), a mis en lumière deux groupes d'agglomérations qui définissent deux profils. Ces profils ont persisté au cours de l'analyse de la ressource temporelle allouée par la ville aux transports nécessaires à l'activité économique. Les pratiques de la mobilité qui en découlent, risquent donc d'être distinctes.

1. Le budget temps de transport, la distance parcourue et la vitesse

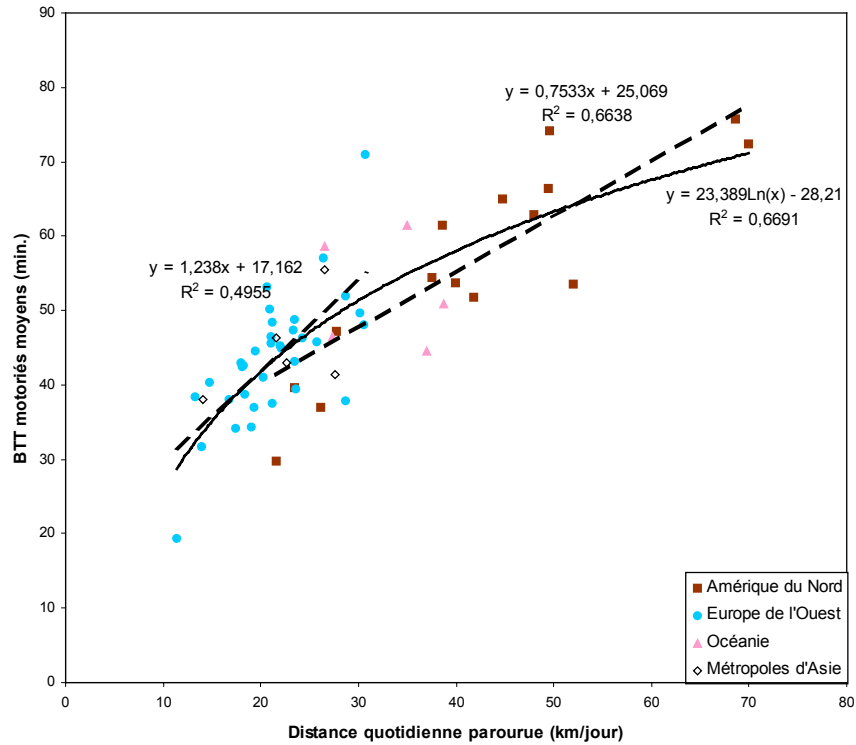
La confrontation des distances parcourues aux budgets temps de transport quotidiens illustre deux profils de la mobilité quotidienne des agglomérations. des pays développés. Le profil *extensif* correspond à une ville étalée dont les activités sont dispersées, et dans laquelle les distances parcourues, les vitesses, mais aussi les budgets temps de transport sont plus élevés. Et le profil *dense* s'illustre par une ville plus « compacte », où les distances parcourues, les vitesses et les budgets temps de transport sont plus faibles. De plus, le type *dense* présente des budgets temps de transport stables, contrairement à ceux du type *extensif*.

Au niveau mondial une relation croissante et concave apparaît entre la distance parcourue et le budget temps de transport (*Figure 7*). Cela laisse supposer que les vitesses s'améliorent avec les distances parcourues. De plus, le long de cette tendance, les villes de type *extensif* et *dense* ont des situations bien déterminées. Les villes de type *extensif* se situent sur la partie « plate » de la courbe, alors que les villes de type *dense* sont sur une partie croissante de la courbe. Cette forme concave suppose que les gains de vitesse dans chacun de ces groupes n'ont pas la même intensité. La croissance du budget temps de transport est moins que proportionnelle à celle des distances parcourues. La forme concave semble indiquer un coût marginal temporel décroissant. Donc un gain en efficacité avec la distance parcourue. Enfin, le coût marginal temporel de la distance semble plus faible pour le modèle *extensif* que pour le modèle *dense*. D'où une meilleure efficacité du système de production de transports urbains *extensif*.

Ce raisonnement peut être soutenu à l'aide de la relation observée entre le budget temps de transport et la vitesse moyenne du réseau routier (*Figure 8*). Les villes de type *extensif* affichent des vitesses globalement plus rapides que celles de type *dense*. Mais les budgets temps de transport sont eux aussi plus importants. Donc, les vitesses accrues des villes *américaines* ne semblent pas « faire gagner du temps ». Pour parcourir plus de distance, les individus ont dû supporter, en contrepartie, un surcoût temporel. Les nouvelles vitesses ne suffisent pas à expliquer l'expansion des distances parcourues.

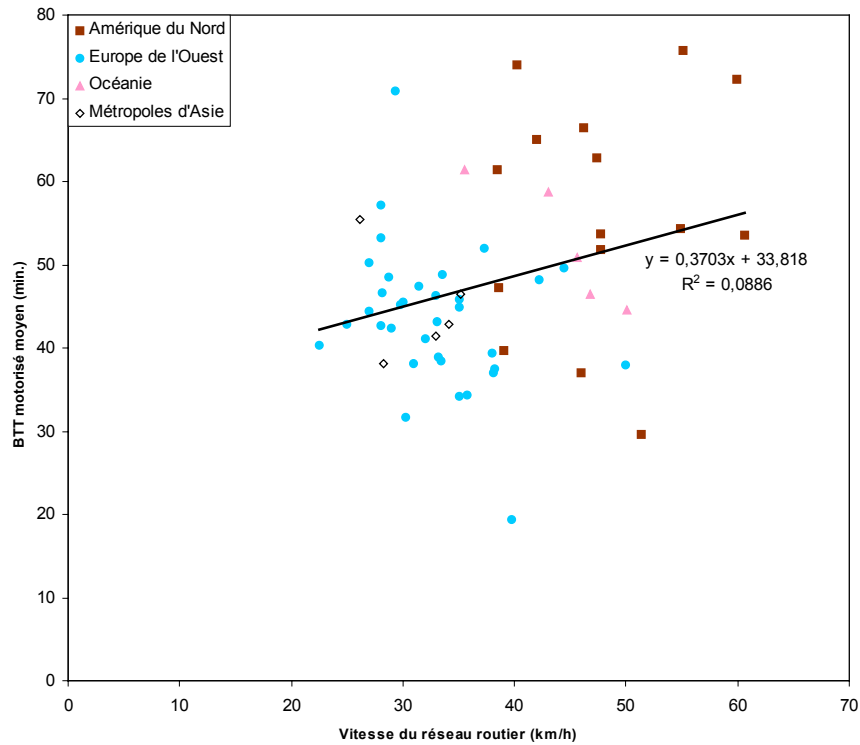
Enfin, l'efficacité des systèmes de transport est à confronter à l'activité économique des villes. Alors que l'activité économique de ces deux types d'organisation urbaine est comparable, les structures urbaines et les systèmes de transports urbains les dissocient nettement. Les agglomérations du modèle *extensif* sont des villes étalées et dispersées, contrairement à celle du modèle *dense* plus compactes. Par conséquent, pour satisfaire leurs besoins de mobilité accrus, les premières consomment, à la fois, plus d'espace et de temps de transport. Nous avons vu que cette consommation de ressources est plus efficace et produit une mobilité plus que proportionnelle. Mais, d'après la relation entre le PIB urbain et les distances parcourues (*Figure 6*), le coût marginal en distance de l'activité économique paraît plus élevé pour le modèle *extensif* que pour le modèle *dense*. La fonction de production globale de l'économie des villes du modèle *extensif* consomme plus de mobilité.

Figure n° 7 : BTT motorisé par personne (en min.) et distance quotidienne moyenne parcourue par personne (en km.) en Europe occidentale, Amérique du Nord, Océanie et métropoles asiatiques.



Source : JOLY I., (2003)

Figure n° 8 : BTT motorisé par personne (en min.) et vitesse moyenne du réseau routier (en km/h) en Europe occidentale, Amérique du Nord, Océanie et métropoles asiatiques.



Source : JOLY I., (2003)

VI. REMISE EN CAUSE DE L'HYPOTHESE DE CONSTANCE DES BUDGETS TEMPS DE TRANSPORT

En admettant un certain nombre d'imprécisions et d'irrégularités dans les données, le même intervalle des budgets temps de transport que celui de Zahavi ou de Schafer se dessine. Les trois intervalles des budgets temps sont d'amplitudes comparables et de moyennes proches.

Toutefois, au terme de cet exposé des différentes relations issues de la base de l'UITP, un nouveau regard doit être porté sur l'hypothèse de constance des budgets temps de transport. Un certain nombre de précautions étaient d'ores et déjà nécessaires lors de l'usage de cette hypothèse. La décomposition continentale présentée ci-dessus fragilise la généralité de son pouvoir explicatif de la mobilité et de son rapport à l'espace-temps.

A l'intérieur de l'intervalle des budgets temps de transport déduit de la base de l'UITP, il est possible d'observer les positions relatives des villes. Et grâce à l'effectif important de cet échantillon, ces situations relatives permettent de proposer des résultats significatifs.

La segmentation en deux groupes des villes de pays développés met en évidence l'existence de deux profils d'organisation urbaine. Tout d'abord, un modèle de développement économique et urbain qui peut être qualifié *d'extensif*. Son développement est réalisé par l'intensification des consommations temporelles, spatiales, et énergétiques dédiées au transport. Ensuite, à l'opposé, un modèle *dense* qui s'illustre par un développement urbain intensif. La croissance urbaine semble se réaliser grâce à une meilleure organisation de la ville pour satisfaire les exigences du développement urbain. Ce qui ne signifie pas forcément une meilleure performance du système de transports urbains. Les vitesses du modèle *dense* ne sont pas les plus rapides, mais elles suffisent à la satisfaction des besoins de mobilité nécessaire à une activité économique comparable à l'activité économique des villes du modèle *extensif*. En outre, l'organisation urbaine *dense* est moins chronophage.

La constance des budgets temps de transport ne semble alors pas aussi facilement transférable et applicable à toutes les villes. La dimension de l'analyse de Zahavi étant mondiale, le budget temps de transport moyen d'une heure est représentatif de l'ensemble des villes du monde. Il est évident que cette moyenne gomme un très grand nombre d'effets propres aux diverses situations historiques, géographiques, économiques et culturelles. En raison de cette dimension très agrégée, l'utilisation de cette hypothèse doit se faire avec de grandes précautions. A l'aide de la base de l'UITP, un exemple d'invalidité de l'hypothèse de Zahavi peut être observé, par la segmentation continentale. Ainsi, dès que la dimension mondiale de l'analyse est quittée, la constance des budgets temps de transport ne semble plus aussi valide et pertinente. De ce fait, il est nécessaire pour l'analyse des mécanismes de la formation urbaine, de vérifier la validité ou l'invalidité de l'hypothèse de Zahavi, au niveau d'observation pertinent. A partir de la décomposition continentale, il apparaît que les processus, souvent acquis, relatifs à l'usage des améliorations des vitesses, ne sont pas aussi simples que ceux que Zahavi proposait en 1980. L'analyse de la mobilité au niveau mondial fait ressortir le mécanisme par lequel les individus réinvestissent, dans du transport supplémentaire, la totalité des gains de temps générés par l'accroissement des vitesses. Les vitesses sont alors vues comme la condition permissive de la croissance de la mobilité, car elles permettent, pour une même dépense temporelle, de parcourir de plus grandes distances. Cependant, au niveau continental, cela n'est plus vrai. Pour les villes du modèle *extensif*, l'amélioration des vitesses partage avec la croissance des budgets temps de transport, la « responsabilité » de la croissance des distances.

VII. LA NOUVELLE CAUSALITE

Nos résultats indiquent un « goût » pour l'étalement de la zone d'activités plus présent que celui correspondant à l'hypothèse de constance des budgets temps de transport. Cette tendance pour l'espace semble ici suffisamment forte pour inciter les individus à étendre leur champ spatial au-delà de ce qui leur est permis par les hausses de vitesse. Tout se passe comme si le désir d'espace avait gagné en intensité, et incitait petit à petit les individus à accepter une dépense temporelle de transport de plus en plus grande. Alors que jusqu'à présent l'interprétation qui est faite du lien entre vitesse, distance et budgets temps de transport rend la vitesse responsable de l'extension de la portée spatiale des déplacements en supposant le budget temps fixe, il semble à la vue de nos résultats que *l'extension spatiale a franchi la barrière du budget temps de transport*.

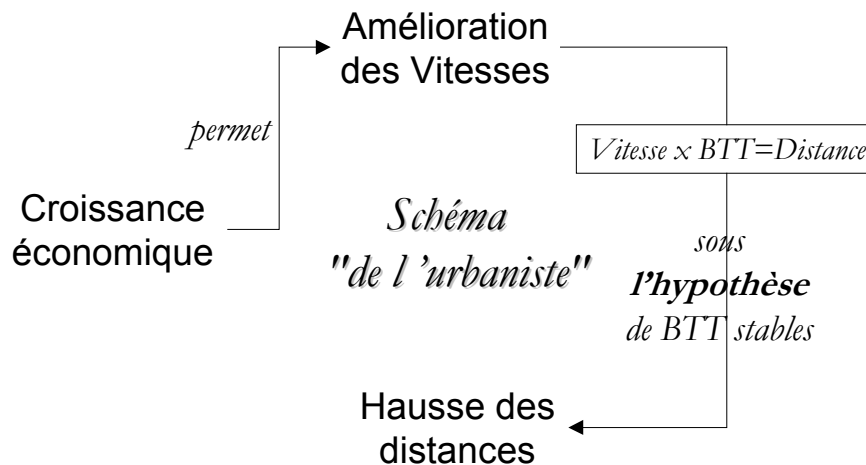
Le lien classique envisagé suppose que les gains de vitesse sont la conséquence du progrès technique et permettent d'échapper à la hausse de la contrainte temporelle. Mais les gains de vitesse semblent pour les villes du modèle *extensif* insuffisants à maintenir le budget temps de transport constant, alors qu'ils paraissent l'être pour le modèle *dense*.

L'extension de la mobilité peut être comprise comme un des facteurs de la croissance économique. Dans le sens où le transport entre dans la « fonction de production » de l'activité économique comme un facteur de production, la croissance de la mobilité peut être interprétée comme une intensification de la consommation de transports par les économies urbaines. L'amélioration des vitesses tenterait alors de réduire le coût temporel en transport de la croissance économique, et ainsi, d'accroître la productivité marginale du transport, dans cette fonction de production. Pour le modèle *extensif*, la croissance économique semble se payer par un surcoût temporel. Les vitesses de ce modèle ne semblent pas suffisantes pour maintenir le budget temps de transport stable. L'amélioration de la productivité du transport, par les vitesses ne permet pas de compenser le besoin de mobilité de la croissance économique bien que, ces vitesses soient équivalentes ou plus élevées que celle du modèle *dense*. Cette différence semble alors indiquer l'existence d'une vitesse réelle, non perçue quantitativement, qui tient compte de l'agencement des activités et de l'organisation de la mobilité. Cette vitesse, liée à la notion d'accessibilité, semble alors nécessaire à la compréhension des mécanismes de la mobilité.

Cela nous amène alors à reconsidérer le lien de causalité fondant le réinvestissement des gains de temps en transport. Si le budget temps de transport n'est pas stable, si les attraits de la distance compensent les dépenses temporelles des individus, alors la stabilité observée pourrait être simplement fortuite. Et les vitesses pourraient alors être devenues obsolètes pour maintenir le budget temps de transport.

Le mécanisme classique de réinvestissement peut être résumé par le schéma « de l'urbaniste », où, sous l'hypothèse de stabilité des budgets temps de transport, la croissance économique permet par le progrès technique, une accélération des vitesses relâchant ainsi la contrainte temporelle de la mobilité. La vitesse agit alors comme un levier sur les distances parcourues. La corrélation observée entre la stabilité des budgets temps de transport et la croissance des vitesses et des distances est considérée comme une causalité.

Schéma n° 1 : Schéma de l'urbaniste

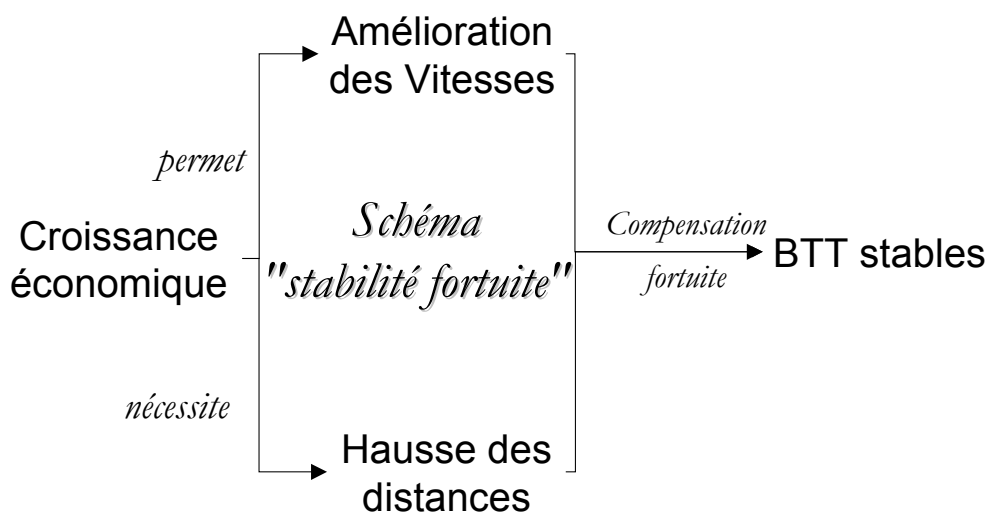


Source : JOLY I., (2003)

Sous l'hypothèse de Zahavi, le maintien d'un budget temps de transport stable, se fait par le réinvestissement total des gains de temps. Il en découle alors que la vitesse est responsable du couplage des croissances économique et du transport ainsi que de l'étalement urbain.

Mais ce que semble indiquer le cas des villes du modèle *extensif* est une « stabilité fortuite ». La croissance économique nécessite une plus grande mobilité, et permet, par le progrès technique, une amélioration des vitesses. Ces deux effets peuvent alors se compenser et permettre de conserver les budgets temps de transport stables. Ou, peut être dans le cas des agglomérations du modèle *extensif*, les gains de vitesse ne suffisent pas. Et afin de répondre à la croissance économique et à son besoin de mobilité, les budgets temps de transport doivent être revus à la hausse.

Schéma n° 2 : Schéma de la stabilité fortuite



Source : JOLY I., (2003)

VIII. CONCLUSION

Sous l'hypothèse de Zahavi, au niveau mondial, le budget temps de transport semble stable. Aucun des deux schémas : de « l'urbaniste » et de la « stabilité fortuite » ne peut être exclu. Les gains de vitesses peuvent en effet se traduire directement par un réinvestissement complet des gains de temps en transport.

Mais la décomposition continentale semble indiquer que les villes du modèle *extensif* ne suivent pas ce principe. La croissance économique de ces villes semble susciter des budgets temps de transport de plus en plus importants. Alors que les villes du modèle *dense* parviennent à maîtriser leur ressource temporelle.

A la vue de ces résultats peut-on qualifier l'économie urbaine américaine d'extensive et l'économie urbaine européenne d'intensive en espace et en temps ? Quels facteurs peuvent expliquer cette plus grande sensibilité du budget temps de transport américain ? Les raisons sont-elles : des écarts de performances des systèmes de transports, explicables notamment par les niveaux d'encombrements routiers ; des structures urbaines historiques plus ou moins propices au développement des flux de trafics ; des comportements de mobilité plus ou moins économes en terme temporel ; une inertie socio-économico-spatiale plus grande en Europe ; ou encore un poids et une sensibilité plus grande du budget temps de transport motorisé par rapport à l'ensemble des modes de transport ?

En plus d'invalider la transférabilité de l'hypothèse de Zahavi à un niveau moins agrégé que le niveau mondial, le modèle de villes *extensif* remet en question le lien de causalité possible entre les vitesses, les budgets temps de transport et les distances parcourues.

C'est alors la vision du couplage qui s'en trouve assombrie. En effet, si les budgets temps de transport ne sont ni stables, ni dépendants des vitesses, alors la régulation par les vitesses est inefficace. Et si les budgets temps de transport ne sont pas une contrainte pour la mobilité, les distances parcourues suivront inexorablement la croissance économique. Si les vitesses perdent leur rôle de maintien du niveau de mobilité, elles conservent leur pouvoir générateur. La croissance des transports, qui pouvait sous l'hypothèse de Zahavi être simplement une projection linéaire des gains de vitesses, peut être, pour le modèle *extensif*, une croissance exponentielle.

BIBLIOGRAPHIE

- BIEBER A., M.-H. MASSOT, J.P. ORFEUIL, 1994, « Prospects for daily urban mobility », *Transport Reviews*, n°14 (4), pp. 321-339.
- DOWNES J.D., MORRELL D., 1981, « Variation of travel time budgets and trips rates in Reading », *Transportation Research, A* n°15, pp. 47-54.
- GOODWIN P.B., 1981, « The usefulness of travel budgets », *Transportation Research, A* n°15, pp. 97-106.
- GUNN H.F., 1981, « Travel budgets – a review of evidence and modelling implications », *Transportation Research, A* n°15, pp. 7-24.
- HÄGERSTRAND T., 1970, « What about people in regional science ? », *Regional Science Association Papers*, n°25, pp. 7-21.
- HUPKES G., 1982, « The law of constant travel time and trip-rates », *Futures* february, pp. 38-46.
- KATIYAR R., OHTA K., 1993, « Concept of « Daily Travel Time » (DTT) and its applicability to travel demand analysis », *Journal of the Faculty of Engineering, The University of Tokyo (B)*, Vol. XLII (2), pp. 109-121.
- LANDROCK J.N., 1981, « Spatial stability of average daily travel times and trip rates within Great Britain », *Transportation Research, A* n°15, pp. 55-62.
- PAS E., 1998, « Time in travel choice modeling: relative obscurity to center stage », in GARLING T., LAITILA T., WESTIN K., *Theoretical Foundations of travel choice modeling*, Elsevier, pp. 231-250.
- POLAK J., 1987, « A comment on Supernak's critique of transport modeling », *Transportation*, n°14, pp. 63-72.
- PRENDERGAST L.S., WILLIAMS R.D., 1981, « Individual travel time budgets », *Transportation Research, A* n°15, pp. 39-46.
- PURVIS C.L., 1994, « Changes in regional travel characteristics and travel time expenditures in the San Francisco Bay area : 1960-1990 », *Transportation Research Record*, n°1466, pp. 99-109.
- ROTH G.J., ZAHAVI Y., 1981, « Travel time “budgets” in developing countries », *Transportation Research, A* n°15, pp. 87-96.
- SCHAFFER A., 1998, « The global demand for motorized mobility », *Transportation Research, A* n°36, pp. 455-477.
- SCHAFFER A., 2000, « Regularities in travel demand : An international perspective », *Journal of Transportation and Statistics*, Vol. 3, n°3, pp. 1-31.
- SCHAFFER A., D.G. VICTOR, 2000, « The Future mobility of the world population », *Transportation Research, A* n°34, pp. 171-205.
- SUPERNAK J., 1982, « Travel time budget: A critique », *Transportation Research Record*, n°879, pp. 15-25.
- SUPERNAK J., 1983, « Transportation modeling: Lessons from the past and tasks for the future », *Transportation*, n°12, pp. 79-90.

- SUPERNAK J., 1984, « Travel regularities and their interprétations: A discussion paper », *Transportation Research Record*, n°987, pp. 48-57.
- SUPERNAK J., STEVENS W. R., 1987, « Urban transportation modeling : The discussion continues », *Transportation*, n°14, pp. 73-82.
- TANNER J.C., 1981, « Expenditure of time and money on travel », *Transportation Research*, A n°15, pp. 25-38.
- VIVIER J., 2001, *Base de données sur 100 villes du monde pour une mobilité durable*, UITP.
- WIEL M., 2002, *Ville et automobile*, Paris, coll. Les Urbanités, Descartes & Cie.
- WIEL M., 1999, *La transition urbaine ou la passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Liège, Editions Mardaga, 225p.
- WIGAN M. R., MORIS J.M., 1981, « The transport implications of activity and time budget constraints », *Transportation Research*, A n°15, pp. 63-86.
- ZAHAVI Y., 1973, « The TT-relationship : a unified approach to transportation planning », *Traffic engineering and control*, pp. 205-212.
- ZAHAVI Y., 1974, « Travel time budgets and mobility in urban areas », Report prepared for the U.S Department of Transportation, Washington, D.C. and Ministry of Transport, Federal Republic of Germany, Bonn.
- ZAHAVI Y., 1979, « *The 'UMOT' Project* », Report prepared for the U.S. Department of Transportation and the Ministry of Transport of Federal Republic Of Germany.
- ZAHAVI Y., 1982, « *Discussion* », *Transportation Research Record*, n°879, pp. 25-27.
- ZAHAVI Y., RYAN J. M., 1980, « Stability of travel components over time », *Transportation Research Record*, n°750, pp. 19-26.
- ZAHAVI Y., TALVITIE A., 1980, « Regularities in travel time and money expenditures », *Transportation Research Record*, n°750, pp. 13-19.